

Emille, the Journal of the Korean Electro-Acoustic Music Society Volume 19

한국전자음악협회 학술지 에밀레 제19권

본 학술지는 한국문화예술위원회의 지원으로 제작되었습니다.

The publication of this journal is sponsored by the Arts Council Korea.



Imprint 출판 정보

Editor in Chief 편집장

Lee, Byung-moo 이병무
Professor of Composition at Seoul National University 서울대학교 음악대학 작곡과 교수 (작곡, 컴퓨터음악)

Executive Board 운영 위원

Cho, Jinok 조진옥
Jang, Daehoon 장대훈
Jun, Hyunsuk 전현석
Nam, Sangbong 남상봉
Oh, Yemin 오예민
Yoo, Taesun 유태선
Yun, Sora 윤소라

Editor 편집인

Cho, Youngmi 조영미
Lecturer of EAM & MTh at Kyung-Hee University, Cheonnam University etc. 경희대학교 및 전남대학교 강사 (컴퓨터음악, 음악이론)

Editorial Board 편집 위원

Chang, Jaeho 장재호
Professor of Music Technology at Korea National University of Arts 한국예술종합학교 음악원 음악테크놀로지과 교수 (작곡, 컴퓨터음악)
Dudas, Richard 리차드 두다스
Professor of Composition and EAM at Hanyang University 한양대학교 음악대학 작곡과 교수 (작곡, 컴퓨터음악)
Ikeshiro, Ryo 료 이케시로
Professor of Sound Art at Citi University of Hong Kong 홍콩성서대학교 사운드아트 교수
Kang, Joong Hoon 강중훈
Professor of Composition at University of Seoul. 서울시립대학교 작곡과 교수 (작곡, 컴퓨터음악)
Kim, Bumki 김범기
Professor of Composition, Music Education at Gyeongsang National University 경상대학교 음악교육과 교수 (작곡)
Kim, Han Shin 김한신
Lecturer of Computer Music at Seoul Institute of the Arts 서울예술대학교 시간강사 (컴퓨터음악)
Kim, Heera 김희라
Professor of Composition at Kyung-Hee University 경희대학교 작곡과 교수
Kim, Jin-Ho 김진호
Professor of Composition, EAM and Musicology at Andong National University 국립안동대학교 교수 (작곡, 컴퓨터음악, 음악학)
Kim, Jun 김준
Professor of Musical Arts and Technology, Dongguk University 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 교수 (컴퓨터음악)
Lee, Gi Nyoung 이기녕
Professor of Composition at Dong-eui University 동의대학교 작곡과 교수
Lindborg, PerMagnus 퍼마그너스 린드보르그
Professor of Creative Media at Citi University of Hong Kong 홍콩성서대학교 크리에이티브미디어 교수
Nam, Unjung 남언정
Professor of EAM at Baekseok Arts University 백석예술대학교 음악학부 교수 (컴퓨터음악)
Park, Joo Won 박주원
Professor at Wayne State University, Detroit 디트로이트 웨인주립대학교 교수
Park, Tae Hong 박태홍
Professor of Music Composition and Technology at New York University 뉴욕대학교 교수 (컴퓨터음악)
Parks, Kevin 케빈 파크스 (박케빈)
Professor of Composition and EAM at the Catholic University of Daegu 대구가톨릭대학교 음악대학 작곡과 교수 (작곡, 컴퓨터음악)
Shin, Seongah 신성아
Professor of Composition at Keimyung University 계명대학교 음악공연예술대학 작곡과 교수 (작곡)

Advisory Board 자문 위원

Ahn, Doo-jin 안두진
Professor of Composition at Hanseo University 한서대학교 작곡과 교수
Hwang, Sung Ho 황성호
Professor of Composition at Korea National University of Arts 한국예술종합학교 음악원 작곡과 교수
Lee, Donoung 이돈응
Professor of Composition at Seoul National University 서울대학교 작곡과 교수
Moon, Seong-Joon 문성준
Professor of Composition at Chugye University for the arts 추계예술대학교 작곡과 교수
Lymn, Young-Mee 임영미
Lecturer of Electro-acoustic Music at Hanyang University etc. 한양대학교 강사

© 2021 Korean Electro-Acoustic Music Society © 2021 한국전자음악협회http://www.keams.org/emille/
Cover design by Kim, Mi-Kyung 표지 도안: 김미경
Issued on 28 December, 2021 발행일: 2021년 12월 28일
Published by Lee, Donoung 발행인: 이병무
Printed by Yesol Publishing http://www.yesolpress.com 발행처: 예술출판사 [등록: 제2002-000080호(2002.3.21)]
Dongwoo 4F, 9-24 Yanghwaro6gil, Mapo-gu, Seoul 04044 서울시 마포구 양화로6길 9-24 동우빌딩4층 (04044)

ISSN no.: 2233-9302 국제표준정기간행물번호: 2233-9302
Price: 28,000 KRW 가격: 28,000원

PART I: Selected Papers from KEAMSAC2021

제1부: 2021 한국전자음악협회 연례학술대회 선정논문

Baxter, John	7
Swimmer's Ear: Emulating Kinetic Sound Using Headphones and Sounds of Water	
Helmuth, Mara	13
Can Computer Music Save the Earth?	
Ikeshiro, Ryo / Lindborg, PerMagnus	33
SoundLab and Electroacoustic Music in Hong Kong	
Lüneburg, Barbara	39
Visiting the Virtual: Performance Practice in the Virtual Artworks of Rob Hamilton and Christof Ressi	
McKemie, Daniel	63
Dynamic Stochastic Control Voltage Generation: Iannis Xenakis' GENDY as a Control Surface for Modular Synthesizer	
Pozzati, Guillermo	69
A System of Contexts for the Analysis of Electroacoustic Music	
Rhie, Sangbin Patrick	79
About distortion of audio signal which adds high-frequency components:	

존 백스터	7
수영하는 사람의 귀: 헤드폰과 물소리를 사용하여 움직이는 사운드 모방하기	
마라 헬무트	13
컴퓨터음악이 지구를 지킬 수 있을까?	
료 이케시로 / 퍼마그너스 린드보르그	33
홍콩의 사운드실험실과 전자음악	
바바라 뤼네부르크	39
가상으로의 방문: 롭 해밀튼과 크리스토프 레시의 가상 예술작품에서의 연주 실제	
다니엘 맥케미	63
동적 추계학의 제어 전압 생성: 모듈식 신서사이저의 제어 표면으로서 이아니스 크세나키스의 젠디	
기예르모 포자티	69
전자음악 분석을 위한 문맥의 시스템	
이상빈	79
고주파 성분의 발생을 목적으로 하는 오디오 신호 디스토션에 관하여	

PART II: Reviews

제2부: 참관기

Lee, Minhee	93
Contemplating the detailed boundary and aesthetics of electronic music: SICMF review in 2021	

이민희	93
전자음악의 세부적인 경계와 미학을 고민하며: SICMF 2021 리뷰	

PART I: Selected Papers from KEAMSAC2021

제1부: 한국전자음악협회 2021년 연례학술대회 선정 논문

Swimmer's Ear

Emulating Kinetic Sound Using Headphones and Sounds of Water

John Baxter

Department of Composition, University of Miami, USA
Johnbaxter88 [at] gmail.com
<http://JohnBaxterMusic.com>

In searching for new interfaces between human and technology, the head and ears can often go ignored. In this project, the head of a participant was thought of as a container, able to be filled with the sounds of a material and, by tracking the movement of the head, this material could be manipulated. In this iteration of the project, the user's head was filled with sounds of water. The user could move his/her head, tilting it to the left and right, and the sound of water would behave accordingly. Uses for immersive environments and therapeutic applications are discussed.

Keywords: Kinetic, Movement, Tracking, Max, Headphones

Introduction

Water is one of the most powerful forces on earth. Water is also very adaptable, filling any container perfectly without any wasted space. The current study focuses on the sound of water, containers, and haptic interactive feedback. Any slightly hollow object can be a vessel for water. In this study, the author created a pilot patch in Max (version 8) to allow a user to become a container for water. By experimenting with haptic interaction/proprioception, surround sound, and nature, we can continue to expand the options and technology available for re-creating environments and interaction with our surroundings.

Water is a very interesting medium for sound. In Kirk's 2009 article on underwater soundscapes, he writes that, "...a natural body of water is a complex resonant space and could be reframed as an instrument in itself, just as the surface of a pond is like 'a membrane enclosing something deep in thought'" quoting Dunn's words in the article "Nature, Sound Art, and the Sacred" (1997).

The concept of interacting with water as the focus of a musical or artistic piece is not necessarily novel. Kirk's Argus project mentioned earlier involves interactive underwater sounds in a lake. Yonezawa (2000) encouraged participants to interact with flowing water in order to create sounds and Mase (2001) expanded upon this idea. The Danish ensemble Between Music performs music entirely underwater to spectacular effect. Of course, Cage's famous Water Walk also involves human interaction, directing performers to pour water into and out of vessels.

The concept of using headphones/the head as the means of interacting with the music is slightly more novel, but not completely. Bardos (2005) introduced a concept titled Bangarama which involves a program that senses the movement of the head and creates music by, essentially, headbanging.

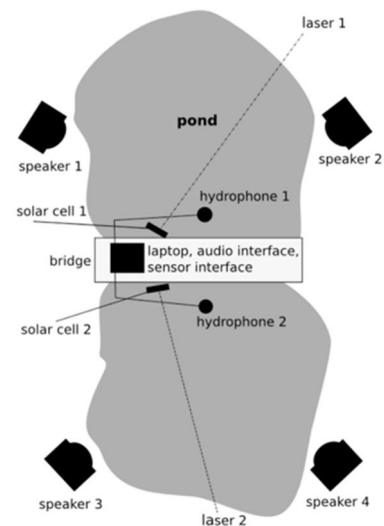


Figure 1. The design layout of *The Argus Project*.

Figure 1. Kirk's Argus Project. Hydrophones are placed underwater and send audio to speakers on the ground above.



Figure 2. Bardos's Bangarama concept. In this interface, users wear a sensor on their head that will play music when the user "headbangs".

Interface/Proprioception

As Lonny Chu points out in his paper “Haptic Feedback in Computer Music Performance” (1996), the link between acoustic musicians and their instruments is often very direct and intimate. The physical link between a music artist and a computer music instrument, however, is often much less direct. This disconnect can perhaps restrict computer music artists from fully achieving the sound that they imagine. By introducing technology with the purpose of increasing the connection between performer and instrument, electronic artists can more effectively produce the music that they envision through their movements (similar to acoustic musicians).

This concept of somacoustics, a field concerning the connection between human and computer, has been researched rather extensively. Camurri and colleagues (1999) reference the Japanese concept of Kansei in order to elaborate on human proprioception and perception of space. A word with no direct English translation, the closest word in English to Kansei might be someone’s aura or sense of surroundings. One goal of motion capture and somacoustics is to capture a performer’s entire being and generalized pathos.

Several studies have analysed gesture and bodily movement as a medium for musical expression. However, the task of mapping complex human gestures through the use of a computer and lines of code is quite daunting. As an example, Camurri et al. (2002) later researched expansion and contraction as an attribute to be studied and folded into the resultant musical expression. For instance, a person standing with their arms spread wide would, perhaps, create a larger more expansive xy field and therefore the resultant sound would be louder and more expansive. Conversely, a person in a contractive, introspective position would create a smaller, less dominating sound. This topic already shows its limitations; expansion and contraction are very generalized movements and not very connected to one’s Kansei.



Figure 3. A diagram from Camurri et al.’s article on motion capture (2002). The figure on the right would be said to have a high contraction index while the figure on the left would have a low contraction index.

Proprioception or kinesthesia is another field of interactive studies that is very important to the current study’s

goal. Proprioception can be defined as awareness and focus on the body’s position in space. In contrasting acoustic musicians with electronic computer musicians, Schacher (2012) claims that “Instrumental training impress the musician’s body with instrumental and corporeal schemata that are guided through auditory, but also tactile, kinesthetic and proprioceptive feedback.” Thus, to attempt to use the same sort of schemata in electronic music, we must create the technology to interface.

Interestingly, there is some data to support proprioceptive music/sound as an application for music therapy. In Ryan Hui’s article, he claims that children with attention problems will often interact with their environment (often destructively) in order to receive much-needed stimulation (2019). Perhaps by engaging in activities involving detailed, concentrated haptic/proprioceptive feedback, children can learn to “tune in” to their body and to their inner voice, thus becoming more able to focus.

In the case of water, though, how will sound be mimicked? In many ways, sound travels much quicker and more powerfully through water than through air. So why is it so difficult to pick up on sounds when humans are submerged underwater? The normal means of transducing sounds does not work underwater due to the nature of our bodily makeup. Humans evolved for hearing sound through air using our ossicle bones and fleshy ear canal. However, given how much water is already within us, when an underwater audio wave comes towards us, it interacts with our ear as if it is just more water. When submerged underwater, we would not be able to hear much at all if it were not for our mastoid bone, located just behind our ear. This bone is solid; therefore, it is capable of detecting and sending along audio signals to our brain to interpret.

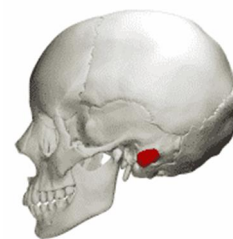


Figure 4. The mastoid bone in the human skull, responsible in large part for gathering and transporting audio signals to the brain when underwater.

Video Tracking and Accelerometers

In order to track the body and translate its movements into musical performance, the interface of motion capture is often implemented. As Bazoge et al. (2019) point out, however, the technology for advanced motion cap-

ture can often be very expensive and requires high amounts of training. In the current study, the author seeks to map the sounds of water to the movements of the user's head, thus eschewing this problem.

Given the nature of the proposed interaction, an accelerometer could be implemented in order to more effectively track the vertical movements of the head. The most common use of accelerometers is in cell phones. The accelerometers in our portable devices measure the speed of gravitational acceleration on the device. They can be used, for instance, to allow our phones to mimic a steering wheel when held horizontally to play a racing game. In the current study, accelerometers were unavailable, and, as an assumption, would be unavailable to the general public as well. Thus, the author set out to create a Max patch that would allow tracking of head movements and mapping of those movements onto a natural essence such as water and its movement as influenced by gravity.

Method

The Jitter library was used in Max to create and capture video. For the current patch, a MacBook Pro's built-in camera was used. The Suckah object was used in order to obtain the RGB of a clicked item in the video. For the purposes of this session, the author used colored bands that he placed on his headphones. Once the bands were captured and tracked, a formula was created to ensure an inverse relationship between the two captured bands was produced. In order for the effect of moving water to be simulated using head movements, the "water" had to flow smoothly out of one ear and into the other. Thus, when one variable increases, the other had to decrease by the same amount.



Figure 5. This image shows the bands on the author's headphones, used for capturing head movement.

Multiple parameters were created to create the effect of water with the user's head as a container. To initiate the

process, an audio file titled Fill was created. Users can click the Fill button after they have selected their headphones and captured their color nodes. The Fill sequence was created by recording the sound of a container being filled using a close microphone. Every recording was made with the microphone position very close to the object in order to create the impression of the sound feeling very close and intimate.

While the noise of shifting water was important, perhaps more important was the background noise. A parameter titled Stay was created to create a constant backdrop of the sound of being underwater. Based on location of the covered bands head movement, the strength of the Stay signal will change. When there was no change in movement, the muffled underwater sound would remain in both ears at an equal level. When the head was tilted to the left, the signal would become stronger in the left ear and dissipate from the right ear (and vice versa). As a way to end the process, a sound file titled Dump was created. Dump was recorded by emptying a container full of water, again in a close setting.

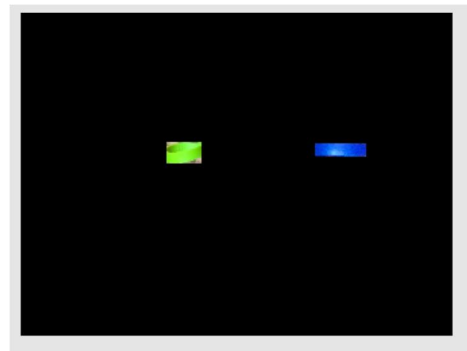


Figure 6. This image depicts the monitor within the Max file that displays the two bands.

Once these parameters were created, the sound files for pouring water from one container to another were created. Three files were created for right to left transfer and three files were created for left to right transfer. The files were tiered so that they would play based on minimum tilt, medium tilt, and maximum tilt. Importantly, sound files were edited once they were recorded. Using Logic Pro, the author edited the sound files to more effectively depict the underwater quality. For instance, the Fill file was automated in such a way that a low pass filter would cut more of the high harmonic range over the course of the recording. The Dump file was automated in the opposite direction, starting with very few high frequencies and ending with the entire harmonic spectrum.

Once all the files were edited and exported, they were combined into a patch. After filling the container, users can tilt their heads and enjoy the sounds of water flowing between the headphones.

Discussion/Limitations

By Interacting with a program that allows people to “fill” their heads with water that can slosh back-and-forth, users can become more focused on their bodily movements and interact with a natural process through an unnatural technology. However, there are indeed several limitations to the patch. Given the fact that the laptop camera could only capture the bands when they were both in the frame, only lateral movement was captured. The camera itself had difficulties keeping track of the bands. Thus, future headphone setups could implement colored lights in order to have a stronger capture source.

Only three pour sound files were created for each tilt of the head. A greater number of sound files would have given more precision and authenticity to the sound. Water will, of course, never sound the exact same way when poured. Only one sound file was created for filling and dumping. With multiple sound files, the use of the round-robin technique would create a more convincing feeling of realism and submersion.

Future Directions/Conclusion

An apparatus of this sort has much potential for different applications. Anything that can fill a container can be imported into the program. For instance, sand, rocks, sludge, or a single rubber ball could fill the vessel. In addition to lateral movement, files could be edited and recorded in such a way as to simulate forward and backward movement, thus making use of the Z-plane. Use of accelerometers could be implemented rather than motion capture to more accurately and finely captured the tilt of the user’s head.

The question also arises of how water actually interacts with humans’ audio signal processing. As mentioned earlier, the process by which sounds are transduced while underwater is not through the normal fleshy air canal, but more so through the solid mastoid bone located just behind the ear. Generating audio through headphones, thus, is not an exact recreation.

The author felt the process of being in the program to be surprisingly therapeutic and meditative. A patch such as this could have a strong application in the field of music therapy. Magee (2006) argues that much of the reluctance or inability to integrate music technology into traditional music therapy contexts may be due to training not being available to therapists. This project might be fertile ground for future musical programs involving control and interaction within the environment.

This project could be extended to adding in sounds of the ocean with living creatures. Combined with the interactive element, this would increase the immersion/submersion. In combination with visuals from VR goggles, one could become even further immersed.

By focusing on the head as a container rather than simply a means of wearing headphones, this artistic direction can lead to a more intimate and direct method of interaction with our environment. By placing the listener in an environment they cannot usually survive in, such as underwater for extended periods of time, they can experience the world through a safe apparatus. Users can interact with powerful and dangerous forces of nature from their living room.

References

- Bardos, Laszlo/ Korinek, Stefan/ Lee, Eric / Borchers, Jan. (2005). Bangarama: Creating music with headbanging. In *Proceedings of the 2005 conference on New interfaces for musical expression*: 180-183.
- Bazoge, Nicolas/ Gagne, Ronan/ Nouviale Florian/ Gouranton, Valérie/ Bossis, Bruno. (2019). Expressive potentials of motion capture in the Vis Insita musical performance. In *NIME 2019 - The International Conference on New Interfaces for Musical Expression*: 1-5. Porto Alegre, Brazil. hal02297397.
- Bomba, Maros Suran/ Dahlstedt, Palle. *Somacoustics: Interactive Body-as-Instrument*.
- Camurri, Antonio/ Riccardo Trocca/ Gualtiero Volpe. (2002). Interactive systems design: A KANSEI-based approach. In *Proceedings of the 2002 conference on New interfaces for musical expression*: 1-8. National University of Singapore.
- Camurri, Antonio/ Hashimoto, Shuji/ Ricchetti, Matteo / Suzuki, Kenji / Trocca, Riccardo / Volpe, Gualtiero. (1999). KANSEI analysis of movement in dance/music interactive systems. In *Proc. Int. Conf. HUMANOID ROBOT (HURO99)*: 9-14.
- Chu, Lonny. (1996). Haptic feedback in computer music performance. In *Proceedings of ICMC 96*: 57-58.
- Dunn, David. (1997). Nature, sound art, and the sacred. *Music from nature*. Ed. by D. Rothenberg. *Terra Nova* 2(3): 61-71.
- Kirk, Jonathon/ Lee Weisert. (2009). The Argus Project: Underwater Soundscape Composition with Laser-Controlled Modulation. In *NIME*: 290-292.
- Magee, Wendy L. (2006). Electronic technologies in clinical music therapy: A survey of practice and attitudes. *Technology and Disability* 18(3): 139-146.
- Mase, Kenji/ Tomoko Yonezawa. (2001). Body, clothes, water and toys: media towards natural music expressions with digital sounds. In *Proceedings of the 2001 conference on New interfaces for musical expression*. 1-4.

Sakaguchi, Takashi/ Kanamori, Tsutomu/ Katayose, Haruhiro/ Sato, K./ Inokuchi, S. (1996). Human motion capture by integrating gyroscopes and accelerometers. In *1996 IEEE/SICE/RSJ International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems*: 470-475. Cat. No. 96TH8242. IEEE.

Schacher, Jan C. (2012) The body in electronic music performance. In *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference*: 194-200.

Team, by TPSMTS. (2019). Focus and Functional Proprioception through Music. *Tamara's Piano Studio & Music Therapy Services*. Retrieved from <https://www.tpsmts.com/focus-and-functional-proprioreception-through-music/>

Yonezawa, Tomoko/ Mase, Kenji. (2000). Tangible sound: musical instrument using fluid water. *Proceeding of ICMC2000*, Berlin.

[Abstract in Korean | 국문 요약]

수영하는 사람의 귀: 헤드폰과 물소리를 사용하여 움직이는 사운드 모방하기

존 백스터

사람과 테크놀로지의 사이 새로운 인터페이스를 탐구하면서, 종종 머리와 귀를 무시할 때가 있다. 이 연구에서는 참가자의 머리를 어떤 물질의 소리를 담은 용기로 간주하고, 머리의 움직임을 추적하며, 그 물질을 조작한다. 이러한 과정을 반복하여 유저의 머리를 물소리로 가득 채웠다. 유저는 자신의 머리를 움직이거나, 좌우로 기울이고, 이에 따라 물소리가 나게 된다. 몰입환경과 치료에 활용되는 것에 대하여도 논의한다.

주제어: 동적, 움직임, 트래킹, 맥스, 헤드폰

논문투고일: 2021년 09월30일

논문심사일: 2021년 11월30일

게재확정일: 2021년 12월02일

[Keynote Speech]

Can Computer Music Save the Earth?

Mara Helmuth

College-Conservatory of Music, University of Cincinnati, USA
mara.helmuth [at] uc.edu

Korean-translated by Youngmi Cho

A computer musician composing in the age of climate change will benefit from considering the state of the earth today, and the interaction of music and nature. I discuss a dual approach incorporating music and science in my works which are often shaped by natural sound, environmental concerns, stochastic processes and algorithms.

Keywords: computer music, electroacoustic music, nature, stochastic, algorithmic music, environmental music.

Can computer music save the earth? It might seem to be a silly question at first. How can music, an art form, save anything, except perhaps our emotional states, through peaceful or joyful engagement with sound? Does creating or listening to music have an impact beyond the personal, emotional and occasionally informative aspects? Even if music can induce a listener to be motivated to work for changes in environmental policy, would our community of listeners be large enough to implement these changes? Is there a potential for reaching out and changing minds of significant numbers of people? Whatever the answers to these questions are, the reality is, according to recent studies, that the state of the earth appears to be currently at a tipping point. Without strong actions in the near future, we are facing predictions of a hot, miserable and dangerous future.

What is the State of the Earth?

On September 28, 2021, the U.S. Fish and Wildlife Service announced that it has determined that twenty-three new species are now extinct. This includes a fish, the Scioto madtom, last seen the year I was born in my state of Ohio. U.S. Secretary of the Interior Deb Haaland comments in this report on "climate change and natural area loss pushing more and more species to the brink". (Hires 2021) While diminishing biological diversity is an indirect threat to human life, even more alarming information is found in a report released by the United Nation's Intergovernmental Panel on Climate Change in August 2021, stating that green house emissions from human activity will even in the best case scenario, continue to warm the planet for at least thirty more years, causing increased heat waves, wildfires, floods, downpours, and droughts. Global sea levels will rise for 2,000 more years. Change is happening more and more rapidly, and there is only a narrow window in which cutting emissions could still effectively limit the most severe

[기조연설]

컴퓨터음악이 지구를 지킬 수 있을까?

마라 헬무트

신시내티 대학교 음악대학, 미국
mara.helmuth [at] uc.edu

조영미 번역

수십년간 기후 변화의 시대에서 작곡하는 컴퓨터 음악가는 오늘날 지구의 상황과 음악과 자연의 상호작용을 고려하면 유익할 것이다. 저자는 종종 자연의 소리나 환경적 문제, 확률적 과정과 알고리즘으로 만들어지는 그녀의 작품 속 음악과 과학을 통합하는 이원적 접근 방법에 대하여 논의한다.

주제어: 컴퓨터 음악, 전자 음악, 자연, 추계학, 알고리즘 음악, 환경 음악.

컴퓨터음악이 지구를 지킬 수 있을까? 처음에는 어리석은 질문으로 보일 수 있다. 어떻게 예술형태인 음악이 평화롭거나 즐겁게 소리를 감상하는 것으로 감정 상태를 제외한 어떤 것을 구하겠는가? 음악을 만들거나 듣는 것이 개인적, 감정적, 때로는 유익한 측면 외에 영향을 줄 수 있겠는가? 음악이 한 명의 청자가 환경 정책을 변화시키도록 동기부여를 하였다 한들, 한 집단에서 이러한 변화가 일어날 만큼 대단할 수 있을까? 상당수의 사람에게 미치며 마음을 바꾸게 할 잠재력이 있을까? 이런 질문들에 대한 답이 어떻든, 최근 연구에 따르면 현재 지구의 상태는 전환점에 놓여있다는 것이 현실이다. 가까운 시일내로 강력한 조치를 취하지 않는다면, 우리는 뜨겁고 비참하며 위험한 미래가 예상된다는 사실을 직면하고 있다.

지구의 상태는 어떠한가?

미국 어류 및 야생동물 관리국은 2021년 9월28일 현재 새로운 스물 세 종이 멸종했다고 발표했다. 여기에 내가 오하이오주에서 태어난 해 마지막으로 본 사이오토 매드툼이라는 물고기가 포함되었다. 데브 할란드 미국 내무장관은 이 보고서에서 "기후 변화와 자연지역의 손실이 점점 더 많은 종을 위기에 빠뜨리고 있다"고 지적했다. (Hires 2021) 생물학적 다양성이 감소하는 것은 인간 삶에 간접적인 위협이겠지만, 보다 놀라운 사실이 2021년 8월 기후 변화에 관한 유엔의 정부간 패널이 내놓은 보고서에 있는데, 인간활동으로 인한 온실가스 배출량이 최상의 시나리오의 경우에도 최소한 삼십 년 간 지구 온난화를 지속시킬 것이며, 이로 인해 폭염과 산불, 홍수, 폭우, 가뭄이 더욱 증가하게 된다는 것이다. 지구 해수면은 앞으로 이천 년 동안 상승하게 된다. 변화는 점점 더 빠르게 가속화되고, 배출량을 줄이는 것이 미래에 대한 심각한 영향을 실질적으로 제한하는 유일한 방법

implications for the future. (Fountain 2021) Many of you or your children may be alive in the second half of this century, and will experience whatever we are able to accomplish in limiting climate change and preserving a habitable and beautiful environment. Without decisive action, however, catastrophic consequences will follow. I believe that those of us with the education to understand the problem must take action, listen to the scientists, and find solutions.

In Thornton Wilder's play *Our Town*, the character Emily realizes after her death, "Oh Earth, you're too wonderful for anybody to realize you. Do any human beings ever realize life while they live it – every, every minute?" While Emily was talking about moments of family experiences that humans pass through, blind to the nuances, the same is true of our relationship with nature. How else could we have come to the point of irrevocably unbalancing our own life-sustaining environment?

Technological Impact on the Environment

Manufacturing computers has a negative environmental impact from the energy and chemicals used, and those of us who use computers to create music might consider this. Finding ways to prolong the life of these tools, such using a computer for additional time could reduce this impact.

Sound has also been used in medical devices in ways that may actually be harmful. When visiting my mother in the hospital in 2012, I noticed how the machines monitoring patients' physical states tended to emit repetitive beeps that often clashed with other device's sounds. These alarms were intended to be noticeable so that the patient received better care, but the result was distressing. These beeps are generally simple on and off events, unchanging in frequency, timbre, amplitude and rhythm. I wondered how the ill could possibly relax enough to sleep well and heal, with the noise of these beeps. Recently researchers have worked to make these sounds more natural and less stressful using whistling and singing sounds. (Rueb 2019)

Nature in Arts and Music

In exploring what a computer music composer can do to promote environmental awareness and sustainable living on earth, I decided to look first at particularly interesting examples of influences of nature on the arts, and then at the relationship with nature in my own music.

Art and Music Inspired by Nature

이라는 좁은 길만 남아있을 뿐이다. (Fountain 2021) 여러분 혹은 여러분의 자녀들이 금세기의 후반부에 살고 있을 것이며, 우리가 기후 변화를 막고 거주할 만한 아름다운 환경을 지키며 거치게 될 모든 성과를 경험할 것이다. 하지만, 단호한 조치 없이는 치명적인 결과가 뒤따르게 된다. 우리들 중 이 문제를 이해하고 받아들인 누구라도 행동에 옮기며, 과학자의 말을 경청하고, 해결책을 찾아야 할 것이다.

손튼 와일더의 희곡 "우리 마을Our Town"에서, 에밀리라는 등장인물은 자신의 죽음 이후 이렇게 깨닫는다. "지구여, 당신은 누군가가 당신을 깨닫기에는 너무나 훌륭합니다. 사는 동안 매분 매순간 그들의 삶을 깨달을 수 있는 이가 있겠습니까?" 에밀리가 사람들이 미묘한 차이를 깨닫지 못하고 지나쳐버린 가족과의 순간의 경험을 이야기했듯, 우리와 자연과의 관계도 마찬가지인 것이다. 그렇지 않다면 우리는 어쩌다 우리 자신의 생명을 유지해 줄 환경을 돌이킬 수 없을 정도로 불편하게 만드는 지경에 이르렀겠는가?

환경에 대한 테크놀로지의 영향

컴퓨터를 제조하는 일은 사용되는 에너지와 화학물질로 인해 환경에 부정적 영향을 끼치며, 음악을 만들 때 컴퓨터를 쓰는 우리들 중 몇몇은 이러한 생각을 할 수 있을 것이다. 컴퓨터를 좀 더 오래 사용한다든가, 기기의 수명을 연장할 방법을 찾는다면, 이러한 악영향을 줄일 수 있다.

사운드가 의료기기에 실제 해로운 방향으로 사용된 적도 있었다. 내가 2012년 병원에 계신 어머니를 방문했을 때, 환자의 신체 상태를 모니터링하는 기기가 다른 기계의 소리와 자주 충돌하며 반복적으로 삐 소리를 내는 것을 목격했다. 이런 경고음은 환자가 보다 나은 치료를 받도록 하기 위해 잘 들리도록 의도된 것이었지만, 오히려 괴롭히는 결과를 낳았다. 보통 이러한 신호음은 주파수와 음색, 음량, 리듬이 변하지 않는, 켜졌다 꺼졌다 하는 단순한 소리이다. 나는 이런 삐 소리가 계속되는 소음 속에서 어떻게 환자가 편히 쉬며 잠을 자고 치료를 잘 받을지 의문스러웠다. 최근에는 연구자들이 보다 자연스러우면서 스트레스를 덜 받을 만한 휘파람이나 노래 소리를 사용하도록 노력하고 있다고 한다. (Rueb 2019)

예술과 음악 속 자연

컴퓨터음악 작곡가가 지구에서 환경 인식과 지속가능한 삶을 증진하기 위해 할 일을 탐구하면서, 먼저 자연이 예술에 미친 특별히 흥미로운 예를 찾아보고, 이어 나의 음악작품 속 자연과의 관계를 살펴보고자 한다.

자연에서 영감받은 예술과 음악

Art inspired by nature can be found throughout the ages, in many styles, with realistic or abstract depictions of nature. An example that speaks to me is Monet's painting *Rocks at Port Goulphar, Belle-Île*, which exposes the colors and textures of dramatic rock structures and water of an island south of Brittany.



Figure 1. Claude Monet's *Rocks at Port Goulphar, Belle-Île* (1886).

Monet at various times called the views “terrifying” or “extremely beautiful” and engaged fiercely with painting them, sometimes working 14 hours per day. His statement “paint what you really see, not what you think you ought to see” (Jones 2020) are as revolutionary for sound as it was for painting. Translated into the musical world, “compose what you really hear, not what you think you ought to hear” would do away with a lot of music that never should have been written based on misconceptions, and compel the composer to authentically engage with sound. Not to disparage imaginative new concepts of music, but they must be based on listening deeply.

Frank Lloyd Wright's Falling Water house was built in 1939 over a waterfall, exhibiting the architect's approach to organic architecture. This award winning work allows the structure built for humans and nature to coexist naturally.

In music, bird songs and other natural sounds have often inspired composers. It may be that our ideas of melodic contours and even speech patterns have been influenced by earlier humans listening to bird sounds. Olivier Messiaen analyzed various bird songs in detail, and incorporated them into his ensemble work *Oiseaux Exotiques* (1955-56). John Cage, who was influenced by Taoism, Zen Buddhism and the Journals of Henry David Thoreau “spoke of music as a model of benign ecological relations between human beings and the natural world,” His interest in silence furthered his idea of liberating sounds from abstract ideas about them, to let them exist as simply themselves. (Ingram 2006) His work *Child of Tree* consists of instructions to a percussionist to improvise with amplified plant materials, such as a pod from a Poinciana tree, and the spines of a cactus, which are plucked.

자연에서 영감을 받은 예술로는 여러 시대에 걸쳐 자연을 사실적이거나 추상적으로 묘사하는 다양한 양식이 있다. 내가 예로 들고 싶은 것으로, 브리타뉴 남쪽 섬 드라마틱한 암석 구조와 물의 색과 질감을 잘 드러낸 모네의 그림 “벨일의 구파르 항구의 바위”가 있다.

그림 1. 클로드 모네의 “벨일의 구파르 항구의 바위” (1886)

모네는 여러 차례 이 풍경을 “끔찍하다”거나 “지독히 아름답다”고 외쳤고 열심히 그림 그리기에 몰두했으며, 때때로 하루에 열 네 시간씩 작업했다. 그가 “보아야한다고 생각하는 것을 그리지 말고 실제로 보는 것을 그려라” (Jones 2020)라고 한 말은 회화에서만큼이나 소리에 있어서도 혁명적이다. 음악세계에 맞게 번역한다면, “들어야한다고 생각하는 것을 쓰지 말고 실제로 들리는 것을 작곡하라”는 말은 오해에 근거하여 만들어지지 않았어야 할 수많은 음악을 없애고 작곡가가 진정으로 소리에 관여하지 않을 수 없게 한다. 음악의 창의적이고 새로운 개념을 폄하하려는 것이 아니라, 깊게 듣는 것을 바탕으로 하여야 한다는 것이다.

건축가, 프랭크 로이드 라이트의 낙수장 Falling Water은 1939년 분수 위에 지어진 집으로, 유기적인 건축물에 대한 그의 접근 방식을 보여준다. 이 수상작품은 인간과 자연이 자연스럽게 공존할 수 있도록 설계된 구조를 갖추고 있다.

음악에서는, 새소리나 다른 자연의 소리가 종종 작곡가들에게 영감을 준다. 선율의 윤곽이나 어쩌면 언어의 패턴 같은 아이디어가 새의 노래를 들은 조상들에 의해 만들어졌을지도 모른다. 올리비에 메시앙은 여러 새의 노래를 세세히 분석하고 종합하여 “이국의 새들 Oiseaux Exotiques”(1955-56)이라는 앙상블 작품을 작곡했다. 도교와 선불교, 헨리 데이비드 소로의 저널에 영향을 받은 존 케이지는 “음악을 인간과 자연세계 사이 온화한 생태학적 관계의 모델이라 말하고”, 무음 silence에 대한 관심을 추상적인 개념으로부터 소리를 해방시키는 것, 그래서 단순히 그 자체로 존재하도록 하는 것으로 그의 아이디어를 발전시켰다. (Ingram 2006) 그의 작품 “나무의 아이 Child of Tree”는 타악기주자가 포인시아나 나무의 꼬투리나 선인장의 가시 같은 식물에 불거져나온 부분으로 즉흥연주를 하는 지시사항으로 구성되어있다.

He wrote in *For The Birds*, "I hope my music will help us in accepting the importance of ecology in music." Other composers include Pauline Oliveros, whose *Tree/Peace* for violin, cello and piano explored the life cycle of a tree. Annea Lockwood has created installation sound maps that bring various points along a river into one's listening world. John Luther Adams's *The Place Where You Listen* allows the geological world of Alaska to control the installation's sound and lighting. I have also taken interest in work related to nature by Frances White, Judy Klein, and the soundscapes or soundwalks of Barry Truax, R. Murray Schafer, Hildergarde Westerkamp and Leah Barclay.

Reviewing my own work since the 1980's, I found that at least half of my pieces have a direct connection to nature, and many others are influenced aesthetically by processes related in some way to natural processes. I studied Buddhism in my early years, and also have practiced Tai Ch'i Chuan intermittently since 1980. In the practice of tai chi, movements which focus the mind and body in a tranquil way are often described by natural references such as "stork spreads its wings", "needle to the bottom of the sea," and "stroking bird's tail". I have found these calming practices to increase my appreciation for the natural world, and that they facilitate finding musical insights from nature.

Nature-based Works

My dual interests in music and science lead me to electronic and computer music in the first place, and many pieces involve natural sound, sound environments or scientific concepts from nature. The pieces I have created that relate most clearly to nature are generally in one or more of four categories: 1, based on natural sound, data or images, 2, use instruments to create sound related to natural sound, 3, use algorithms that have some connection to a natural process, or 4, pieces designed as warnings against environmental problems.

Works Based on Natural Sound or Data

Nature has provided materials for many of my works.

Early electronic works include *Occursents* (1986), an analog magnetic tape piece based on water sounds, created at the University of Illinois Experimental Music Studios. Later when I was studying for my D.M.A. at Columbia University, my brother gave me a recording of Humpback whale sounds. I digitized the sounds and created a computer music piece "Whalesong." Both of these pieces were based on recorded natural sound.

Sound 1. Excerpt of *Whalesong* (1989) by Mara Helmuth.
Available to listen at www.keams.org/emille

그의 저서 "새를 위하여" *For The Birds*에서 그는 "나는 나의 음악이 음악에서 생태학의 중요성을 받아들이는데 도움이 될길 희망한다"라고 썼다. 다른 작곡가로는 나무의 수명 주기를 탐구한, 바이올린과 첼로, 피아노를 위한 "나무/평화"를 작곡한 폴린 올리베로스 있다. 아네아 락우드 는 강을 따라 다양한 지점에서 청취한 것을 하나의 청취 세계로 만든 소리 지도 설치작품을 만들었다. 존 루터 아담스의 "당신이 듣는 그곳" *The Place Where You Listen* 은 설치한 사운드와 조명을 조절하여 알래스카의 지리학적 세계를 경험하도록 하였다. 또한 프랜시스 화이트, 주디 클라인의 자연과 관련된 작품, 베리 트루엑스, 머레이 셰퍼, 힐더가르데 웨스터캠프나 리아 바클리의 사운드스케이프, 사운드워크에도 관심을 두고 있다.

1980년대 이후의 나의 작품을 검토해보며, 내 작품 중 적어도 절반은 자연과 직접적으로 연관이 있고, 다른 많은 작품들도 어떤 식으로든 자연의 절차와 관련된 과정을 거쳐 미학적으로 영향을 받았음을 발견했다. 내가 어렸을 때 불교를 공부했고, 1980년 이후로 태극권도 연습한 적이 있었다. 태극권 수련에서, 고요한 상태로 마음과 몸에 집중하는 운동은 종종 "황새가 날개를 편다"든가 "바늘을 바다 밑바닥에 꽂는다"든가 "새의 꼬리를 쓰다듬는다" 등의 자연에서 빌려온 묘사를 하는 경우가 많다. 나는 그러한 진정시키는 연습을 통해 자연 세계에 대한 감상을 돌우고, 자연으로부터 음악적 혜안을 얻는데 도움을 받았다.

자연에 기반한 작품들

음악과 과학에 대한 나의 이원적 관심으로 처음에는 전자음악과 컴퓨터음악을 접하게 되었고, 많은 작품에서 자연의 소리, 소리 환경이나 자연에서 도출된 과학적 개념을 다루게 되었다. 가장 명확하게 자연과 연관시켜 만든 작품은 일반적으로 다음 네 가지 영역 중 하나 혹은 그 이상에 속한다: 1, 자연의 소리나 데이터, 이미지에 기반한 것, 2, 악기를 사용하여 자연의 소리와 관련된 소리를 만드는 것, 3, 자연의 과정과 연관시킨 알고리즘을 사용하는 것, 4, 환경문제에 대한 경고로서 작품을 기획하는 것.

자연의 소리나 데이터에 기반한 작품들

자연은 나의 많은 작품의 소재를 제공하였다.

초기 전자음악 작품으로 일리노이대학 실험음악 연구소에서 물소리를 가지고 만든 아날로그 마그네틱 테이프 작품, "발생" *Occursents* (1986)이 있다. 이후 내가 콜롬비아대학에서 박사과정을 공부할 때 내 형제가 나에게 혹등고래 소리를 녹음해주었다. 그 소리를 디지털화하여 컴퓨터음악 작품 "고래노래" *Whalesong* 를 작곡하였다. 두 작품 모두 녹음한 자연적 사운드를 바탕으로 하였다.

음악 1. 마라 헬무트의 "고래노래" (1989) 발췌본.
음악듣기는 www.keams.org/emille에서 가능하다.

Bird sounds have inspired a number of my pieces. Charyl Kneivers (Zehfus) created a beautiful song about endangered species entitled *Star Geese* (1987), and I added an electronic track of geese-like sounds.

In 1997 I composed *Abandoned Lake in Maine* (Helmuth 2007), a stereo fixed format piece. Traveling in Wisconsin, I found a compact disk with recorded loon sounds. Upon listening I remembered hearing these sounds as a child on family vacations in the north woods, on Whitefish Lake, near Hayward. I created the piece with loon sounds using my granular sampling programs, which I will discuss in the section on algorithms. There were four very distinct original loon sounds: the hoot, the yodel, the tremolo and the call, which is heard at the beginning of Sound 2. The call and the tremolo were most conducive to creating varied textures so I tended to experiment with processing more with these sounds. In this excerpt unprocessed natural sound is heard at the beginning and end, and altered sound is in the middle.

Sound 2. Excerpt of *Abandoned Lake in Maine* (1997) by Mara Helmuth.

This piece alternated between natural sound segments and processed sound. I found the transitions from natural to processed sound to be easy to manage, but the transitions from the processed sound back to natural sound had to be handled extremely carefully to avoid awkwardness. I attributed this unexpected difference in perception to aural expectations regarding natural sound. It is not unusual to hear natural sound transformed in movies, TV or other computer music pieces. Natural soundscapes might change gradually into transformed sound worlds. Returning, however, to a totally realistic sound environment in my piece required some disruption of the sense of digital media, a knock or scrape to make the abrupt change work, or a very gradual return from a processed sound into something that resembles a natural sound, to allow the listener to realign with the pure natural soundscape again. For example, I used a windy noisy transformation to easy back into the natural soundscape at the end of Sound 1. Original soundscape recordings often have several layers, such as wind noise, crickets, and loon calls, and expectations about what is in each layer and the amplitude relationships between layers, once heard, are strong. If just one layer is primarily transformed, to return to all three layers suddenly can seem jarring. Working with a return to the original soundscape after extreme alterations of natural sound can pose compositional challenges. This may point to the importance of natural sound being heard as authentic, even in a context of a computer music composition where processing can be conspicuous and necessary.

새소리는 나의 많은 작품들에 영감을 주었다. 셰릴 니버스(제퍼스)는 "스타 기러기 *Star Geese*"(1987)라는 제목의, 멸종 위기에 처한 종에 대한 아름다운 노래를 만들고, 나는 여기에 기러기 같은 사운드의 전자음향 트랙을 추가하였다.

1997년에는 스테레오 고정매체 작품인 "메인주의 버려진 호수 *Abandoned Lake in Maine*" (Helmuth 2007)를 작곡했다. 위스콘신을 여행하면서 아비새 소리가 녹음된 CD를 발견하였는데, 이 소리를 들으며 내가 어렸을 때 하워드 근처 화이트피쉬 호수의 북쪽 숲에서 가족 휴가를 보낼 때 들었던 소리임을 기억했다. 나는 세분화된 granular 샘플링 프로그램을 써서 아비새 소리를 가지고 작곡하였고, 이의 알고리즘 부분에 대하여 논의하려 한다. 네 가지의 매우 명료한 고유의 아비새 소리가 있는데: 경적, 요들, 트레몰로, 울음으로, 음악 2의 시작부분에서 이를 들을 수 있다. 울음과 트레몰로는 다양한 짜임새를 만드는데 가장 큰 도움이 되어서, 나는 이 사운드로 보다 많은 처리를 거처며 실험하였다. 아래 발췌문에서는 가공되지 않은 자연의 소리가 처음과 끝에 나오고 중간에는 변형된 사운드가 배치되었다.

음악 2. 마라 헬무트의 "메인주의 버려진 호수" (1997) 발췌문.

이 작품은 자연의 소리 부분과 변형된 사운드 사이를 번갈아가며 진행한다. 자연의 소리에서 처리된 사운드로 진행되는 것은 작업하기 쉬웠으나, 변형된 사운드에서 자연의 소리로 돌아가는 것은 진행이 어색하지 않도록 하기 위해 극도로 주의깊게 다루어야만 했다. 이렇게 예상치 못한 지각의 차이가 생기는 것이 나는 자연의 소리에 대한 청각적 기대감 때문이라 여겨졌다. 영화나 TV, 기타 컴퓨터음악 작품에서 변형된 자연의 소리를 듣는 것은 드문 일이 아니다. 자연적인 소리풍경은 점차 변형된 소리의 세계로 변화해 갈 수 있겠으나, 작품 속에서 완전히 사실적인 소리환경으로 되돌아가려면 디지털 미디어 같은 느낌을 부분 지우고, 두드리거나 긁는 것으로 갑작스러운 전환을 주거나, 변형된 사운드에서 자연의 소리와 닮은 어떤 것으로 매우 점진적으로 귀환하여야지만, 청자에게 순수한 자연의 소리풍경으로 다시 돌아온 느낌을 줄 수 있었다. 예를 들어, 음악 1의 끝부분에 자연의 소리로 쉽게 돌아오기 위해 나는 시끄러운 바람소리를 사용하여 전환하는 방법을 썼다. 원래 사운드스케이프용 녹음은 바람 소리, 귀뚜라미 소리, 아비새의 울음과 같이 여러 겹의 층이 있는 경우가 많은데, 각 층에 있는 것과 층 간의 음량 관계에 대한 기대감은 일단 한번 사용하면 강해진다. 한 층만 주로 변형되었다면, 모든 세 개의 층으로 갑자기 되돌아가는 것은 이상할 수 있다. 자연스러운 소리를 극도로 변형한 후 원래의 소리풍경으로 되돌아가는 작업을 하는 것은 작곡의 어려움이 있는 일이다. 이는 처리작업이 뚜렷하고 필수적인 컴퓨터음악 작곡의 관점에서 볼지라도, 사실적으로 들리는 자연스러운 사운드의 중요성을 시사하는 것이기도 하다.

This piece was overtly political in that samples of a naturalist's voice were processed, as were some storm-like sounds, to create a climax warning of the threat to the natural environment of the loon.

Loonspace (Helmuth 2000) was created for Allen Otte and the Percussion Group Cincinnati, using the mainly the loon material from the previous piece. An algorithmic percussion score for unspecified instruments generated by a C program was interpreted by the group. The instrumentalists' convincing choices of compatible instruments and playing techniques determined the success of this piece. The acoustic instruments created bird-like sounds and other nature sounds. This piece was more a sonic environment, than a composition.

Rock Music was a sonification based on Matanuska glacier data. A geologist friend, Teresa Davis, spent much of her summer in 2004 in Alaska measuring lake sediment data. When she mentioned "grain frequencies" and other descriptions of lake sediment which sounded similar to granular synthesis parameters, I decided to map her data into some synthesis programs. The resulting project could only be called "Rock Music" and probably because the dual scientific/artistic approach, was particularly satisfying. The challenge here was to finding expressive and evocative mappings between data and sound parameters. The potential of this technique is promising for the future, with other types of data.

Works with Instruments or Voice Based on Nature

Rippling, a fully improvised work, was a piece I created in 2000 for Pauline Oliveros's Deep Listening Retreat in Haliburton Forest and Wildlife Reserve, in Ontario, Canada. This week-long series of deep listening sessions in nature involved many singers, and much of the work we did included vocal improvisation. *Rippling* was a score consisting of wavy, rippling lines, meant to inspire people canoeing in a lake to interact sonically to create a musical experience. Inspired by Oliveros, the work is for either musicians or non-musicians. The performance of mostly voices also included the sounds of paddles in water and boats.

The Birds: An opportunity came up in the CCM composition department to create a score for Concert Nova ensemble and the Cincinnati Ballet. Each person took one movement from *The Carnival of the Animals* by Camille Saint-Saëns, and I chose "The Birds." I analyzed various bird samples with spectrograms, attempted to notate these sounds for acoustic string and wind instruments, and wrote a short score based on these sounds with electronics.

이 작품은 자연주의자의 목소리 샘플을 처리해 마치 폭풍우와 같은 사운드로 아비새에 대한 위협적 환경에 대한 경고의 클라이맥스를 만들어낸 점에서 명백히 정치적이기도 하였다.

"아비새자리Loonspace" (Helmuth 2000)는 전작의 아비새 소리를 주소재로 사용한, 앨런 오테와 신시내티 타악기 앙상블Percussion Group Cincinnati의 연주를 위해 작곡한 작품이다. C 프로그램으로 제작된 불특정 악기를 위한 알고리즘적 타악기 악보를 타악기 그룹이 해석하여 연주한다. 연주자들이 호환가능한 악기와 연주 기법을 설득력있게 선택하면서 작품을 성공시켰다. 새소리 같은 사운드와 그외 자연의 소리를 악기로 실현시켰다. 이 작업은 작곡 작품이라기 보다 음향 환경에 더 가까웠다.

"록뮤직Rock Music"은 마타누스카강 빙하의 데이터를 소리화sonification 한 것이다. 지질학자 친구인 테레사 데이비스는 2004년 여름 대부분을 알래스카에서 호수 퇴적물 데이터를 측정하며 보냈다. 그녀가 "알갱이 빈도수grain frequencies"와 그외 그레놀러 합성 요소와 비슷한 소리가 나는 호수 퇴적물에 대해 설명할 때, 나는 그 데이터를 몇몇 합성 프로그램에 적용하기로 결심했다. 이 결과의 프로젝트는 "록뮤직"이라고 밖에 이름 붙일 수 없었고, 특히 과학/예술의 이원적 접근이 만족스럽기도 했다. 여기서 해결할 문제점은 데이터와 소리의 변수 간 표현력 있으면서 감정을 일으키는 연결구도mappings를 찾는 것이었다. 이러한 기술적 가능성은 미래에, 그리고 다른 형태의 데이터에도 전도유망한 것이다.

자연에 기반한 악기나 목소리를 사용한 작품

"리플링Rippling"은 전체 즉흥 작품으로, 내가 2000년 캐나다의 온타리오주, 할리버튼 산림 및 야생동물 보호구역에서 폴린 올리베로스(Oliveros)의 조용하고 깊은 청취Deep Listening Retreat 프로젝트를 위해 작곡하였다. 자연속에서 딥 리스닝을 하는 일주일간의 세션에서 여러 가수과 보컬 즉흥연주가 포함된 많은 작품이 연주되었다. "리플링"은 물결 모양의 잔물결 선으로, 호수에서 카누를 타는 사람들이 음악적 경험을 위해 음향적으로 상호작용하며 영감을 얻을 수 있도록 악보를 구성한 작품이다. 올리베로스에게서 영감을 받은 이 작품은 음악가뿐 아니라 비음악가를 위한 작품이기도 하다. 대부분의 목소리 연주 중 물과 보트에서 노젓는 소리도 포함되었다.

"새들The Birds": 신시내티 음악대학 작곡과에서 콘서트 노바Concert Nova 앙상블과 신시내티 발레단Cincinnati Ballet을 위해 작품을 창작할 기회가 생겼다. 각 개인은 카밀 생상의 동물의 사육제The Carnival of the Animals의 한 악장을 맡았고, 나는 "새들"을 선택했다. 다양한 새의 샘플을 스펙트럼 사진으로 분석하였고, 관현악기로 이 소리를 표현하려 악보 작업을 하였으며, 이 소리에 기반한 전자음악의 짧은 악보를 마련하였다.

Water Birds was a collaborative work originally created with clarinetist Rebecca Danard for clarinet, wireless sensor network system and electronics. The wireless sensor network system and music project was a collaboration with the Computer Science department at UC. The structured improvisation used infrared sensor data from the location of the performer moving onstage to turn on or off layers of spectral delays with rtmix~ in Max. For the score I notated fragments of music that the performer can manipulate freely. Segments of the performer's performance is recorded and played back with the spectral delay. Many timing aspects are under the performer's control. After the piece was developed, we dispensed with the sensor system, and I performed the piece taking performer location into account. The piece has been performed widely, and each performer has taken the piece in new directions, some with my fixed format electronic part resembling what the original patch creates. Several of the performers researched and added different bird calls to the piece. The most recent performance by Andrea Vos-Rochefort incorporates bird movements as well as sound, with a flute part performed by Elizabeth Darling. Allowing the performer to bring their own experience of nature into the piece augments the power of the piece.

“물새 Water Birds”는 원래 무선 센서 네트워크 시스템과 전자음악을 위해 클라리넷주자 레베카 다나드와 함께한 협동 작품이었다. 무선 센서 네트워크 시스템과 음악 프로젝트는 신시내티대학 컴퓨터공학과과의 협업이었다. 무대 위 연주자가 이동하는 위치에 따라 적외선 센서 데이터로 맥스 프로그램의 rtmix~로 스펙트럼 지연효과를 켜거나 끄면서 즉흥연주를 구사하도록 구성되었다. 연주자가 자유롭게 연주할 수 있도록 악보에 음악의 부분부분을 조각들로 표기하였다. 연주자가 연주한 것이 기록되고 이들이 스펙트럼 지연효과와 함께 재생된다. 많은 부분 연주자가 타이밍을 조절할 수 있도록 하였다. 작품이 완성된 이후에는 센서 시스템을 생략하고, 내가 직접 연주자의 위치를 참작하여 공연을 수행하였다. 이 작품은 널리 연주되었는데, 개인 연주자들은 각자 새로운 방향으로 연주를 끌고 갔으며, 몇몇은 초기의 패치가 만든 것과 닮은 고정매체 전자음악 파트를 활용하였다. 또다른 연주자들은 다른 새의 울음소리를 연구하여 작품에 넣었다. 가장 최근 공연에서는 엘리자베스 달링이 새의 움직임과 소리를 결합하고 그녀가 직접 플루트 파트를 연주하였다. 연주자가 그들 스스로의 자연에 대한 경험을 작품에 적용할 수 있도록 한 것이 작품의 파워를 높이게 되었던 것 같다.



Figure 2. Andrea Vos-Rochefort performing *Water Birds*, by Mara Helmut. (video excerpt)

그림 2. 안드레아 보슈-로드포트가 연주한, 마라 헬무트의 “물새” (동영상 발췌본)

The butterfly has also inspired several works, although more by the symmetrical shape of its body and complex movements, than its sound. *Butterfly Within* for flute and fixed stereo audio was a reaction to a health crisis, and expressed my mercurial mental state at that time. The thyroid is a butterfly-shaped organ within one's neck, and mine had a serious disease in 2006. The possibility of a one's life being threatened makes daily experience seem much more intense and appreciated, and the quick movements of the butterfly embodied my changing emotions.

나비도 여러 작품에 영감을 주었는데, 소리보다도 몸체와 복잡한 움직임의 대칭적 모양새가 더욱 그러하다. 플루트와 고정매체 스테레오를 위한 “버터플라이 위딘 Butterfly Within”은 건강 위기에 대한 반응으로 나온 작품이었고, 당시 나의 변덕스러운 정신 상태를 표현했다. 나비 모양의 기관인 갑상선으로 나는 2006년 심각한 병을 앓게 되었다. 생명의 위협을 받는다는 것은 일상의 경험을 더욱 강렬하고 느끼게 만들었으며, 나비의 재빠른 움직임은 나의 변화무쌍한 감정을 구현해주었다.

The flute lines range between the volatile and the serene. I algorithmically generated gestures and textures from sounds of physical models of gritty shakers and dense blowbottle layers in RTcmix to interact with the flute part, which is sometimes submerged, and sometimes emerging with fervor.

Butterfly mirrors is a structured improvisation for varying ensembles of acoustic instruments and live electronics. The score and electronic parts are related to those of *Water Birds*, but after a first performance by the Tornado Project, the piece was expanded for a larger ensemble, Esther Lamneck's New Music Ensemble at New York University. It was first performed by these 17 instrumentalists, including electric guitar, with live electronics and a special projected video of fire. The title here refers to the motivic interactions between improvising players, who might invert material in a mirror-like fashion as they hear each other play the notated fragments. The butterfly concept is again a visual idea of a symmetrical structure, here influencing melodic development and improvised lines.

A magical moment occurred at the beginning of the piece, when the flutist began to improvise acoustically, and after a moment her sound was picked up by two iPads nearby held by two performers. The iPad performers moved the iPads gradually into range of the microphones, gradually beginning to send a layer of spectral delays into the sound system. When the other microphones subsequently became live, the sound from various instruments was processed by computer and expanded sound textures with more layers of the spectral delays was sent into the speaker system. Other performances by smaller ensembles have been by Ensemble Pi, SoundProof and performers at CCM. Each time I work with new instruments, especially in the lower registers, I am astounded by some of the sounds the spectral delays can create, with the extremely long delay times I prefer.

Onsen: Hot Springs (2019) for vibraphone and fixed media had several inspirations. The first was the performer, Joseph Van Hassel, who commissioned the piece. He sent me audio and video recordings of him playing on several outdoor metal sculptures at the University of North Carolina, Pembroke campus where he teaches. I used these samples in the piece, with granular sampling, convolution and other processing. The other more conceptual inspiration was from a visit to Japan, where I was able to visit Onsen, the hot springs near Tokyo. This beautiful setting, and bathing in mineral waters, rejuvenated my energy levels intensely for three days after the visit. The bubbling sounds and sensations, the shape of a bathtub with overhanging trees, and the peaceful energy of the location influenced the piece.

플룻 선율은 쾌활함과 평화로움을 넘나든다. RTcmix로 모래든 셰이커와 뽀뽀한 부는 병소리를 겹친 물리적 모델을 만들고 알고리즘적으로 움직임과 짜임새가 만들어지도록 하였으며, 플룻 파트가 때때로 물에 잠기고 때로는 열정적으로 떠오르며 이와 상호작용한다.

나비 거울은 어쿠스틱 악기와 라이브 전자음향으로 다양하게 구성되는 앙상블을 위하여 짜여진 즉흥연주작이다. 악보와 전자음향 파트는 "물새"의 것과 연관되었지만, 토네이도 프로젝트가 처음 공연한 이후로는 더 큰 앙상블인 뉴욕대학의 에스더 램넥 뉴뮤직 앙상블의 형태로 확대되었다. 처음에는 일렉트릭 기타를 포함한 열 일곱 명의 기악 연주자와 라이브 전자음향, 그리고 불을 활용하는 특별한 프로젝트 비디오로 공연되었다. 여기서 제목은 즉흥연주자들 간에 동기를 주고받으며 상호작용하는 것을 일컫는데, 상대 연주자가 기보된 한 조각의 음악을 연주하는 것을 듣고, 이를 거울이 비추듯 뒤집어 연주하는 것을 말한다. 이 나비의 개념은 대칭 구조를 가진 시각적 아이디어인데, 여기서는 선율의 발전과 즉흥연주 라인으로 재현되었다.

곡의 시작부분에, 플룻주자가 악기로 즉흥연주를 시작하고, 잠시 후 그 소리는 근처 두 명의 연주자가 들고 있는 두 대의 아이패드에서 포착되며 마법 같은 순간이 일어난다. 아이패드 주자들은 점점 마이크 근처로 기기를 옮겨가면서, 점차적으로 스펙트럼 지연 파트가 음향시스템을 통하여 나오기 시작한다. 다른 쪽 마이크에까지 미치게 되면 컴퓨터는 다양한 악기 사운드를 처리하기 시작하고, 보다 많은 층의 스펙트럼 지연 효과가 들어간 확장된 사운드 구조가 스피커 시스템으로 전송된다. 소규모 앙상블로 연주되었던 다른 공연은 앙상블 파이, 사운드프루프, 신시내티음악대학의 연주자들이 있었다. 새로운 악기, 특히 낮은 음역대의 악기와 작업할 때마다, 스펙트럼 지연 효과로 만들어지는 사운드에 놀라움을 금치 못했고, 내가 선호하는 매우 긴 지연 시간에도 그러했다.

"온센: 온천" (2019)은 비브라폰과 고정매체를 위한 작품으로 몇 가지 영감을 받아 만들어졌다. 첫째는 이 작품을 의뢰한 연주자 조셉 반 하셀이었다. 그는 그가 가르치는 노스캐롤라이나 대학 펴브록 캠퍼스에 있는 야외 금속 조각물 사이에서 자신이 연주하는 것을 녹화한 오디오와 비디오를 내게 보냈다. 나는 이를 작품의 샘플로, 그래놀러 샘플링, 콘볼루션, 그외 다른 처리기술을 써 활용하였다. 다른 보다 개념적인 영감은 일본을 여행하며 온센이라는 도쿄 근처의 온천에 다녀온 것이었다. 그 아름다운 환경과 광천수 목욕은 방문한 사흘 간 나의 원기를 북돋고 젊어지게 하는 듯했다. 부글거리는 소리와 느낌, 나무가 우거진 육조의 모양새, 그 곳의 평화로운 에너지가 작품에 반영되었다.



Figure 3. Onsen. (Photo by Akira Takaoka.)

Sound 3. Excerpt of *Onsen: Hot Springs* (2019) by Mara Helmuth.

Sound Environments Worldwide

My interest in working with natural sound became more urgent, as I explored other sound environments on different continents, and concern about climate change increased. Travel experiences have been a compositional inspiration for the last two decades, and many of the materials I have recorded have been in nature. I was aware of the changing cultures and climate and felt that the time frame for experiencing some aspects of nature might not be very long.

China in 1999 was the location of the International Computer Music Conference. Visiting Beijing reawakened an interest I had in Asian culture, and I resolved to return. I also met Josef Fung the conference director and director of an ensemble of traditional Chinese instrumentalists. At that point, Beijing was a sea of bicycles at big intersections, without many cars.

On sabbatical in spring of 2003, I visited several mountain parks in China and was in residence at the Sino-Nordic Arts Space (SNAS) in Beijing, directed by Fung. I recorded samples walking in three mountain parks: Hua Shan near Xi'an in Shaanxi Province, Emei Shan, near Cheng Du, one of the four Great Buddhist Mountains of China, and Huang Shan, in Anhui Province, known as China's most beautiful mountain (Figure 4).

그림 3. 온센. (아키라 타카오카 사진)

음악 3. 마라 헬무트의 “온센: 온천” (2019) 발췌분.

세계곳곳의 소리 환경

다른 대륙의 서로 다른 소리 환경을 탐구하고 기후 변화에 대한 염려가 높아지면서, 나는 자연의 소리로 작업하고자 하는 마음이 더욱 절박하게 느껴졌다. 지난 이십여 년 간 여행한 경험이 작품의 영감이 되어주었고, 내가 기록했던 많은 자료들은 자연에 있었다. 나는 문화와 기후는 계속해서 변화하며, 자연의 면모를 경험하기에 시간은 그리 길지 않다는 것을 알고 있었다.

중국은 1999년 국제컴퓨터음악학회(ICMC) 개최지였다. 베이징을 방문하면서 아시아 문화에 대한 관심이 다시 일깨워졌고, 다시 들를 것을 결심했다. 나는 학회감독이자 중국 전통 기악 앙상블의 감독이기도 한 조셉 풍을 만났다. 그 당시 베이징은 차가 많지 않았고 큰 교차로는 자전거 천국이였다.

안식년이었던 2003년 봄, 나는 중국의 몇몇 산악공원을 방문했고 풍이 감독으로 있는 베이징의 북유럽예술공간 SNAS에서 지냈다. 산시성 시안 부근의 후아산, 중국 4대 불교산 중 하나인 청두 부근의 어메이산, 중국에서 가장 아름다운 산으로 알려진 안휘성의 후양산, 이렇게 세 개의 산악공원에서 걸어다니며 샘플을 녹음했다 (그림 4).

After these great walks I arrived in Shanghai, and the SARS epidemic was underway. I noticed the look of panic on the faces of people when I coughed, due to my allergies. I was advised to return home by friends, so my trip was interrupted. I was not allowed to enter Japan, the next planned visit. By the summer I was able to return to Beijing to create an installation work, *Staircase of Light*, in which a dancer on a stairway controls the sounds I had recorded in the parks, and their transformations. Photo-cells on each stair sent data into MaxMSP to play sounds. A related concert performance piece, *China Prism*, performed in Cincinnati, allowed the same sonic materials to be played by a dancer on a stage.



Figure 4. "Seeing is believing" view at Huang Shan. (Photo by Mara Helmuth)

I acquired a qin (or gu-qin), an ancient 7-stringed Chinese zither on this trip in China with the help of a student at the China Conservatory of Music, with which my school has an exchange. I studied this instrument around 2005 with a teacher in Pittsburgh, and I wrote several improvisatory pieces for my own performance with electronics. While these pieces are not directly inspired by nature, some of characters for techniques in traditional qin notation are based on nature images, and I found this inspiring for composition.

I returned to China in 2007 and did additional recording, this time visiting a remote Tibetan monastery in mountainous Yushu, in Qinghai province. I recorded services, monastery sounds, and purchased Tibetan instruments and other items. By the time of these later trips Beijing had changed tremendously, with some of the smaller streets no longer there, and traffic congestion with many cars was amplified.

The installation resulting from my Yushu experience was called *Hidden Mountain* and was presented in Beijing in audio form, in a room of SNAS with marble floors and ancient Chinese furniture. At CCM *Hidden Mountain* was presented in the Cohen theater with audio, video and Tibetan instruments to be manipulated by participants.

이 대단한 산책들을 끝낸 후 상하이로 갔고, 사스 전염병이 돌고 있었다. 내가 알레르기로 기침을 하면 사람들은 공포에 질려 어쩔 줄 몰라했다. 친구들이 집으로 돌아가라는 권유에 여행을 중단하게 되었다. 다음 여행 예정이었던 일본에도 입국허가가 되지 않았다. 여름이 되고 다시 베이징으로 돌아가 설치작품인 "빛의 계단"을 만들 수 있었다. 이 작품은 댄서가 계단 위에서 내가 공원에서 녹음한 소리 및 변형된 사운드들을 조절하며 연주된다. 각 계단에 설치된 광전지가 MaxMSP로 신호를 보내고 소리가 연주되는 체계이다. 이와 관련된 콘서트 연주 작품으로 신시내티에서 선보였던 "차이나 프리즘"이 있는데, 댄서가 무대 위에서 동일한 사운드 재료를 조절하며 연주된다.

그림 4. "보는 것이 믿는 것이다" 후양산 풍경. (마라 헬무트 사진)

이번의 중국 여행에서는 나의 학교 교환 학생으로 있던 중국 음악원 학생의 도움으로 고대 중국의 칠현악기인 친 (혹은 구친)을 갖게 되었다. 2005년경 피츠버그에서 한 선생님에게 이 악기를 배우며, 전자음향이 동반되는 몇몇 즉흥 작품을 만들고 내가 직접 연주하였다. 그 작품들은 자연에서 직접적으로 영감 받은 것은 아니지만, 전통적인 친의 기보법 중 연주기법 표시말에 자연의 이미지를 기반으로 한 것들이 있었고, 이것들이 내가 작곡할 때 영감이 되어주었다.

2007년 중국으로 다시 돌아가 추가 녹음을 진행했고, 이번에는 칭하이성 위슈 산악지역에 위치한 티벳 수도원을 들렀다. 예배 의식과 수도원의 사운드를 녹음하고, 티벳 악기들과 그 외 기타 물건을 구입했다. 이때의 여행 시기에 베이징은 엄청나게 변해있었고, 작은 길들은 사라져버린 것도 많았고, 수많은 자동차로 교통혼잡이 증가했었다.

위슈에서의 경험으로 "숨은 산"이라는 설치작품을 만들었고, 베이징의 북유럽예술공간SNAS의 대리석 바닥에 고대 중국 가구로 장식된 한 공간에서 오디오 형태로 발표되었다. 신시내티대학에서는 참여자들이 직접 조절하도록 된 오디오와 비디오, 티켓 악기를 써서 코헨 극장에서 "숨은 산"을 선보였다.

They donned a scarf with an inlaid wireless sensor, and moved around the concert hall space which affected audio and video. In a darkened space defined by a Tibetan rug, a recording service was heard from a temple, in which people entered ecstatic states, playing cymbals and other temple instruments.

I also recorded in temples in Japan such as Ei Hei Ji and at Tamakura, and in Korea and still have many excellent recordings from various trips.

Uganda's Teach and Tour Sojourners organization invited me to visit in 2011 for an experience which included teaching in various situations and recording on safari in the country's parks, which are outstanding places to find wildlife. In addition to many other safari recording situations, I spent about an hour with a pride of lions on the last day in Queen Elizabeth park.



Figure 5. With a pride of lions in Uganda.

I created an installation *Sounds of Uganda* for the Giraffe Park hotel where I had stayed, and where Stawa University courses were taught. I also created a laptop ensemble piece *from Uganda* (2014) in MaxMSP with rtcmix~ for several performers, based on recorded sounds of birds, frogs, a river, and hippopotamuses. A video piece from safari footage in multi-channel format also exists.

In Australia in 2016 an another extraordinary sabbatical allowed me to record sound and video at the Great Barrier Reef, the Daintree Rainforest in Queensland, and at Uluru in the desert of the Northern Territory. My project was to investigate nature, the impact of humanity on the environment, and Aboriginal sustainable living, and record samples for composition projects. A sailing tour to an inner reef, boat tours to the outer reef, walks in the forest, and hiking in the desert were a few of the opportunities to experience and record nature. Parks are co-managed by the Aboriginal people and the government, and one might see signs as the one in Figure 8 encouraging one to enjoy the environment.

그들은 무늬가 새겨진 무선 센서가 달린 스카프를 두르고, 연주홀 공간을 이리저리 이동하며 오디오와 비디오가 움직이게 하였다. 티켓 양탄자라 불리는 한 으스스한 공간에서, 사원 풍경의 소리가 녹음된 사운드를 들으며 사람들은 황홀한 경지에 이르기도 하고 심벌즈나 다른 사원 악기들을 연주하기도 한다.

에이헤이사나 타마쿠라에서와 같은 일본의 사원이나 한국에서도 녹음을 하였는데 아직도 다양한 여행들에서 얻은 다수의 훌륭한 녹음본을 보유하고 있다.

우간다의 교육및여행승객 기구로부터 초대받아 2011년 방문했고, 다양한 상황에서의 교육을 경험하거나 야생동물을 잘 볼 수 있는 지역의 공원에서 사파리 관련 녹음을 수행하였다. 많은 다른 사파리 녹음 상황 말고도, 나는 퀸 엘리자베스 공원 방문 마지막 날 한 무리의 사자들과 한시간 정도를 함께 보냈다.

그림 5. 우간다에서 한 무리의 사자들과 함께.

내가 스타와대학에서 수업을 진행하며 머물렀던 기린공원 호텔을 위해 "우간다의 소리"라는 설치작을 만들었다. 또한, 새와 개구리, 강, 하마를 녹음한 소리를 기반으로 몇몇 연주자와 rtcmix~를 활용한 MaxMSP로 노트북 앙상블 작품 "우간다로부터" (2014)를 작곡하기도 하였다. 사파리 장면이 담긴 다채널 비디오 클립도 있다.

호주는 2016년 또다른 특별한 안식년을 맞아 방문했고, 그레이트배리어리프, 퀸즈랜드의 데인트리 열대우림, 노던 테리토리의 사막에 있는 울룰루에서 사운드와 비디오를 기록하였다. 자연과 환경에 끼친 인류의 영향, 원주민의 지속가능한 삶에 대하여 조사하고 작곡에 쓸 샘플을 녹음하는 것이 나의 프로젝트였다. 내부 암초로 항해 투어, 외부 암초로 보트 투어, 숲 속 산책, 사막 하이킹 등이 몇 안되는 내가 자연을 경험하고 녹음할 수 있는 기회였다. 공원은 원주민 사람들과 정부가 공동으로 관리되고 있었으며, 그림8에서와 같이 주변 환경을 즐기도록 표지판이 도움을 주기도 한다.



Figure 6. Still from video taken while snorkeling in the Great Barrier Reef.

그림 6. 그레이트배리어리프에서 스노클링 중 찍은 비디오 스틸컷.



Figure 7. Mossman Gorge in the Daintree Rainforest.

그림 7. 데인트리 열대우림의 모스만 협곡.

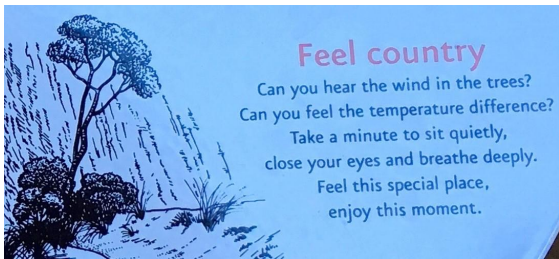


Figure 8. A sign seen on the path at Uluru, Northwest Territory.

그림 8. 노스웨스트 테리토리, 울루루 길에서 본 표지판.



Figure 9. Hiking in King's Canyon, Watarrka National Park, Northern Territory.

그림 9. 노던 테리토리, 와타르카 국립공원 킹스캐년에서 하이킹.

from Australia, a laptop ensemble piece with an expanded set of sounds, was one result of this unforgettable trip. In this piece there is a series of sections, which defines what categories of sounds are be drawn from. Sections are 1) water snorkeling sounds, 2) rain, 3) birds, 4) water rushing, 5) digeridoo, and 6) birds. The performer can also choose to process the sounds with RTcmix instruments for granular sampling, comb filters and a sweeping filter. An iPad, including its orientation data, may be used to control Max on the laptop. Intense listening is necessary as in any musical performance, and I advise the performers to spend periods of time listening to what others are playing, and then respond to the sounds. Processing is used sparingly to highlight the natural sound. Sharing the sounds I collected in this piece so that musicians can shape sound events together, was special way of honoring the natural sound environments and allowing others to interact with them.

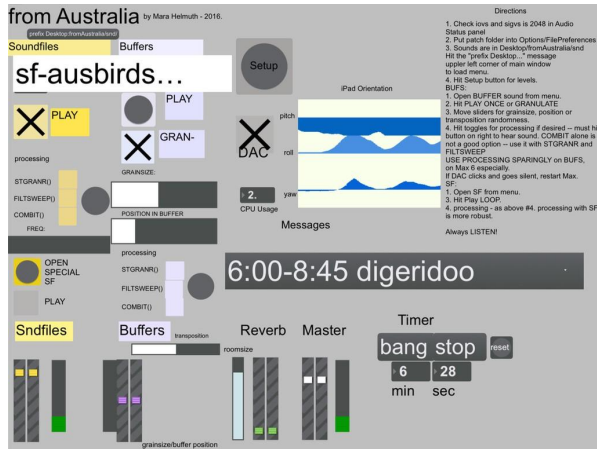


Figure 10. from Australia Max patch.

Sound 4. Excerpt of from Australia (2016) by Mara Helmuth.

After the Australia trip, I conceived of a Sonic Refuges project, with a concept of creating sonic refuge spaces for one to experience nature, or nature-influenced sonic environments.

Using Algorithms Connected to Nature

Composition micro-level and macro-level algorithms have also allowed me to create structures that have various relationships with nature.

Islands (1988) was an algorithmic piece with a C-program generated CSound score. The program created a structure of grouped frequency modulation sound events with complex envelopes. The piece was named by Brad Garton, my teacher at Columbia, who said the sounds reminded him of islands as he drove home through the night New Jersey fog. While I had approached the composition abstractly, with a four-level logical process to generate materials of various types, the results sounded analogous to a sonification of geological formations.

“호주로부터”는 사운드 확장 시스템이 첨가된 노트북 앙상블 작품으로, 이번 잊지 못할 여행의 결과물이었다. 이 곡에는 각 섹션의 사운드가 어디서 왔는지 범주를 정의한 섹션들의 시리즈가 있는데, 1) 스노클링 물소리, 2) 비, 3) 새들, 4) 세차게 흐르는 물 5) 디제리두 [호주원주민 관악기], 6) 새들이 그것이다. 연주자는 그레놀러 샘플링, 콤필터, 스위핑필터 기술을 구현하는 RTcmix 프로그램으로 처리내용이나 사운드 등을 조절한다. 방향성 데이터를 장착한 아이패드로 노트북에서 Max를 제어할 수 있다. 어느 음악 공연에서처럼 경청에 집중하여야 하고, 연주자들에게 다른 연주자가 연주하는 것을 듣는데 어느 정도의 시간을 할애한 후 들은 것을 반영해야 한다고 조언한다. 드물게는 자연의 소리를 강조할 목적으로 처리과정을 가할 때도 있다. 내가 수집한 소리들을 공유하여 이 작품의 다른 음악가들이 다같이 청각적 이벤트를 만들어나가는 한 것이, 자연에 의한 소리 환경을 존중하면서 다른 이들과 서로서로 상호작용할 수 있도록 해준 특별한 방법이었다.

그림 10. “호주로부터”의 맥스 패치.

음악 4. 마라 헬무트의 “호주로부터” (2016) 발췌본.

호주 여행을 마친 후, 나는 자연을 경험하거나 자연의 영향을 받은 청각 환경을 경험할 수 있는 음향적 피난처 공간에 대한 아이디어를 가지고 소닉 레퍼지 프로젝트를 구상하였다.

자연과 연관된 알고리즘 사용하기

미시적 차원과 거시적 차원의 알고리즘 작곡으로 자연과 다양한 관계를 갖는 구성을 만들 수 있다.

“섬” (1988)은 CSound로 생성한 C-프로그램으로 만든 알고리즘적 작품이다. 이 프로그램은 복잡한 엔벨로프 주파수 변조가 그룹지워진 음향적 이벤트를 구성하도록 되어있다. 이 작품은 콜롬비아에 있을 때 나의 선생, 브래드 가르톤이 이름지어주었는데, 뉴저지의 밤안개를 뚫고 집으로 운전해 갈 때 이 곡의 소리가 섬을 생각나게 했다고 말했다. 네 단계의 논리적 과정으로 다양한 스타일의 재료들을 만들 생각으로 이 작곡에 추상적으로 접근했었지만, 그 결과는 마치 지질학적인 형성과정을 소리화한 듯한 것이었다.

Granular synthesis first caught my attention in the next year, inspired by Barry Truax's *Riverrun* and the formalized music of Iannis Xenakis. I created several instruments in the Cmix music programming language that would create gestural stochastic granular phrases, either by synthesis or granular sampling. The first piece I did with the synthesis instrument was called *Song for Earth Day*, as I found myself finishing the piece in the Columbia studio around Earth Day, 1990. While I was unable to take part in Earth Day events, I was delighted to create some natural sounding thunder and water sounds using the stochastic parameters of my new instrument. The complexity of the probability-controlled grain parameters approaches the complexity of situations in nature, such as river water rushing against uneven rocks.

Sound 5. Excerpt of *Song For Earth Day* (1990) by Mara Helmuth.

Extensions of these granular synthesis programs have allowed me to continue to create diverse sound worlds in many of my pieces in different genres. When processing the sounds of instruments, as well as in synthesis, the qualities of the resulting sounds are different from traditional musical phrases in that gradual changes, types of transformations and gestures tend to be more important than patterns of pitches, melodies, harmonies, or metrical structures. The timbral gestures in my granular synthesis works may have more commonalities with natural sound, even if not created from natural sound samples. This aspect may also free the music from some expectations listeners could have with instrumental music.

Environmental warning pieces include the previously mentioned *Abandoned Lake in Maine* with the threatening climax warning of habitat loss. *All Alarms Sounding* (2017) was written for two pianos and electronics. In 2016 I had spent several days snorkeling in the outer and inner reefs of the Great Barrier Reef near Port Douglas and Shute Harbour, Queensland. This reef is the world's largest organism, and full of fascinating features and fish. In the year of my visit, however, 22% of Australia's Great Barrier Reef died because the ocean temperature was too warm. A person in Queensland told me that his shoes melt on the street in summer. The sense of urgency about the degrading environmental situation triggered alarms in my mind as well as in the news. Program notes for this work read, "Alarms go off every year, every month, about the consequences of climate change.... Complex systems like the reef, the rainforest and the mangroves evolved over millennia to coexist, the wildlife in an intricate balance with their environment. Fast changes are not something that can be easily accommodated by evolution. Something may survive future climate change, but it may not be us, or life as we know it."

그래놀러 합성은 그 다음 해 배리 트루엑스의 "리버런(Riverrun)"이나 이아니스 크세나키스의 포멀라이즈드 뮤직에 감동받으며 처음으로 나의 관심을 끌게 되었다. 합성 기술이나 그래놀러 샘플링 기술을 사용하여, 움직임이 있으면서 확률론을 활용한 그래놀러 악구를 생성할 수 있는 Cmix 음악 프로그래밍 언어로 몇 개의 악기 프로그램을 만들었다. 합성 악기로 처음 만든 작품은 "지구의 날을 위한 노래"라는 곡인데, 1990년 지구의 날 즈음 콜롬비아 스튜디오에서 완성하였다. 지구의 날 행사에는 참가할 수 없었지만, 나의 새 악기로 확률적 변수를 활용하여 만든 자연스러운 음향의 천둥소리와 물소리에 기뻐했다. 작은 조각적 요소들을 확률로 조절하며 생성되는 복잡함이, 고르지 않은 암석에 부딪히며 흐르는 강물과 같이 자연의 복잡한 상황에 비슷한 정도에 다다를 수 있게 해준다.

음악 5. 마라 헬무트의 "지구의 날을 위한 노래" (1990) 발췌본.

이러한 그래놀러 합성 프로그램의 발전과 확장 덕분에 다양한 장르의 많은 나의 작품들에서 여러 소리 세계를 계속 창조해낼 수 있었다. 기기의 사운드를 처리할 때뿐 아니라 합성할 때에도, 결과적으로 나타나는 사운드의 수준이 음고나 선율, 화성, 시간적 구성의 패턴보다 점진적인 변화과정이나 변형되고 움직이는 행태를 더욱 중요시한다는 점에서 전통적인 음악과는 다르다. 나의 그래놀러 합성 작품 내 음색의 모양새는 자연의 소리를 샘플로 쓰지 않은 것이라도 자연의 소리와 공통점이 더 많을 것이다. 이러한 점은 관객이 기기 음악에 거는 기대감으로부터 어느 정도 자유로와지게도 한다.

환경 경고 작품은, 서식지 손실에 대한 위태로움이 극에 달했다는 경고로 앞서 언급했던 "메인주의 버려진 호수"가 있었다. "모든 경고의 울림" (2017)은 두 대의 피아노와 전자음향을 위해 쓰여진 곡이다. 2016년 퀸즈랜드에서 포트 더글라스와 슈트 항구 근처 그레이트배리어리프의 내외부 암초에서 스노클링을 하며 며칠 보냈었다. 이 암초는 세계에서 가장 큰 유기체로, 매혹적인 특징과 물고기로 가득하다. 그러나 내가 방문했던 해에 호주 그레이트배리어리프의 22%가 해수 온도가 너무 올라서 죽었다. 퀸즈랜드에 사는 사람이 말하길 여름에는 거리가 너무 뜨거워 신발이 녹는다고 했다. 이런 열악한 환경 상태에 대한 위기감이 뉴스는 물론이고 나의 마음에도 경고의 울림이 느껴졌다. 이 곡의 프로그램 노트에 따르면, "기후 변화의 후폭풍에 대해 알람이 매년, 매달 울린다... 산호초나 열대우림, 맹그로브숲 같은 복잡한 시스템은 환경과 복잡하게 뒤얽혀 균형을 이루며 사는 야생동물과 함께 공존하기 위해 수천년간 진화해왔다. 급격한 변화는 진화라는 것으로 쉽게 수용될 수 있는 것이 아니다. 어떤 것은 미래의 기후 변화에도 살아남을 수 있을지 모르지만, 알다시피 우리나라 다른 생명들은 아닐 수 있다."

I had resolved by this point to make environmental awareness a primary focus of my work.

Endangered Sound is a piece created for network performance using RTcmix on Internet2 for the Network Music Conference at Stony Brook University in 2018. Each performer was instructed to find sounds they considered “endangered”, such as that of a threatened species. Sounds were exchanged between remote locations of CCM in Cincinnati and Stony Brook University, NY. As I have found in previous sound exchanges of this kind, the intense listening required with only audio connections, and no video, no visual cues between performers, actually enhances the improvisational experience. Performers actually had trouble finding “endangered sound” from threatened species, and I ended up providing samples. Both of the above pieces highlight threats to our environment, and my intention was to increase awareness of these issues.

Collaborations with Esther Lamneck, virtuoso performer and also a composer who has co-composed several works with me. All of these pieces have extensive use of granular synthesis algorithms which create gestural forms which are in my mind related to geological formations or the motions of wind and water. Her improvisatory and virtuosic performance is very compatible with these algorithmically generated sounds. Our first interactive work for the Hungarian tárogató wind instrument and live electronics, *Irresistible Flux*, was based on an old folk song. Two more recent works are more directly based on environmental ideas. *Breath of Water*, for clarinet and stereo fixed media was influenced by the sight and sounds of a group of humpback whales I saw on a windy boat trip from Great Barrier Reef’s outer reef Opal Reef to Port Douglas, as well as Lamneck’s compelling subharmonic sounds. The two sets of sounds, whales and subharmonics, had unexpected commonalities that allowed them to be connected in the piece easily.

Sound 6. Excerpt of *Breath of Water* (2016) by Mara Helmuth and Esther Lamneck.

Sound Dunes (Helmuth 2019), a more recent collaborative composition, is based on tárogató phrases and my digital transformations, which we realized created dune-like sound structures with curving contours and granular textures. A new multichannel immersive version is scheduled to be premiered at the Sonorities Festival in Belfast, 2022.

Sound 7. Excerpt of *Sound Dunes* (2019) by Mara Helmuth and Esther Lamneck.

폭풍나는 이 시점에 환경 인식을 나의 작품의 주요 주제로 삼기로 결심했다.

“멸종위기의 소리”는 2018년 스톤브룩 대학에서 열린 네트워크 음악 학회 공연을 위해 인터넷2에 RTcmix를 사용한 네트워크 퍼포먼스 작품이다. 각 연주자는 멸종위기에 처한 종의 소리와 같이 “위기에 처한” 것으로 여겨지는 소리를 찾아야 한다. 신시내티와 뉴욕의 스톤브룩 대학 간 떨어진 위치 사이에서 사운드를 교환하였다. 이전의 이러한 사운드 교환작업 중 알게 된 것이, 연주자 간 비디오나 시각적 정보가 전혀 없기 때문에 오디오 연결에만 의존해야 하고 듣는 것에 더욱 집중하게 되며, 이는 실제로 즉흥연주 경험을 향상시킨다는 것이다. 사실상 연주자들은 직접 멸종위기종에 의한 “위기에 처한 소리”를 찾는데 어려워했고, 결국 내가 샘플을 제공하였다. 위의 두 곡 모두 우리의 환경에 위협이 있음을 표현하였고, 이 이슈에 대한 인식을 높이는 것이 내가 의도한 것이었다.

에스더 램넥과의 콜라보, 그녀는 나와 몇몇 작품을 공동작업 한 명연주자 겸 작곡가이다. 콜라보로 만든 모든 작품은, 내가 생각하기에 지질학적 형성과정이나 바람과 물의 움직임과 관련되어 있는 제스처의 형태를 띄고 있으며, 그레놀러 합성 알고리즘을 높은 비중으로 활용한 것들이다. 그녀의 즉흥적이며 기교적인 연주는 이렇게 알고리즘으로 생성된 소리와 꽤 잘 어울린다. 헝가리 민속 관악기인 타로가토와 라이브 전자음향을 위한 “저항할 수 없는 흐름”이 우리의 첫 합동 작품이었고, 오래된 한 민요를 가지고 만들었다. 최근 두 개의 작품은 보다 직접적으로 환경적 아이디어에 근거를 두었다. 클라리넷과 스테레오 고정매체를 위한 “물의 숨결”은 그레이트배리어리프의 외부암초인 오팔 리프에서 포트 더글라스까지 바람이 많이 부는 보트 여행을 하면서 본 흑등고래 무리의 광경과, 램넥의 매력적인 저배음subharmonic 사운드에 영향을 받아 만들어졌다. 고래와 저배음, 두 소리는 예상치않게 작품에서 쉽게 연결될 수 있는 공통점이 있었다.

음악 6. 마라 헬무트와 에스더 램넥의 “물의 숨결” (2016) 발췌본.

보다 최근의 콜라보 작품인 “소리 사구” (Helmuth 2019)는 타로가토의 선율악구와, 곡선으로 움직이는 윤곽선과 조각조각 세분화된 짜임새로 모래언덕과 같은 소리 구성을 이루게 해준 나의 디지털 변형기술을 바탕으로 하였다. 이의 새로운 다채널 몰입형 버전이 2022년 벨파스트에서 열리는 소노리티즈 페스티벌에서 초연될 예정이다.

음악 7. 마라 헬무트와 에스더 램넥의 “소리 사구” (2019) 발췌본.

“Space” Pieces: Apart or From Nature?

Several of my compositions seem at first to be almost opposed to environmental music, coming from abstract ideas of space. Of course, space is apart from earth, but not apart from a cosmic view of nature.

Dragon of the Nebula (Helmuth 2020) was written in 1992 in response to the Gulf War, and reminded me of an image of a galactic nebula. It was composed with the same granular synthesis instrument as *Song for Earth Day*, but has more precisely defined granular gestures, some with “metallic” sounds (grains with long durations in dense frequency bands) or noisy granular bands. While these sounds may seem to have little to do with nature, actually the opening noisy bands of sound smoothly descending can resemble wind-like phrases, while the fierce “metallic” dragon gestures might sound related to metal percussion sounds. Many of the sounds based on probabilities rising or falling in undulating or twisting patterns, emulate the movement of water or clouds.

Expanding Space, for tuba and computer was composed for my colleague Timothy Northcut, tubaist, based on a concept of the increasing space between people in the digital age, as well as the astronomical idea of expanding space. Again, while the original idea seems remote from life on earth, and the lengthy algorithmically mixed third and final section has an other-worldly feel, the acoustical realities of the magnificent F and C tubas, which were recorded in the underground CCM parking garage with a 10-second reverberation time, ground this piece in an earthly context.

Opening Spaces, which will be seen on the conference, is based on a Menger sponge fractal and realized in video with Blender and Unity. The structure is suspended in space, and becomes more complex as the viewer moves among various versions and parts of the fractal. While the idea is quite abstract, the sounds are made from RTcmix instruments based on physical models of acoustic instruments, a Helmholtz resonator (MBLOWBOTL()) usually in simple harmonic ratios, and a 2D Mesh instrument (MMESH2D()). Another aspect of the video which is influenced by nature is the particle systems which emits flecks of shininess that pass through the structure, in synchrony with the sounds. The opposition of the precisely configured abstract structure in space with the earthy quality of the original sounds, and the spontaneous movements of the particles, reminding one of snow or the fluffy wind-born seeds of trees gave me a surreal but surprisingly nurturing feeling.

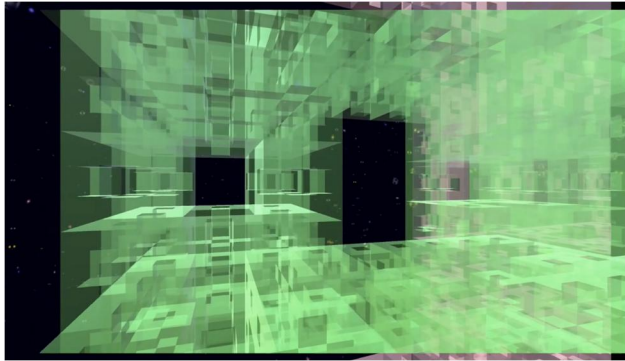
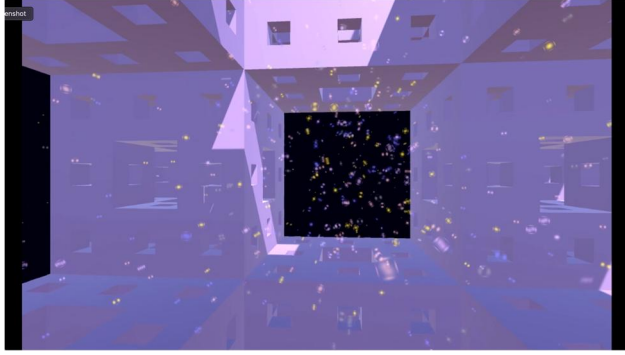
“우주” 작품들: 자연과 떨어진 혹은 자연에서?

처음에 우주에 대한 추상적인 아이디어에 기반한 일부 나의 작품들은 환경적인 음악과는 거의 반대 입장의 것으로 보인다. 우주는 물론 지구와 떨어져 있지만 자연을 바라보는 우주적 관점에서 보면 그렇지 않다.

“성운의 용” (Helmuth 2020)은 1992년 걸프전에 대응한 작품으로, 은하계 성운의 이미지를 연상시켰다. “지구의 날을 위한 노래”에서 사용했던 것과 동일한 그레놀러 합성 악기를 사용하였으나, 보다 정확히 만들어진 그레놀러의 움직임과 몇 개의 “금속성의” 사운드 (딱 들어찬 주파수 영역에 길게 지속되는 소리조각들), 서로 다르게 세분화된 시끄러운 소리덩어리들을 사용하였다. 이런 소리가 자연과는 별 관계가 없는 것처럼 보일 수 있겠지만, 부드럽게 하행하는 소음의 소리 덩어리로 시작하면 바람소리와 닮은 프레이즈를 만들 수 있고, 금속 타악기 사운드로 사나우면서 “메탈릭한” 용의 몸짓을 표현할 수도 있다. 오르내리는 확률을 바탕으로 기복이 생기거나 뒤틀리는 형태의 소리를 만들어 물이나 구름의 모양새를 재현할 수 있다.

“팽창하는 우주”는 튜바와 컴퓨터로 연주되는 작품으로, 디지털 시대에 사람들 간 공간이 증가하고 있다는 개념과 천문학적으로 우주가 팽창하고 있다는 사실에 기반하여, 나의 동료이자 튜바주자인 티모시 노스컷을 위한 곡이다. 다시 말해, 원래의 아이디어는 지구상 생명은 우주와 동떨어져 있고 장황하게 알고리즘으로 혼합된 세번째와 마지막 섹션은 다른 세계에 온 듯한 느낌을 주지만, 10초간의 잔향효과를 가미한 신시네티 주차장에서 녹음한 F튜바와 C튜바의 장엄한 음향이 이 작품을 지구상의 맥락에 머물도록 만들어버렸다.

“열린 공간”은 멩거 스폰지 프랙탈을 기반으로 하여 블렌더와 유니티를 영상으로 구현한 작품으로, 이번 서울국제컴퓨터음악제에서 곧 선보이게 된다. 그 구성은 관객이 프랙탈의 다양한 버전과 부분사이를 이동할수록 복잡해지는, 공간에 의존한 구조를 가진다. 컨셉상 꽤 추상적이게 보이지만, 기존의 악기와 간단한 배음률에 쓰이는 헬름호르츠 공명기, 2차원 메시 기기로 이루어진 물리적 모델을 바탕으로 RTcmix 악기 프로그램으로 생성된 소리로 구성된다. 자연의 영향을 받은 또다른 관점의 비디오로는 반짝임이 조각조각 소리에 동시반응하면서 방출되는 입자 시스템이 있다. 원래 지구상에서의 소리와 반대되는 정교하게 쌓아올린 추상적인 구조, 입자들이 각자 나름대로 움직이고, 눈이나 바람에 흩날리는 나무의 씨앗을 연상케하는 것들이 초현실적이면서도 놀랍게도 나를 보살펴주는 듯한 느낌을 주었다.



Figures 11 a and b. Images from *Opening Spaces* (2019) by Mara Helmuth. (video excerpt – *Opening Spaces*)

그림 11 a와 b. 마라 헬무트의 “열린 공간” (2019)의 이미지. (비디오 발췌분)

Looking Back and Ahead

This overview of my work reveals that attention to nature has frequently brought fresh insights and materials into my music. When reaching into the natural world I have not been disappointed by the creative paths that have opened before me. I think this is because I intuitively understand how to relate to places on this earth. I am attuned to my home planet sounds, textures, skies, and bodies of water. Its life forms may seem exotic at times, but because they exist on earth, discovering them simply expands the knowledge of the story of our lives, the networks of life in each niche of each ecosystem. Each trip has broadened my knowledge and experience of not only human cultures, but the context in which humans live, the other species which they eat, fear, avoid, enjoy or revere, and the earth’s structures making up the surrounding natural world.

Conservationist Rachel Carson writes in *A sense of Wonder*, “There is symbolic as well as actual beauty in the migration of the birds, the ebb and flow of the tides, the folded bud ready for the spring. There is something infinitely healing in the repeated refrains of nature – the assurance that dawn comes after night, and spring after the winter.” Humans have evolved with these ecological rhythms and their patterns provide rich materials for art.

앞뒤를 살펴봄

내 작품들을 개괄해보니 그동안 자연에 주목했던 것이 빈번히 내게 새로운 통찰력과 신선한 소재를 마련해주었다고 여겨진다. 자연의 세계에 도달하는 그 어떤 때이건 내 앞에 펼쳐진 창조적인 계획들에 실망한 적이 없었다. 나는 그 이유가 직관적으로 지구 위 공간과 어떻게 관계를 맺어야 하는지 이해하고 있기 때문이라고 생각한다. 나는 나의 고향행성의 소리와 짜임새, 하늘, 강과 바다에 맞춰져 있다. 생명체들이 이따금 달라보일수도 있겠지만, 그들은 지구에 존재하기 때문에, 그들을 발견하는 것은 단순히 우리 삶의 이야기, 각 생태계의 면면에 있는 삶의 네트워크를 확장시키는 것에 불과하다. 내가 한 각각의 여행이 인간 문화뿐 아니라 인간의 삶, 그들이 먹고 두려워하고 피하거나 즐기고 숭배하는 다른 종들, 그리고 주위 자연의 세계를 만들어낸 지구의 구성까지, 그 맥락에 대한 나의 지식과 경험을 넓혀주었다.

환경보호론자인 레이철 카슨은 “경이로움”에서 다음과 같이 썼는데, “새의 이동, 밀물과 썰물, 봄을 준비하며 접힌 꽃봉오리는 상징적이면서도 사실적인 아름다움이 있다. 밤이 가면 새벽이 오고 겨울이 가면 봄이 온다는 확신과 같이, 자연의 반복되는 후렴구에는 무한히 치유해주는 어떤 것이 있다.” 인간은 이러한 생태적 리듬에 맞춰 진화했으며 그 패턴은 예술을 위해 풍성한 재료를 준다.

In my work, for each new bird call sample, there are hundreds of granular processings, or other transformations, a few of which might complete an expressive family of sounds for a piece. For every stochastic process, there are countless potential tweaks of the algorithm which will expand the sound world in new directions. For some of these sounds, it will be immediately apparent how to employ them musically, while others will remain mysterious until I learn to understand their meaning, based on what I know from the natural and human-created world.

My original question, “Can Computer Music Save the Earth?” may best be answered by turning the question around: “Can the Earth Save Computer Music?” Over and over again I find I have drawn inspiration from natural sounds, data, concepts and algorithms. My most extended collaborative relationship is with nature. The sounds and scientific processes of earth inform, sustain, and enlighten me in the composing process. These practices are an opportunity for focusing collective energy toward sustaining our earth environment.

Acknowledgments. My collaborators, mentors and friends have included Brad Garton, Doug Scott, and John Gibson in the RTcmix world, Pauline Oliveros and the deep listeners, Judy Klein, and Esther Lamneck. I would like to thank my teachers, colleagues, students and my family. I am also grateful for the opportunity to share my music and ideas in this KEAMS conference. Finally I want to express my appreciation for this beautiful earth, undeniably diverse, complex and exquisitely nurturing.

내 작품에는, 각 새로운 새울음 샘플마다 수백가지의 그래놀러 처리나 기타 변형과정이 있으며, 몇몇은 한 곡만의 사운드 표현 모음집을 낼 수 있을 정도이다. 모든 확률적 처리과정에는, 알고리즘의 셀수없이 많은 잠재적인 변동이 있게 되고, 이가 새로운 방향의 소리 세계를 열어준다. 이런 소리 중 일부는, 음악적으로 어떻게 사용해야할지 즉시 명백히 알 수 있는 것도 있고, 다른 일부는 자연과 인간이 창조한 세상으로부터 배운 것을 바탕으로 그 의미를 이해하게 될 때까지 비밀스러운 상태에 있기도 할 것이다.

나의 첫 질문, “컴퓨터음악이 지구를 지킬 수 있을까?”는 질문을 되돌림으로써 최상의 대답이 될지도 모른다: “지구가 컴퓨터음악을 구할 수 있을까?” 나는 자연의 소리와 데이터, 개념, 알고리즘으로부터 영감을 얻어왔음을 재차 여러 번 깨달았다. 내게 최고의 협력관계에 자연이 놓여 있었다. 내가 작곡을 할 때, 이 땅의 모든 소리와 과학적 처리과정이 내게 정보를 주고, 지속시키며, 일깨워준다. 이러한 실행이 우리의 지구 환경을 유지하는데 집단적 힘을 집중시킬 기회가 될 것이다.

감사의 말. 나의 협력자이자 멘토, 친구로, RTcmix 세계의 브래드 가르톤, 도그 스캇, 존 김슨, 그리고 폴린 올리베로스와의 좋은 청취자들, 주디 클라인과 에스더 램넥이 있다. 나의 선생님과 동료, 학생들, 가족에게 감사한다. 또한 나의 음악과 아이디어들을 공유할 기회를 준 한국전자음악협회에도 감사한다. 마지막으로, 말로 다 할 수 없을 만큼 다양하고 복잡하며 세심하게 보살펴주는 이 아름다운 지구에도 감사를 표하고 싶다.

References

- Cage, J. (1981). *For the Birds: John Cage in Conversation with Daniel Charles*. London: Boyars.
- Hires, B. (2021). U.S. Fish and Wildlife Service Proposes Delisting 23 Species from the Endangered Species Act Due to Extinction. In *U.S. Fish and Wildlife Service*. https://www.fws.gov/news/ShowNews.cfm?ref=u.s.-fish-and-wildlife-service-proposes-delisting-23-species-from-&_ID=37017 Retrieved September 29, 2021.
- Fountain, H. (2021). 5 takeaways from the major new U.N. climate report. In *New York Times*. August 9. New York. Retrieved September 28, 2021.
- Helmuth, M. (2007). Abandoned Lake in Maine. In *Sound Collaborations*. CDCM computer music series 36. CRC 2903. The composer in the computer age. XI. [CD]. Baton Rouge. LA: Centaur Records.
- Helmuth, M. (2001). Loospace. In *Implements of Actuation*, EMF 023 [CD]. Electronic Music Foundation.
- Helmuth, M. (2020). Dragon of the Nebula. [streaming audio]. Soundcloud audio. 8:34. Posted Dec, 2020. <https://soundcloud.com/marahelmuth/dragon-of-the-nebula?si=877de992685248b0a572497206f80189>
- Helmuth, M. (2019). Sound Dunes. In *Sound and Video Anthology, Women in Computer Music*. 43:4. [online downloadable audio]. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ingram, D. (2006). The Clutter of the Unkempt Forest: John Cage, Music and American Environmental Thought. In *Amerikastudien/ American Studies* 51/4: 567-570. Location: Universitätsverlag WINTER GmbH. <https://www.jstor.org/stable/41158263> Retrieved October 3, 2021.
- Jones, P. (2020). Monet's Terrifying Light. In *Inside the Exhibition 846*. Chicago: Art Institute of Chicago. <https://www.artic.edu/articles/846/monets-terrifying-light> Retrieved September 28, 2021.
- Rueb, E. (2019). To Reduce Hospital Noise, Researchers Create Alarms That Whistle and Sing. In *New York Times*. July 9, 2019. New York. Retrieved October 2, 2021.
- Wilder, T. (1938). *Our Town*. New York: Coward-McCann in cooperation with S. French.

논문투고일: 2021년 10월08일

논문심사일: 2021년 11월30일

게재확정일: 2021년 12월02일

SoundLab and Electroacoustic Music in Hong Kong

Ryo Ikeshiro

SoundLab, School of Creative Media, City University of Hong Kong,
HKSAR

ryo.ikeshiro [at] cityu.edu.hk
<http://www.ryoikeshiro.com>

PerMagnus Lindborg

SoundLab, School of Creative Media, City University of Hong Kong,
HKSAR

pm.lindborg [at] cityu.edu.hk
<http://www.soundislands.com>, <http://www.permagnus.org>

The paper introduces SoundLab, a 3D spatial audio research and practice unit at the School of Creative Media, City University of Hong Kong, co-directed by PerMagnus Lindborg and Ryo Ikeshiro, and serves as a progress report. It begins with a description and its objectives involving research, artwork, teaching and outreach. It then gives a brief account of the local context of electroacoustic music in Hong Kong both in academia and in independent music and art scenes to which SoundLab aims to contribute through its activities. The overview is partly based on preliminary findings from an ongoing study based on interviews with local musicians and artists. It is followed by the design of a hemispherical loudspeaker array dedicated to high spatial resolution audio, developed after consulting a number of academic institutions with comparable facilities and programmes. Details concerning the space, equipment and usage are considered. Future plans in relation to its objectives are given in closing.

Keywords: Electro-Acoustic Music, Hong Kong, SoundLab, surround sound, spatial audio, high density loudspeaker array, progress report

Spatial sound is fundamental to creative audio and music. In the past, multichannel loudspeaker configurations were confined to concert halls and research institutions. With the recent interest in spatial audio due to the resurgence of Virtual Reality formats (Lee 2020), along with the gradual establishment of Dolby Atmos-equipped home cinemas and cinema theatres, opportunities for experiencing surround sound for the general public are increasing. Hong Kong's creative industries are multifaceted and there is no lack of entrepreneurship. However, whilst there is undoubtedly growing interest, local industry and consumers as in many places around the world do not always keep abreast of artistically and technologically progressive forms such as electroacoustic music [EAM] or sound art, and further research into spatial audio perception and content creation is necessary.

SoundLab

SoundLab, funded with an ACIM (Centre for Applied Computing and Interactive Media) Fellowship and hosted at the School of Creative Media [SCM] (Creative Media Centre, City University of Hong Kong) since November 2020, is a physical laboratory space with a loudspeaker array dedicated to high spatial resolution audio. SoundLab enables and supports a range of research, artwork, and teaching activities.

The Joint Principal Investigators Dr PerMagnus Lindborg and Dr Ryo Ikeshiro are setting out six objectives through which the SoundLab will be deployed in research, artwork, teaching, and outreach.

- Design, equip, and maintain a lab space for research in spatial audio perception and design,

with a physical hemispherical rig with 24 or more loudspeakers;

- Support research in spatial auditory perception, through perceptual evaluation of soundscape recordings under different reproduction conditions, including higher-order Ambisonics (Zotter & Frank 2019; Arteaga 2015);
- Support the creation of novel sonic artwork i.e. soundscape composition, multichannel electroacoustic music, spatial computer music;
- Conduct research into the use of sonification with spatial audio, in the context of both auditory display and art/music (e.g. Ikeshiro 2014; Lindborg 2018);
- Support existing SCM classes that have course components related to spatial audio (e.g. for film, installation, performance and games);
- Create a series of outreach events and concerts featuring spatial audio, to benefit SCM students, faculty, and practitioners in Hong Kong, and gain publicity and traction for the SoundLab.

The School of Creative Media, City University of Hong Kong, where SoundLab is housed is an interdisciplinary school which also includes computer scientists, social scientists and philosophers as well as practitioners and theorists of various art disciplines. Being in such an environment, we have consciously positioned ourselves as the “sound” faculty. Indeed, we call ourselves SoundTeam partly in order to carve out our own little niche in the mainly media-related mélange here. That is to say, for better or for worse, we are not in a dedicated

music department. Yet it is a fitting environment for SoundLab, as we will see below.

EAM in Hong Kong

For historical reasons, the scene for experimental music in Hong Kong is rather different from that of neighbouring countries and large cities, in that it is quite extroverted in its interests and sources of inspiration. Nevertheless, EAM made in Hong Kong is not well known in the West (Battier & Liao 2018). Comparatively speaking, exponents of more commercially oriented genres such as EDM might be better known abroad (Charrieras 2020).

In order to research the local scene, the authors have begun interviewing musicians and artists based in Hong Kong on the topic of EAM (by which we loosely refer to *musique concrète*, *elektronische Musik* and subsequent developments) for want of a better term. What follows are partly based on preliminary findings from our ongoing study.

As is well known, EAM began life at various national-level radio broadcast stations mostly in the West, with the one notable exception being Japan (Fronzi 2015; Chadabe 1997). It subsequently took root in academic institutions, usually in a music department, often consigned to some dusty corner where noises made by artificial means were banished.

The universities

There are, of course, numerous music departments worldwide which embrace EAM with all its delights but at first glance, this does not appear to be the case in Hong Kong. Being almost comparable to a city-state, the number of universities is obviously limited, yet some of them are highly ranked internationally. Perhaps there is an insufficient number of mid- to low-ranking institutions that can allow themselves to have more progressive music departments. Such institutions may be inclined to include less traditional music in their curriculum, and opt for music technology programs that involve sound art, computer music, and EAM composition.

Despite chasing the rankings, City University of Hong Kong [CityU] could fit this profile. Although lacking a music department, the few faculty working with sound at the School of Creative Media who have come and gone, including Samson Young, Takuro Mizuta Lippit (aka DJ Sniff) and Ken Ueno, as well as its general “creative media” environment have somehow managed to produce numerous alumni active within experimental music, or music influenced by EAM to some extent. In this respect, perhaps CityU has done more in comparison to other

universities (Yiu 2021), with superior international profiles and dedicated music departments.

Dig deeper and one may also find pockets of activity at Hong Kong Baptist University [BU], Hong Kong Academy of Performing Arts [APA], the Chinese University of Hong Kong [CUHK] and Hong Kong University [HKU] among others. However, they mainly operate in relative isolation from each other and from the local scene. Instead, their efforts are directed towards international events, which are favoured in the assessment of outputs, rather than any local endeavours (Keyes 2021).

The independent scenes

Thus it is perhaps no surprise that instead of a genuine EAM scene, we find experimental and underground music scenes where one may detect the influence of EAM if one so wishes in Hong Kong (Wu 2021; Yiu 2021). Not that there are “actually existing” EAM scenes which form and grow organically anywhere, and at least some kind of an incubator in the form of an academic institution or two or more may be required. In addition, EAM even at universities may no longer be “pure EAM”: the ivory tower has gradually been breached by music from the outside world. But through a lack of a coherent scene supported by academic institutions and their music departments in Hong Kong, the most promising avenues for EAM and its extensions are Contemporary Musiking Hong Kong (contemporary music/EAM and crossover music), the Hong Kong Composers’ Guild (contemporary music with approximately one EAM concert per year), the Hong Kong New Music Ensemble (contemporary instrumental music, sometimes with EAM), soundpocket (sound art) – all supported by the Hong Kong Arts Development Council – or underground alternatives.

In order to build a community as well as to offset the financial cost of putting on shows (and one of the highest cost of living in the world), finding new audiences may be one solution. Several agree that the support of funding bodies – the Hong Kong Arts Development Council [HKADC] is the main option (Yiu 2021) – and the use of accessible art and culture venues such as Tai Kwun (Wu 2021) or Hong Kong Arts Centre. However, support from HKADC for EAM is severely limited due to its music division not appearing to fund experimental music, with half of the aforementioned organisations receiving grants intended for supporting intermedia art instead. There is an argument to be made against chasing grants and making EAM into a career, and remaining underground (Xr 2021).

It may be the same old story as in numerous places around the world, but it does place a greater emphasis on the responsibilities for SoundLab’s outreach programme. However, a growing tendency for nurturing the local scene has been evident in recent times (Lion 2021). Hong Kong can boast one of the world’s strictest travel restrictions in its aim of reaching the holy grail of zero locally transmitted COVID-19 infections. As a

consequence, many artists from abroad have opted against visiting Hong Kong due to the requirement of a two- or three-week quarantine in a government-designated hotel. One silver lining is that the lack of international travel has promoted an increase in opportunities for local musicians and artists. Expressions of national identity have been more evident in the arts here since the 2019 pro-democracy movement, and with concerts, festivals and exhibitions focusing on Hong Kong art out of necessity (Wu 2021), now may be an opportune moment to contribute to the local scene, and to reinvent EAM for our times (Lo 2021).



Figure 1. Members of the SoundTeam preparing for acoustic measurements of subwoofers in MMT.

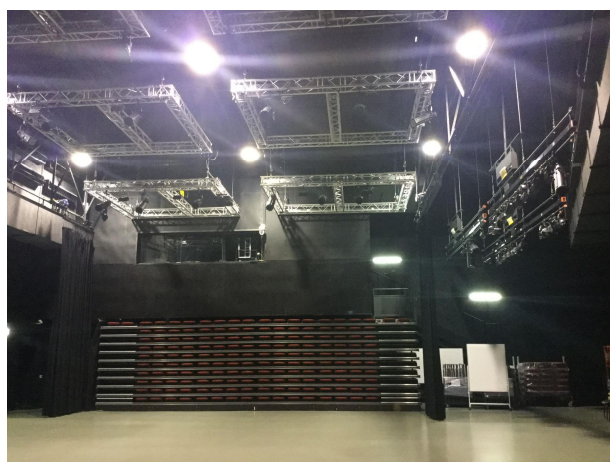


Figure 2. The space currently sports a large projection screen, truss-mounted dimmers, four curtains, and retractable seats for an audience of 150+ people.

A loudspeaker array for EAM

Two-year seed funding from ACIM allowed the authors to purchase a set of loudspeakers and other equipment, and to hire a part-time Research Assistant. As a research laboratory, we were allocated the Multimedia Theatre [MMT] at the Run Run Shaw Centre for Creative Media (see Figures 1–3). Scheduling is important as other departments and faculty also utilise the space some days

of the week. At the point of writing, part of the loudspeaker equipment has been delivered and is ready for the first phase in the installation.

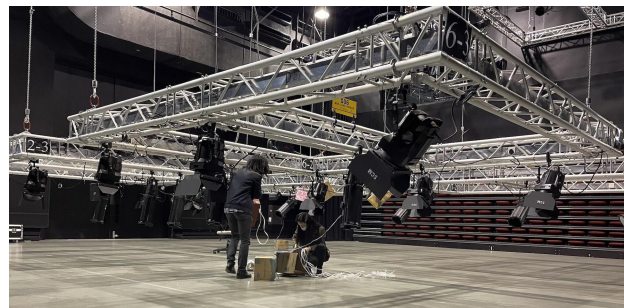


Figure 3. The space has eight individually height-adjustable truss sections. The photo is taken during tests of a mock-up loudspeaker arrangement.

As seen in the first section of this paper, the primary objective of the Fellowship was the design and construction of a high density loudspeaker array [HDLA] dedicated to 3D spatial audio. Our first task was to carefully consider design options. We contacted experts through our network and received overwhelmingly positive interest and generous advice from some of the most experienced people in the field, both on the technical side, as well as EAM composers and pedagogues teaching spatial audio as part of their curricula. Several conversations were held in December 2020 and January 2021. In no particular order, we were in Zoom meetings with the following:

- Bill Brunson, who was instrumental in the design of Kammarsalen at the Royal Academy of Music [KMH] in Stockholm, Sweden;
- Franz Zotter and Matthias Frank, who are working at the Institute for Electronic Music [IEM], at the University of Music and Performing Arts Graz, Austria;
- Eric Lyon and Tanner Upthegrove, who designed and are currently running the Cube (Lyon et al. 2016) at iCAT & Moss Center, Virginia Institute of Technology, USA;
- Natasha Barrett, professor in composition at the Norwegian Academy of Music [NMH] and NoTAM, Oslo, Norway;
- Simon Smith, who is currently the technical director at Birmingham Electroacoustic Sound Theatre [BEAST], UK, who was previously involved in setting up Kammarsalen at KMH with Brunson;
- Scott Wilson, who is the director of BEAST;
- Craig Jackson, who is Technical Manager at the Sonic Arts Research Centre [SARC], Queen's University Belfast, UK.

Together, they shared a wealth of information that allowed us to hone in on a suitable design for SoundLab. We weighed our Fellowship objectives against available resources in terms of funding, space, and manpower. The chosen design is a hemi-spherical array of 25 point sources

in three rings, plus subwoofers; see Figures 4–5. The loudspeakers are Genelec 4030a IP on a Dante (AES67) network with PoE+ switches. The set up will be semi-permanent, allowing for flexibility and expansion of the speaker arrangement as we aim to embrace the possibilities of a design process that is ongoing and open to the evolving demands of our activities.

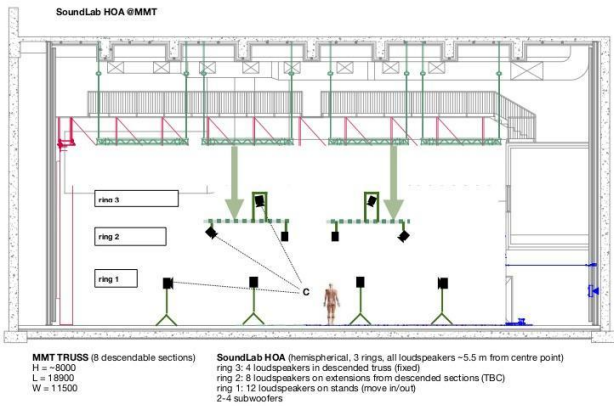


Figure 4. Side elevation of MMT with the hemi-spherical arrangement of loudspeakers (not showing subwoofers or zenith speaker).

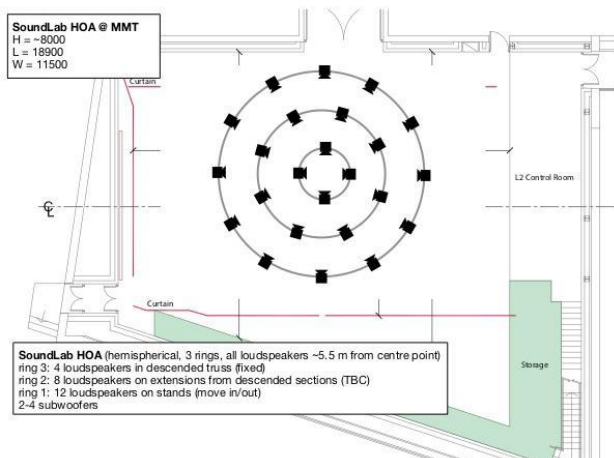


Figure 5. Top-down view of the design of the loudspeaker array (not showing subwoofers or zenith speaker).

While we had decided upon the design by mid-April 2021, purchase and delivery of loudspeakers have taken a rather long time. We enjoy good support from Genelec through Senior Technologist Tomas Lund (see e.g. Lund et al. 2019) and the company’s local distributor in Hong Kong, DMT Technologies. At the time of writing, we have received delivery of 18 speakers, and foresee completing the array by March 2022; see Figure 6.

The partial array at SoundLab will support the other objectives listed in the first section of the present paper. As for outreach events, we are organising an EAM concert with local and visiting artists at the end of 2021, and a student concert. In the coming year we are hosting the conference for Data Art for Climate Action (DACA 2022) and other public events, as well as conducting

experimental research and composing electroacoustic music.

Follow the development of SoundLab via the website, <https://soundlab.scm.cityu.edu.hk/>.

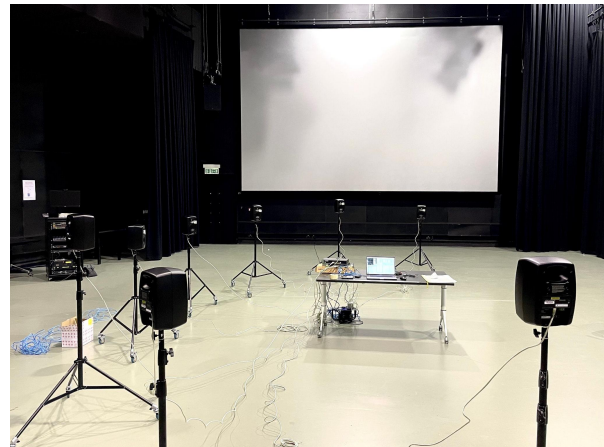


Figure 6. Testing the Genelec 4030a loudspeakers on a Dante network.

Acknowledgements

The authors thank Christopher Keyes, Giovanni Lion, Lo Yun Ting Edwin, Esther Wu, Xper.Xr, and Yiu Siu Lung Alex, for their help in agreeing to be interviewed. We also thank Natasha Barrett, Bill Brunson, Matthias Frank, Craig Jackson, Tomas Lund, Eric Lyons, Simon Smith, Tanner Upthegrove, Scott Wilson, and Franz Zotter, for their advice to the design of SoundLab.

References

- Arteaga, Daniel. (2015). Introduction to Ambisonics. *Escola Superior Politècnica*. Universitat Pompeu Fabra. Barcelona, Spain.
- Battier, Marc/ Liao, Lin-Ni. (2018). Electronic Music in East Asia. In *The Routledge Research Companion to Electronic Music*: 49-76. Routledge.
- Chadabe, J. (1997). *Electric sound: the past and promise of electronic music*. Pearson.
- Charrieras, Damien. (2020). *Fractured Scenes: Underground Music-Making in Hong Kong and East Asia*. Springer Nature.
- DACA. (2022). *Proceedings of 1st Conference on Data Art for Climate Action*. Hong Kong, Graz, and the Internet. January 12-15.
- Fronzi, G. (2018). Aesthetics of Electroacoustic Music. In *International Lexicon of Aesthetics*. Milano, Mimesis.
- Ikeshiro, Ryo. (2014). Audification and Non-Standard Synthesis in Construction in Self. *Organised Sound* 19/1: 78.
- Keyes, Christopher J. (2021). Email Interview. By PerMagnus Lindborg and Ryo Ikeshiro.

- Lee, Hyunkook. (2020). A Conceptual Model of Immersive Experience in Extended Reality.
- Lindborg, PerMagnus. (2018). Interactive Sonification of Weather Data for the Locust Wrath, a Multimedia Dance Performance. *Leonardo* 51/5: 466-74.
- Lion, Giovanni. (2021). Email Interview. By PerMagnus Lindborg and Ryo Ikeshiro.
- Lo, Yun Ting Edwin. (2021). Email Interview. By PerMagnus Lindborg and Ryo Ikeshiro.
- Lund, Thomas/ Aki Mäkivirta/ Siamäk Naghian. (2019). Time for Slow Listening. *Journal of the Audio Engineering Society* 67/9: 636-40.
- Lyon, Eric/ Terence Caulkins/ Denis Blount/ Ivica Ico Bukvic/ Charles Nichols/ Michael Roan/ Tanner Upthegrove. (2016). Genesis of the Cube: The Design and Deployment of an Hdl-Based Performance and Research Facility. *Computer Music Journal* 40/4: 62-78.
- Wu, Esther. (2021). Email Interview. By PerMagnus Lindborg and Ryo Ikeshiro.
- Xr, Xper. (2021). Email Interview. By PerMagnus Lindborg and Ryo Ikeshiro.
- Yiu, Siu Lung Alex. (2021). Email Interview. By PerMagnus Lindborg and Ryo Ikeshiro.
- Zotter, Franz/ Matthias Frank. (2019). *Ambisonics: A Practical 3d Audio Theory for Recording, Studio Production, Sound Reinforcement, and Virtual Reality*. Springer Nature.

[Abstract in Korean | 국문 요약]

홍콩의 사운드실험실과 전자음악

료 이케시로 / 퍼마그너스 린드보르그

이 글은 퍼마그너스 린드보르그와 료 이케시로가 공동감독한 홍콩성시대학교 크리에이티브 미디어 대학의 3차원 공간 오디오 연구 및 실습 부서인 사운드실험실을 소개하고, 진행보고서로서의 역할을 한다. 연구물과 예술작품, 교육 및 지원활동에 대한 설명과 목표로 논의를 시작한다. 이어, 사운드실험실의 활동과 기여할 목표인 학계와 독립음악을 포함한 예술계의 현장, 두 곳 모두에서 홍콩의 전자음악의 지역적 위상과 면모에 대하여 간략히 이야기한다. 개괄한다면, 부분적으로 지역의 음악가와 예술가들과의 인터뷰를 기반으로 진행중인 연구에서 예비조사한 결과에 바탕을 두었다. 그리고 나서, 필적할만한 시설과 프로그램을 갖춘 많은 학술기관과 협의를 거쳐 개발한 고해상도의 오디오에 사용되는 반구형 스피커 어레이를 고안한 것에 대하여 논의한다. 공간과 장비, 용도에 대한 세부적 내용도 감안하였다. 목표에 관련된 향후 계획으로 마무리한다.

주제어: 전자음악, 홍콩, 사운드랩, 서라운드 사운드, 공간 오디오, 고밀도 스피커 어레이, 진행 보고서.

논문투고일: 2021년 10월19일

논문심사일: 2021년 11월30일

게재확정일: 2021년 12월02일

Visiting the Virtual: Performance Practice in the Virtual Artworks of Rob Hamilton and Christof Ressi

Barbara Lüneburg

Department of Theory and History / Doctoral Programmes,
Anton Bruckner Private University, Austria
Barbara.lueneburg [at] bruckneruni.at
<http://www.bruckneruni.at>

Korean-translated by Jae Eun Jung, Ji Youn Kang

When moving in the context of computer games, contemporary multimedia music and classical instrumental performance practice, we find ourselves confronted with the different creative aesthetics and goals, agents, and peer groups that are pertinent to each specific context. This multiplicity not only affects the works created, but also has an impact on the audience's expectations and perceptions. It also touches the work of the performer on several levels. In "Visiting the Virtual," I will explore the manner in which elements of computer games incorporated into audiovisual artwork in live concert situations achieve an aesthetic effect and performative impact on both the work of the performer and the audience's perception.

Keywords: Game-related audiovisual composition, virtual reality, agency in performance, computer games, contemporary multimedia music.

The artistic research project *GAPPP – Gamified Audiovisual Performance and Performance Practice*, which offered me the framework for this investigation, was funded by the Austrian Science Fund as a multiannual project in artistic research (PEEK AR 364-G24). The project was conceived and led by the composer and audiovisual artist Marko Ciciliani. It ran from 2016 to 2020 and was based at the Institute of Electronic Music and Acoustics (IEM) of the University of Music and Performing Arts Graz. With GAPPP we set out to develop a thorough understanding of the potential of game-based elements in audiovisual works in the context of contemporary Western art music. New audiovisual works formed the point of departure for our research. These works were created for GAPPP, each addressing specific research questions we wanted to investigate. While one main focus lay on musical applications, all artistic projects that emerged were conceived as audiovisual art, and accordingly the visual and interactive components of the artworks have been as important for our investigation as the musical elements.

This article is part of the monograph *Ludified* (edited by Marko Ciciliani, Barbara Lüneburg and Andreas Pirchner, released in January 2021), and is published here with the kind permission of the publisher The Green Box, Berlin.

가상으로의 방문: 롭 해밀튼과 크리스토프 레시의 가상 예술작품에서의 연주 실제

바바라 뤼네부르크

이론 역사학과 / 박사과정,
안톤 브루크너 사립대학교, 오스트리아
Barbara.lueneburg [at] bruckneruni.at
<http://www.bruckneruni.at>

정재은, 강지윤 번역

컴퓨터 게임, 현대 멀티미디어 음악 및 고전 기악 연주 실제의 관점에서 볼 때, 우리는 이를 기반한 서로 다른 창의적인 미학과 목표, 주체(에이전트) 및 동료들과 직면하게 된다. 이러한 다양성은 창작품뿐만 아니라 관객의 기대와 인식에도 영향을 미치고, 여러 단계를 거쳐 연주자의 작업에 관여하기도 한다. 나는 "가상으로의 방문"을 통해, 라이브 공연에서 시청각 예술 작품과 통합된 컴퓨터 게임의 어떠한 요소들이 연주자의 작업과 관객의 인식 모두에 영향을 미치는지 다를것이다.

주제어: 게임 관련 시청각 작곡, 가상 현실, 공연 에이전시, 컴퓨터 게임, 현대 멀티미디어 음악.

예술 연구 프로젝트 '게임화된 시청각 공연 및 연주 실제(GAPPP – Gamified Audiovisual Performance and Performance Practice)'는 이 조사의 틀을 제공한 예술 연구에 대한 다년 간의 프로젝트(PEEK AR 364-G24)로 오스트리아 과학 기금의 지원을 받았다. 이 프로젝트는 작곡가이자 시청각 아티스트인 마르코 시칠리아니(Marko Ciciliani)가 구상하고 이끌었으며, 2016년부터 2020년까지 그라츠 음악 및 공연 예술 대학 (University of Music and Performing Arts Graz)의 전자 음악 및 음향 연구소 (Institute of Electronic Music and Acoustics (IEM))에 기반을 두고 진행되었다. GAPPP 를 통해 우리는 현대서양음악에서 시청각 작품의 게임 기반 요소들이 가진 잠재력에 대한 총체적인 이해를 하기 시작하였다. 우리의 연구는 새로운 시청각 작품들로부터 시작되었는데, 이 작품들은 GAPPP 를 위해 창작되었으며, 우리가 궁금해했던 특정 연구 질문들이 각 작품에서 다루어졌다. 각 작품의 중점은 음악에 기반을 하고 있지만, 시청각 예술로의 인식에서 부터 출발했다. 따라서 우리의 연구에서 이 예술 작품들의 시각과 상호 작용 요소들은 음악적 요소들만큼 중요하다.

이 글은 논문 *Ludified* (마르코 시칠리아니, 바바라 뤼네부르크 및 앙드레아 피츠너가 편집하여 2021년 1월에 발표)의 일부이며 출판사 The Green Box, Berlin 의 허가를 받아 여기에 게재된다.

Introduction and Research Questions

When moving in the context of computer games, contemporary multimedia music and classical instrumental performance practice as we do in GAPPP, we find ourselves confronted with the different creative aesthetics and goals, agents, and peer groups that are pertinent to each specific context. This multiplicity not only affects the works created, but also has an impact on the audience's expectations and perceptions. It also touches the work of the performer on several levels.

In "Visiting the Virtual," I will explore the manner in which elements of computer games incorporated into audiovisual artwork in live concert situations achieve an aesthetic effect and performative impact on both the work of the performer and the audience's perception. Furthermore, I will explore how the use of virtual reality influences this situation. I will do so by looking in detail at two different case studies, Movement II of *Trois Machins de la Grâce Aimante* (2018), a virtual reality string quartet by Rob Hamilton, and *Terrain Studies* (2019), an audiovisual composition for solo instrumentalist and virtual reality system by Christof Ressi. Both works are located within a 'virtual reality' that unfolds behind the VR glasses of the performer(s) and a 'physical reality' that is shared with the audience and bears traces of the virtual. My investigation of these cases will therefore address the representational spaces in which the works unfold, namely the physical space of the concert performance and the virtual space in which large parts of the performance take place.

Following on from two earlier papers of mine that were concerned with other GAPPP works (Lüneburg 2018a and b),² I will touch on questions such as: how does the space of possibility afforded to the performer through the game system, software design, and interfaces influence the players' ludic and performative involvement and range of expression in live concert situations? How do the different spaces influence the performers' tasks and the audience's perception? How prominently does the audience experience associations with games and how is this feeling established in both audience and performers?

Analytical Tool and Theoretical Background: Ciciliani's Polar Diagram and the "Space of Possibility"

My analysis of Hamilton's and Ressi's works seeks to identify creative agencies in the system design and interactivity that give the performer a sense of meaningfulness. According to Salen and Zimmermann, "*Meaningful play* occurs when the relationship between actions and outcomes in a game are both *discernible* and *integrated*

소개 및 연구 질문

GAPPP 에서의 연구에서와 같이, 우리는 컴퓨터 게임, 현대 멀티미디어 음악 및 고전 기악 연주 실제의 관점에서 이를 기반한 서로 다른 창의적인 미학과 목표, 에이전트 및 동료들과 직면하게 된다. 이러한 다양성은 창작된 작품에 영향을 미칠 뿐만 아니라 관객의 기대와 인식에도 영향을 미친다. 또한 여러 단계에서 연주자에게 영향을 준다.

나는 "가상으로의 방문"("Visiting the Virtual")를 통해, 라이브 공연에서 시청각 예술 작품과 통합된 컴퓨터 게임의 어떠한 요소들이 연주자의 작업과 관객의 인식 모두에 영향을 미치는지 다룰 것이다. 또한 가상 현실의 사용이 이러한 상황에 어떤 영향을 미치는지 살펴보고 싶다. 록 해밀턴(Rob Hamilton)의 가상 현실 현악 4 중주곡인 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들' 중 2 악장 (Movement II of *Trois Machins de la Grâce Aimante*) (2018)과 크리스토프 레시(Christof Ressi)의 솔로 연주자와 가상 현실 시스템을 위한 시청각 작품인 '지형 연구(Terrain Studies)' (2019)의 서로 다른 두 가지 사례 연구를 통해 자세히 살펴보고 싶다. 두 작품은 연주자들의 가상 현실 안경 너머로 펼쳐지는 '가상 현실'과, 관객과 공유되는 동시에 가상의 흔적을 가지고 있는 '물리적 현실'안에 있다. 따라서 이 사례들에 대한 나의 연구는 작품들이 실현되는 대표적인 공간들, 즉 공연의 물리적 공간과, 공연의 많은 부분들을 차지하는 가상 공간을 다룰 것이다.

다른 GAPPP 작품들(Lüneburg 2018a 및 b)과 관련된 두 개의 이전 논문들에 이어, 내가 다루게 될 질문들은 다음과 같다. 게임 시스템, 소프트웨어 디자인 및 인터페이스는 실황 공연에서 연주자의 유희적 연주적인 참여 및 표현의 범위에 어떻게 영향을 줄 것인가? 서로 다른 공간은 연주자의 작업과 청중의 인식에 어떤 영향을 미칠까? 청중은 게임과의 연관성을 얼마나 확실하게 경험하며, 어떻게 청중과 연주자 모두에게 이런 확실성이 주어질까?

분석 도구 및 이론적 배경: 시칠리아니의 극좌표와 "가능성의 공간"

해밀턴과 레시의 작품 분석은 연주자에게 의미를 가지게 해주는 시스템 디자인과 상호작용에 나타나는 창의적인 주체성을 발견하는 것을 목표로 한다. 살렌과 짐머만에 따르면 "놀이의 의미는, 게임을 하면서 행동과 결과 사이의 관계가 식별 가능하고 그것이 게임의 더 큰 개념과 통합되어 있다는 것을 알 때에 부여된다" (Salen and Zimmermann 2004: 34).

into the larger context of the game” (Salen and Zimmerman 2004: 34). In GAPP works, meaningful play is pertinent to the particular space of possibility they offer. This “space of possibility” is the space of all possible actions and meanings that can emerge during the performance of the ludified artwork. This concept ties together meaning, design systems, and interactivity, and directly influences the performers’ creative strategies and goals, musical objectives, and capacity to share their artistic experiences with the audience.

In order to include both an internal and external perspective in my research, I draw data from my own artistic observations as a performer of both works and from the collaboration with composers and coplayers. Additionally, I code and analyze interviews with composers, performers and audience focus groups. Audio and video documentation from GAPP’s work labs and lab concerts complete the data collection and offer a further source of information when analyzing the artworks and situations in question. I apply Marko Ciciliani’s polar diagram for the analysis of gamified audiovisual works (see figure 1) as a tool with which to analyze the two case studies. Since the polar diagram is explained in detail in the chapter “A Polar Diagram for the Analysis of Gamified Audiovisual Works,” I will offer only a brief summary of its structure and my use of it here.

The polar diagram was created as a visualization tool that provides an overview over key criteria relevant for ludified works. The diagram is divided into an upper half, which describes the work with regard to aspects of its composition, and a lower half, which reveals the performance-related perspective. Five continuous axes cross both halves, called interface axis, determinism axis, agency axis, presence axis, and ludus axis. Each depicts two parameters that refer either to the same or to closely related phenomena.

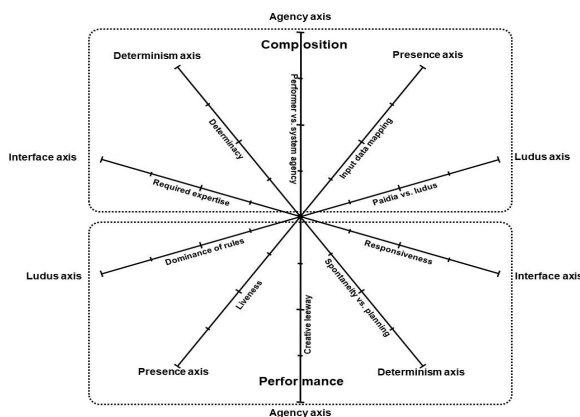


Figure 1. Polar diagram developed by Marko Ciciliani to describe ludified audiovisual compositions and the criteria that determine their space of possibility.

GAPP 작품들에서 의미 있는 놀이는 이 작품들이 제공하는 특정한 “가능성의 공간”과 관련되어 있다. 이 “가능성의 공간”은 놀이화된 작품들의 공연 중에 나타날 수 있는 모든 가능한 행위와 의미의 공간이다. 이 개념은 의미, 디자인 시스템 및 상호작용을 결합시킬 뿐만 아니라, 연주자의 창의적인 전략과 목표, 음악적 추구, 그들의 예술적 경험을 관객과 공유할 수 있는 영역에 직접적인 영향을 미친다.

이 연구의 내적 및 외적 관점을 모두 포함하기 위해, 나는 두 작품의 연주자로서의 예술적 관점과 작곡가들 및 공동 연주자들과의 협업을 통해 정보를 얻는다. 또한 나는, 작곡가들, 연주자들 및 청중들과의 인터뷰를 진행하고 분석한다. GAPP 작업실과 실험 공연들로부터 얻은 오디오 및 비디오를 문서화하여 데이터 수집을 완료하고, 의미 있는 예술 작품들과 상황을 분석할 때에는 추가 정보 소스를 제공한다. 마르코 시칠리아니의 극좌표(그림 1 참조)는 게임화된 시청각 작품의 분석을 위해 두 사례 연구를 분석하는 도구로 사용된다. 극좌표는 “게임화된 시청각 저작물 분석을 위한 극좌표 (A Polar Diagram for the Analysis of Gamified Audiovisual Works)”에 자세히 설명되어 있으므로, 여기서는 그 구조와 내가 그것을 어떻게 사용했는지에 대해 간략히 설명하겠다.

이 극좌표는 놀이화한 작품들과 관련된 주요 기준들에 대한 개요를 제공하는 시각화 도구로서 만들어졌다. 도표의 위쪽은 작품의 작곡적 측면(Composition)을 설명하며, 아래쪽은 연주적 측면(Performance)을 나타낸다. 5 개의 연속되는 축인 인터페이스(interface) 축, 결정 (determinism) 축, 수행(agency) 축, 존재(presence) 축 및 규칙(ludus) 축들은 양쪽 절반을 가로질러 있으며, 이 각각의 축은 두개의 매개변수가 동일 선상에 있는지 밀접한지를 보여준다.

그림 1. 놀이화한 시청각 작품들과 그들의 가능성의 공간을 결정하는 기준들을 나타내기 위해 마르코 시칠리아니가 개발한 극좌표.

The interface axis visualizes how much expertise the performer requires to use the interface of an artwork and its responsiveness to the performer's actions. The determinism axis relates to the technological system's algorithmic configuration. It depicts the degree of determinism given through the compositional system and how this translates to the performer. On the performance side it indicates whether the underlying ludified interactive system requires spontaneous actions and decisions, or whether it allows the performer to plan the interpretation of all the performance's details. The third axis represents the musical and performative agency of the performer in comparison to the agency of the system and the creative leeway granted to the player. The presence axis illustrates how input data is mapped in the artistic result. On the performance side of the diagram, the term "liveness" signifies how "aesthetically meaningful differences in the input sound are mapped to aesthetically meaningful differences in the output sound" (Croft 2007: 61). In other words, this parameter indicates to which degree the system is experienced as an extension of the instrument the performer uses. It includes not only the sonic representation but also potential visual translations of the performers' actions. On the diagram's compositional half, the complementary term "input data mapping" refers to the quantity of data extracted from the performers' playing that are used to trigger sonic or visual events.

The ludus axis demonstrates where the emphasis lies within the gamified system: on either ludus or paidia on the composition half, or on the dominance of rules (game-driven versus performance-driven rules of play) on the performance half. I adopt the definitions of "ludus" and "paidia" by game researchers Salen and Zimmerman (2004), who define these categories as addressing "a structural understanding of games, a continuum of relationships between structure and play. If for example play edged closer to the ludus end of the spectrum the rules become tighter and more influential. Located on the other end of the spectrum, paidia-based play eschews rigid formal structures in exchange for more free-wheeling play" (Salen and Zimmerman 2004: 309).

In the diagram, the values for each parameter are marked graphically. By connecting these marks, a shape results that allows for an intuitive comparison of graphs based on different works. In the following analyses, I concentrate on the agencies and interfaces given to the performers and their influence on the players' ludic and performative involvement. I investigate the way in which the systems developed further the range of expression in live concert situations and the conditions for the players' inner involvement or noninvolvement. A special focus will lie on comments by members of the audience, which serve as an external perspective (for a detailed description of the demographics of the audience, cf. "lab concert" in the Glossary in this volume).

인터페이스 축은 연주자가 예술 작품의 인터페이스를 사용하는 데 필요한 전문성과 연주자의 행동에 대한 반응을 시각화한다. 결정 축은 기술적 시스템의 알고리즘 구성과 관련이 있는데, 이는 작곡 시스템을 통해 주어진 결정의 정도와 이것이 연주자에게 어떻게 해석되어 전달되는지를 보여준다. 좌표 하단의 연주적 측면에서 이 축은 놀이화한 상호 작용 시스템이 자발적인 행동과 결정을 요구하는지, 또는 그것이 연주자가 모든 공연의 세부 사항에 대한 해석을 계획할 수 있도록 허용하는지 여부를 나타낸다. 세 번째 축은 연주자의 음악적, 연주적 수행능력(agency)을 시스템의 주체와 연주자에게 부여된 창의적 자유를 비교하여 보여준다. 존재 축은 입력 데이터가 어떤 예술적 결과를 가져오는지 보여준다. 도표의 연주적 측면에서 "생생함(liveness)"이라는 용어는 "서로 다르게 입력된 소리들의 미학적으로 의미 있는 차이가 어떻게 출력 음향의 미학적으로 의미 있는 차이를 가져오는지" 의미한다.(Croft 2007: 61). 다시 말해서, 이 매개변수는 연주자가 사용하는 악기의 확장이 시스템을 통해서 얼마나 경험될 수 있는지를 나타낸다. 이는 소리와 함께 잠재적인 연주자의 행동을 시각적으로 변환하여 보여준다. 도표의 왼쪽 작곡의 영역에서, 대체 용어인 "입력 데이터 매핑(input data mapping)"은 연주자들이 연주할 때 소리 또는 시각적 이벤트들을 작동시키는 데 사용되는 데이터의 양을 말한다.

규칙(ludus) 축은 게임화된 시스템 내에서 강조되는 부분이 작곡 영역에서 규칙을 기반으로 했는지(ludus) 유희를 기반으로 했는지를(paidia) 보여주며, 그리고 연주 영역에서는 우세한 규칙(게임 기반 또는 연주 기반 실행 규칙)이 무엇인지를 보여준다. 나는 게임 연구원인 살렌과 짐머만의 "규칙을 기반으로 함"과 "유희를 기반으로 함"에 대해 내린 정의들(2004)을 적용했다. 그들은 "게임의 구조적 이해, 구조와 놀이의 관계들의 연속체"를 언급하면서, "놀이가 스펙트럼의 규칙성 끝에 가까워지면 규칙은 엄격해지고 영향력은 커지며, 스펙트럼의 반대편에 위치한 유희를 기반으로 한 놀이는 보다 자유로운 놀이를 위해서 엄격한 형식을 피한다" (Salen and Zimmerman 2004: 309)고 하였다.

각 매개변수의 값은 도표에 좌표로 보인다. 이 값들을 연결함으로써 서로 다른 작품들의 도표들을 직관적으로 비교할 수 있게 된다. 다음의 분석들에서 나는 연주자들에게 주어지는 에이전시와 인터페이스가 연주자들의 놀이적, 수행적 참여에 미치는 영향에 집중한다. 나는 그 시스템들이 실황 공연에서 어떻게 연주자의 표현의 범위를 발전시키는지, 또 연주자들의 내적 참여 또는 비참여의 조건은 무엇인지를 살펴본다. 전혀 다른 관점의 역할을 하는 청중들의 논평에도 특별히 다루어질 것이다. (청중의 수와 관련된 통계에 대한 자세한 설명은 이 책의 용어집에 있는 "실험 공연 (lab concert)" 참조).

Having defined the underlying terms and briefly explained the polar diagram, I will now investigate the following two case studies: Movement II of *Trois Machins de la Grâce Aimante* by Rob Hamilton and Christof Ressi's *Terrain Studies*. I analyze Ressi's work from the perspective of my own performance at the world premiere. For this book, however, *Terrain Studies* has been documented in the performance of clarinet player Szilárd Benes, Christof's long-time collaborative artistic partner.

Case study 1: Rob Hamilton's *Trois Machins de la Grâce Aimante*

Rob Hamilton's *Trois Machins de la Grâce Aimante* is an artwork for a virtual reality string quartet and a computer system. Its second movement was premiered in 2018 at the Cube of the IEM Graz by Barbara Lüneburg (1st violin), Osman Eyublu (2nd violin), Francesca Piccioni (viola), Myriam García Fidalgo (violoncello), and Rob Hamilton (VR system), the same instrumentalists who are featured in the documentation on the included USB stick. In this work, the musicians do not perform on their acoustic instruments, but on the "Coretet", which is a family of virtual musical instruments. The Coretet's concept and design stems directly from traditional string instruments (violin, viola, and violoncello). However, the Coretet itself is entirely virtual and played via a VR system. The players sit back to back and their faces are covered by VR goggles. Through the goggles, they see their virtual instruments, which they control through wireless controllers and by emulating the typical movements of playing physical string instruments.



Figure 2. Performers on the virtual instrument "Coretet". © ndbewegtbild

In Rob Hamilton's own words, in *Trois Machins de la Grâce Aimante* he explores the 'virtual' versus the 'real' through the performers' musical and performative handling of the digital instrument Coretet.

I built a virtual model that allows the performers to use the same performative gesture that they learned on acoustic instruments to push data into this virtual model. So, with the goal of making this feel and sound and act like a traditional bowed instrument, we can then depart and do anything ... The focus here is on the instrument and on the performers. (Hamilton 2018)

기본 용어들을 정의하고 극좌표를 간략하게 설명했으므로 이제 롭 해밀턴의 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들' 중 2 악장과 크리스토프 레시의 '지형 연구'라는 두 가지의 사례 연구를 살피고자 한다. 나는 세계 초연에서 내가 직접 연주한 관점에서 레시의 작품을 분석한다. 그러나 이 책에서 '지형 연구'는 크리스토프의 오랜 음악적 파트너인 클라리넷 연주자 지랄드 베네스(Szilárd Benes)의 관점으로 기록되었다.

사례 연구 1: 롭 해밀턴의 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'

롭 해밀턴의 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'은 가상 현실 현악 4 중주와 컴퓨터 시스템을 위한 작품이다. 2 악장은 2018년 아이이엠 그라츠(IEM Graz)의 큐브(Cube)에서 바바라 뤼네부르크(Barbara Lüneburg)(제 1 바이올린), 오스만 유블루(Osman Eyublu)(2 바이올린), 프란체스카 피치오니(Francesca Piccioni)(비올라), 미리암 가르시아 피달고(Myriam García Fidalgo)(첼로), 롭 해밀턴 (VR 시스템)에 의해 초연되었다. 포함되어 있는 USB 드라이브의 설명서에 등장하는 바로 그 연주자들이다. 이 작품에서 음악가들은 그들의 악기들로 연주하는 것이 아니라 가상 악기인 "Coretet"으로 연주한다. Coretet의 개념과 디자인은 전통적인 현악기(바이올린, 비올라, 첼로)에서 가지고 왔다. 그러나 Coretet은 완전히 가상이며 가상 현실 시스템을 통해 재생된다. 연주자들은 가상 현실 고글을 쓰고 서로 등진 채 앉아서 고글을 통해 가상 악기를 보고, 무선 컨트롤러를 사용하여 실제 현악기를 연주하듯이 이 악기를 연주한다.

그림 2. 가상 악기 "Coretet"의 연주자. © ndbewegtbild

롭 해밀턴의 말에 따르면, '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'에서 그는 연주자들이 디지털 악기 Coretet을 음악적, 연주적으로 어떻게 다루는지를 통해서 '가상'과 '실제'를 탐구하였다.

내가 만든 가상 모델은 연주자들이 전통적인 악기에서 학습한 것과 동일한 연주 방법을 사용할 수 있게 해주며 데이터를 입력할 수 있다. 전통적인 현악기와 같은 느낌, 소리 그리고 행동을 구현하겠다는 목표를 가지고 시작한다면 어떻게 시작해야 할지 알 수 있으며, 어떤 실험이건 가능하다 ... 여기에서의 초점은 악기와 연주자들이다. (Hamilton 2018)

Visually, the string quartet is represented in three forms: as a projected highly stylized image of its avatars on the main-stage screen, through the bodily performance of the players on stage, and as an image of their individual instrument projected behind the players' VR glasses. Hamilton uses physical modelling to computationally simulate the reaction of a string to bow pressure and velocity, as well as to being played by different parts of a bow.

However this sound, while it sounds like a string, it does not sound like a violin or a cello. There is an incredible rich harmonic spectrum that is abrasive and distorted and has all kinds of bizarre non-linear characteristics that are hard to control, and yet, these performers are doing a great job controlling it. So working with this constraint, forced me to really focus on making the instrument behave in a traditional sense, even though it is already an extension of that tradition. (Hamilton 2018)

The instrumentalists explore the Coretet in the given virtual environment and play with it without any pre-determined game-related obligations, such as fulfilling specified objectives or following goals. Their performance space is the world that unfolds behind their VR goggles, which is designed as a white space that is additionally projected onto the main-stage screen for the audience: "My intention was that this was a neutral, blank space ... There is no semantic content in that environment, no context that I am trying to convey as an artist at all" (Hamilton 2018). However, the performers' field of vision is filled first and foremost by their own virtual instrument. If they want to see their fellow musicians, who are depicted as abstract avatars hovering in the virtual void, they have to deliberately turn towards them.

The relationship of how the performers are sitting in physical space versus in virtual space has become very interesting in that in physical space the performers are seated in a circle facing away one from another, and yet, the representations in virtual space are exactly the opposite: facing one another in traditional string quartet formation. (Hamilton 2018)

The musicians' sensory experience is split. Their instruments are virtual without a physical body, which means that the musicians are literally playing the air. Their visual experience is determined by the virtual view behind their VR glasses, their sonic experience is based in the physical reality transmitted through the loudspeakers of the performance space, and their haptic experience is reduced to pushing the buttons of their controllers and moving their arms through the air while emulating string player movements. They have to perform in two worlds: the virtual world in which they create the music, and the physical world in which the audience subsequently experiences it.

현악 4 중주는 다음 세 가지 형태로 시각화 된다: 무대 화면에 투영되는 고도로 양식화된 아바타들의 이미지, 무대 위의 연주자들의 연주, 그리고 연주자의 가상 현실 안경에 투영되는 개별 악기의 이미지. 해밀턴은 현 위에서 활의 압력과 속도, 그리고 활의 다른 부분들에서 연주되는 현의 반응을 계산하여 시뮬레이션 하기 위해 피지컬 모델링을 사용한다.

그러나 이 소리는 현악기처럼 들리지만 바이올린이나 첼로와는 다르다. 여기에는 거칠고 왜곡되고 제어하기 어려운 온갖 기이한 비선형 특성을 보이는, 믿을 수 없을 정도로 풍부한 화성적 스펙트럼이 있는데, 연주자들은 이 소리들을 훌륭하게 제어하고 있다. 따라서 이러한 제한 때문에 나는 이미 전통적 현악기의 연장선에 있는 이 악기를, 더욱 전통적 현악기와 같이 연주되는데에 집중했다. (Hamilton 2018)

연주자들은 주어진 가상 환경에서 Coretet 을 탐구하고, 특정 목적의 충족 또는 이행과 같이 게임과 관련된 아무런 정해진 의무 없이 연주한다. 그들의 연주 공간은 가상 현실 고글 이면에 펼쳐지는 세계로, 관객을 위해 무대 화면에 추가로 투영되는 여백으로 설계되었다. "나는 이 공간은 중립적이고 빈 공간으로 보았다. ... 이런 환경에는 의미론적인 내용도, 아티스트로서 전달하려는 내용도 전혀 없다." (Hamilton 2018) 그러나 연주자의 시야는 우선 자신의 가상 악기로 채워진다. 그들이 가상의 허공에 떠 있는 추상적인 아바타로 보여지는 동료 뮤지션들을 보고 싶다면 일부러 그들 쪽으로 시선을 돌려야 한다.

실제 공간과 가상 공간에서 연주자들이 앉는 방식을 보면, 실제 공간에서는 원 안에서 바깥쪽을 바라보며 앉는 데 반해, 가상 공간에서는 전통적인 현악 4 중주의 형태로 서로 마주보고 앉는데 이는 매우 흥미로웠다. (Hamilton 2018)

연주자들의 감각적 경험은 여러 갈래로 나누어진다. 그들의 악기는 실체가 없는 가상이고, 이는 말 그대로 공기를 연주한다는 의미이다. 그들의 시각적 경험은 가상 현실 안경 뒤의 가상 시야에 의해 결정되고, 그들의 청각적 경험은 공연 공간의 스피커들을 통해 전달되는 물리적 현실에 기반을 두고 있으며, 촉각적 경험은 콘트롤러의 버튼을 누르고 현악기 연주자들의 팔 움직임을 모방하여 공중에서 팔을 움직이는 것으로 축소된다. 그들은 그들이 음악을 만드는 가상 세계와 관객이 경험하는 실제 세계의 두 가지 세계에서 공연해야 한다.

In musical terms, the performers are guided by a graphical score on the basis of which they improvise and explore the Coretet. The score subdivides Movement II³ of *Trois Machins de la Grâce Aimante* into six parts while indicating the formal build-up and musical atmospheres. Hamilton allocates a different harmonic principle to each section of the movement by quantizing the fingerboard of the virtual instrument according to different pitch-class settings. He traverses the range by increasingly diminishing the pitch intervals in each section from major triads to a pentatonic scale, a whole-tone scale, a chromatic scale, and finally a nonquantized scale that offers free choice of pitch. The musicians' actions are focused upon exploring both the music and the virtual instrument. From the audience's perspective, the projection of the virtual environment onto the main screen and stage props such as individual computers for each player, wearables such as VR glasses and game controllers, and even the playful staging of the quartet back to back effectively set the stage in terms of the game experience.

Next I will apply the polar diagram to the second movement of *Trois Machins de la Grâce Aimante*. Before I do so, I would like to highlight that I am talking about an experience with a virtual instrument that at that time existed as a prototype only and had never been tested before in a concert situation. Difficulties and limitations in handling the instrument were to be expected. And although we will hear criticism from the performers, they also saw great potential in the instrument and enjoyed performing *Trois Machins de la Grâce Aimante*. Hamilton has developed a highly sophisticated setting with great artistic promise of which we will hopefully hear and see more in the future.

Applying the Polar Diagram to *Trois Machins de la Grâce Aimante*

Hamilton describes his composition as feeding from traditional instrumental performance practice, and the instrument Coretet as meant to be played by expert string players: "From the time of its inception, *Trois Machins de la Grâce Aimante* was intended to exist as a composition firmly descended from traditional ensemble instrumental performance practices with a goal of exploring how virtual implementations of musical instruments could leverage learned expert behaviors of highly skilled musicians" (cf. the chapter "Composing (and Designing) *Trois Machins de la Grâce Aimante*"). Since Hamilton implements compositional rules rather than game-related rules in *Trois Machins de la Grâce Aimante*, I will apply the upper half of the polar diagram to purely compositional rather than game-related parameters in my following analysis.

연주자들은 Coretet 을 그래픽 악보에 따라 즉흥으로 연주하고 실험한다. 악보는 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'의 II 악장을 6 개의 파트로 나누어 놓았으며 형식과 음악적 분위기를 나타낸다. 해밀턴은 악장의 각각의 파트에서 서로 다른 음의 높낮이의 분류와 세팅들(pitch-class settings)에 따라 가상 악기의 지판을 수치화하여 서로 다른 화성 기법을 적용한다. 그는 장 3 화음에서 5 음계, 온음계, 반음계, 마지막으로 음을 자유롭게 선택할 수 있는 구간화 되지 않은 음계(nonquantized scale)에 이르기까지 각 파트의 음정을 점차 줄여 음역을 가로지른다. 음악과 가상 악기의 탐구에서는 음악가들의 연주 행위에 초점을 맞춘다. 관객의 관점을 보자면, 무대위의 화면에 보이는 가상현실, 각 연주자들의 컴퓨터 같은 무대 소품, 가상 현실 안경 및 게임 컨트롤러와 같은 웨어러블들, 그리고 심지어 4 중주의 장난기 넘치는 무대가 꼬리에 꼬리를 물고 게임 경험의 측면으로 효과적인 무대를 만들어낸다.

다음으로 나는 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'의 2 악장에 극좌표를 적용할 것이다. 시작에 앞서, 이전에 원형(prototype)으로만 존재했고 공연 상황에서 시험해 본 적이 없었던 가상 악기를 사용한 경험에 대해 이야기하고 있다는 점을 강조하고 싶다. 악기를 다루는 데 있어서의 어려움과 한계는 예상되었던 일이었다. 그리고 우리는 연주자들로부터 비판을 듣겠지만 또 다른 한편으로 그들은 그 악기의 큰 잠재력을 보았고 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'을 즐겁게 연주하였다. 해밀턴은 훌륭한 예술적 장래성을 가진 매우 정교한 환경을 개발했으며, 앞으로 이런 작품을 더 많이 듣고 보게 되기를 바란다.

'사랑의 은혜의 세 가지 기계들'에 극좌표 적용하기

해밀턴은 자신의 작품이 전통적인 기악의 연주 실제에서 나온 것이라고 설명하고, Coretet 은 전문 현악기 연주자들의 연주를 위해 의도적으로 고안되었다고 설명한다. 즉, "시작부터 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'은, 악기의 가상 구현이 고도로 숙련된 음악가들의 전문가적 연주 실제를 어떻게 활용할 수 있는지를 탐구하는 것을 목표로, 확고한 전통적 합주 실제를 기반으로한 작품으로 존재하도록 의도되었다." ("Composing (and Designing) *Trois Machins de la Grâce Aimante*" 장 참조) 해밀턴은 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'에서 게임적 규칙보다는 작곡적인 규칙을 구현하기 때문에, 나는 다음의 분석에서 극좌표의 위쪽 절반을 게임 관련 매개변수가 아닌 순수히 작곡적인 매개변수들에 적용한다.

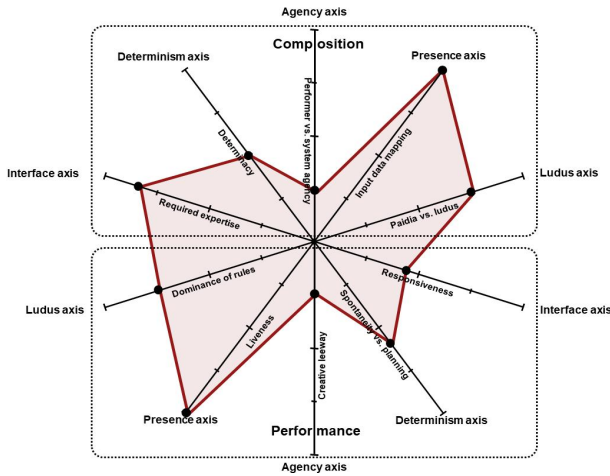


Figure 3. Polar diagram for Rob Hamilton's *Trois Machins de la Grâce Aimante*.

Indeed, the polar diagram indicates the use of an interface, the Coretet, that on the compositional side requires its user to be highly specialized, while the performance side of the diagram indicates only a medium degree of responsiveness. This is partly due to the lack of the haptic and tactile feedback that the performers are used to from their physical instruments, which is missing from the virtual instrument. In the focus group interview that we conducted with the members of the quartet, it became clear that the performers struggled for instance with the controllers that replace their normal instrument and the bow. Interview partner 2 (IP2) recounts:

There was the bow issue: I find the game controller that we use instead of a bow extremely sensitive, in fact too sensitive. It responds to many of my movements that would not make any difference with a physical bow, which causes problems. Of course you can turn every problem into something expressive, but here I think this is very difficult. (Quartet 2018, IP2)

In the performers' opinion, some of the instrumental registers are not yet well adjusted and they feel that the control they have of timbral sound color needs to be improved.

I usually play in high registers and avoid the low, because the lower frequencies come with a lot of noise. Sometimes it sounds more like a 'swoosh' than an ordinary tone. I know, there is the concept implemented in the instrument that you can control how much noise you have in the sound, but this I think can still be improved a bit. (Quartet 2018, IP3)

However, the performers see potential for development, both concerning the instrument itself and in their learning of how to handle it:

We are experiencing limitations. Some features do not react as fast as we expect them to do from being used to a normal instrument. And for some things we would perhaps need more training to be able to play more exactly and have more control. We are still struggling a bit with how the machine is reacting, but many features do work. (Quartet 2018, IP2)

그림 3. 롬 해밀턴의 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'의 극좌표.

실제로 극좌표의 작곡적인 측면(Composition)에서 인터페이스인 Coretet의 사용이 고도로 전문화된 사용자를 요구함을 나타내는 반면, 좌표의 연주적인 측면은 중간 정도의 응답을 나타내고 있다. 이의 부분적 이유는 연주자들에게 익숙한 실제 악기의 느낌 및 촉각적인 피드백이 가상 악기에는 없기 때문이다. 우리가 실시한 4 중주의 멤버들을 대상으로 한 포커스 그룹 인터뷰에서, 연주자들은 예를 들어 그들의 보통의 악기와 활을 컨트롤러가 대신하는데 대한 어려움이 있었음이 명확했다. 인터뷰 파트너 2(IP2)는 다음과 같이 말한다.

활 문제가 있었다. 우리가 활 대신 사용한 게임 컨트롤러는 아주 민감했다. 사실 너무 민감했다. 그건 내가 보통의 활을 사용하여 움직일때 전혀 나타나지 않는 반응을 보였고 이는 문제였다. 물론 어떤 문제든 표현력을 나타내는 데 사용할 수 있겠지만, 이 상황에서는 매우 어렵다고 생각한다. (Quartet 2018, IP2)

연주자들은 일부 악기의 음역이 아직 잘 맞추어지지 않았으며 음색에 대한 제어가 개선돼야 한다고 이야기한다.

저음역에는 많은 잡음이 수반되기 때문에 나는 일반적으로 고음역에서 연주하고 저음역은 피한다. 가끔 그 소리는 일반적인 음보다는 '휙' 하는 소리(swoosh)처럼 들린다. 악기 소리에 들어가는 잡음의 포함 정도를 제어할 수 있다는 것을 알고 있지만, 여전히 더 개선될 수 있다고 생각한다. (Quartet 2018, IP3)

그러나 연주자들은 악기 자체와 그들이 그 악기를 다루는 법을 배우는 것에 있어 발전 가능성을 본다.

여러가지 제약들이 있는데, 일부 기능은 일반 악기를 사용할때 만큼 빠르게 반응하지 않으며, 어떤 것들은 더 정확하게 연주하고 제어할 수 있기 위해 더 많은 훈련을 필요로 한다. 우리는 여전히 기계가 반응하는 방식에 관해 약간의 어려움을 겪고 있지만, 많은 기능들은 의도했던 대로 작동한다. (Quartet 2018, IP2)

We cannot control the pressure of the bow [to influence the dynamics], but we realized that we can replace it with bow speed. Even if there are lots of things that don't function like with a real instrument, being an instrumentalist and knowing of all the possibilities that you have helps to replace some of the techniques in a way that works on the virtual instrument. (Quartet 2018, IP1)

The determinism axis shows a balance between the system's degree of determinism and the performers' resulting feeling of predictability. Both lie within a medium range. The compositional setup—that is, the graphical score—made for relatively strong determinism by providing playing instructions with regard to form, the choice of harmonic scales, and the musical atmospheres of the six sections of Movement II. On the other hand, like all graphical scores it left scope for artistic creativity. Accordingly, the musicians felt that planning was both possible and required, but that creative spontaneity was desired as well and showed in the score's improvisational aspect. Moreover, the determinism factor is strongly influenced by the virtual interface, which is at the center of the composition, and its to some extent unpredictable behavior. The musicians' musical planning was thus counterbalanced by the spontaneity they needed to react to the fragile behavior and peculiarities of the Coretet.

On the agency axis, we find that the compositional and system agency ranks considerably higher than the personal agency perceived by the performers. They found for instance that the representational space of the virtual reality comes with a limited field of vision, making it difficult to see their coperformers in the virtual realm and even more difficult to interpret their actions based on the stylized avatars, of which they only see unconnected elements: the shape of a head, a hovering instrument pointing in the wrong direction, a disconnected bow, and a randomly flying hand (see figure 4). They felt that this reduced their musical agency and capacity to make chamber music in the physical concert space. "We want to play together but it is almost impossible to play exactly in unison, which would not be a problem with a normal instrument" (Quartet 2018, IP2).



Figure 4. The highly stylized avatars appear behind their VR glasses and are visible to the audience on the main performance screen. © ndbewegtbild)

우리는 [섬여림에 영향을 주기 위해] 활의 압력을 조절할 수 없지만 활의 속도로 이를 대체할 수 있다는 것을 깨달았다. 실제 악기에서처럼 작동하지 않는 것들이 많이 있지만, 연주자이자 모든 가능성을 알면 당신이 일부 연주법들을 가상 악기에서 작동하는 방식으로 바꾸는 데 도움이 된다. (Quartet 2018, IP1)

좌표에서 결정 축은 시스템에 의한 결정의 정도와 연주자가 결과를 예측하는 가능성 사이의 균형을 보여준다. 둘 다 중간 범위 내에 있다. 작곡의 설정, 즉 그래픽 악보는 2 악장의 6 개 부분의 형식, 화성 음계의 선택 및 음악적 분위기에 관한 연주 지침을 제공함으로써 상대적으로 엄격한 결정들을 제공한다. 반면에 모든 그래픽 악보들과 마찬가지로 예술적 창의성의 여지를 남겨두었다. 따라서 연주자들은 어느 정도의 계획이 가능함과 동시에 필요하다고 느꼈지만, 창의적인 자발성을 원했고, 이것을 악보의 즉흥적인 측면으로 나타냈다. 또한, 결정의 요소는 작곡의 중심에 있는 가상 인터페이스와 예측할 수 없는 동작에 의해 크게 영향을 받는다. 따라서 연주자들은 Coretet 의 취약점과 특성에 반응하는 데 필요한 즉흥성을 계획하여 균형을 찾을 수 있었다.

수행축을 보면, 우리는 작곡 및 시스템의 수행능력이 연주자들의 개인적인 수행능력보다 상당히 높게 측정된다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 그들은 가상 현실의 재현 공간이 시야에서 제한적으로 보이므로, 가상 영역에서 동료 연주자들을 보기 어렵고, 양식화된 아바타를 기반에 둔 그들의 행동을 해석하기도 훨씬 더 어려우며, 머리 모양, 잘못된 방향을 가리키는 악기, 연결되지 않은 활, 무작위로 움직이는 손 등과 같은 연결되지 않은 요소만 볼 수 있다는 것을 알 수 있었다. (그림 4 참조). 그들은 이런 요소들이 그들의 음악적 활동성과 실제 연주 공간에서 실내악을 만드는 능력을 감소시킨다고 느꼈다. "아무리 우리가 함께 연주하고 싶더라도 정확한 유니즌(unison)으로 연주하는 것은 거의 불가능하다. 일반 악기로 연주할 때에는 전혀 문제가 되지 않는 부분이다."(Quartet 2018, IP2).

그림 4. 고도로 양식화된 아바타는 가상 현실 안경 뒤에 나타나며 무대 화면에서 관객에게 보인다. © ndbewegtbild

The Coretet the musicians performed on existed only in a prototype version that was still in development at the time of their playing. Its (yet) existing limitations had an impact on their musical agency. The performers worked with a number of harmonic schemes set by the composer that were mapped onto the Coretet meaning that they could not freely shape the harmony or melodies or break the given tonal system in their improvisation. Thus, the system in its prototype version allowed for relatively little creative leeway in terms of making chamber music, forming a phrase or a melody, influencing harmonic events, producing concise rhythms, and controlling the bow articulation.

If I try to play staccato really loudly, I pass right through the instrument, since there is no physical body, no strings, that would stop me, and I get a weird doubling of notes. Instead of a regular "dong-dong-dong" I play "da-kaa-da-kaa-da-kaa" because the bow connects twice with the violin on either side of its body. (Quartet 2018, IP4)

On the other hand, there were features of the Coretet the performers really enjoyed, and which they used along with their improvisational expertise to stretch the constraints. For example, they switched between the extreme types of Coretet instruments, using this feature to extend their supply of pitches to higher or lower regions and to expand the expressiveness of their gestures.

We have the option to change the instrument. I switch between violin, viola or cello, which enlarges my scope of pitches. The cello I play in a really weird way, because its body is not fixed to the floor as with a normal cello. Instead I hold it like a huge oversized violin. It stretches in front of me. I use this to extend my performative movements. I want the audience to enjoy these enormous gestures, when I try to reach the end of the fingerboard of my giant cello-violin. That's fun. (Quartet 2018, IP4)

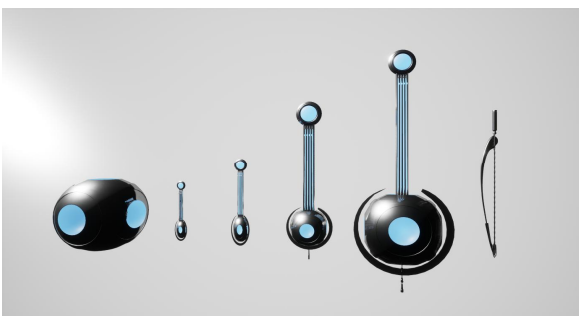


Figure 5. The Coretet family (from left to right: orb, violin, viola, violoncello, double bass, bow) © Rob Hamilton

The performative agency in Movement II of *Trois Machins de la Grâce Aimante* is strongly influenced by the playability of the interface, the virtual instrument Coretet, and the constraints given by the harmonic system and the graphical score. At the same time, however, the work builds on the performers' improvisational skills and creativeness with regard to dynamics, textures, atmospheres, and choice of instrument (the musicians were able to use the five instruments the Coretet offers

연주자들이 연주했던 Coretet 은 연주 당시 아직 개발 중이었던 프로토타입으로만 존재했다. 당시 가지고 있던 악기의 한계는 그들의 음악적 역량에 영향을 미쳤다. 연주자들은 Coretet 에 작곡가가 설계한 여러 하모니 체계를 연주 했는데, 즉흥 연주에서 화성이나 선율을 자유롭게 만들거나 주어진 조성 체계를 깨뜨릴 수 없다는 뜻이다. 따라서 프로토타입 버전의 시스템은 실내악곡을 만드는 것, 악구 또는 선율을 구성하는 것, 화성적 특징에 영향을 주는 것, 간결한 리듬을 만드는 것과 활로 섬여림을 만들어내는 측면에서 상대적으로 창의적인 자유를 거의 허용하지 않았다.

스타카토를 정말 크게 연주하려고 하면 실제 악기나 현이 없기 때문에 내가 악기를 바로 통과하는것만 같고, 이런 상황으로 연주를 멈추게 되며, 음이 두 배로 늘어나는 이상한 소리를 듣게 된다. 활이 바이올린 몸체의 양쪽 두 면에 연결되어 있기 때문에 일반적인 "동-동-동" 대신에 "다-카-다-카-다-카"를 연주하게 된다. (Quartet 2018, IP4)

반면에, 연주자들이 진정으로 즐겼던 Coretet 의 특징들이 있는데 연주자들이 연주에 제약이 되는 것들을 확장시키기 위해 이런 특징들을 즉흥적인 전문연주기법과 함께 사용했다. 예를 들어, 그들은 여러가지 극단적 유형들의 Coretet 악기들을 번갈아 가며 연주했는데, 이는 음역을 더 높거나 낮게 확대하고, 그들의 동작의 표현력을 확장시키기 위함이었다.

우리에게는 악기를 변경할 수 있는 옵션이 있다. 나는 바이올린, 비올라 또는 첼로를 서로 교체하여 음역의 범위를 확장한다. 첼로의 몸체는 일반적인 첼로처럼 바닥에 고정되어 있지 않기 때문에, 나는 매우 이상한 방식으로 첼로를 연주한다. 나는 악기를 거대한 대형 바이올린처럼 쥐고 있으며, 이는 나의 연주적인 움직임을 확장하는 데 사용된다. 내가 이 거대한 첼로-바이올린의 지판 끝을 짚으려고 할 때 이런 큰 동작들을 관객들이 즐길 수 있기를 바란다. 재미있다. (Quartet 2018, IP4)

그림 5. Coretet 악기군(왼쪽에서 오른쪽으로: orb, 바이올린, 비올라, 첼로, 더블 베이스, 활) © Rob Hamilton

"사랑의 은혜의 세 가지 기계들"의 2 악장에서 연주적 수행능력은, 인터페이스의 연주 가능성과 가상 악기 Coretet, 화성체계 및 그래픽 악보에 의해 주어진 제약등에 의해 크게 영향을 받는다. 그러나 동시에 이 작업은 섬여림, 음악적 조화, 분위기 및 악기 선택과 관련된 연주자의 즉흥적 기술과 창의성을 기반으로 한다(음악가들은 음역을 확장시키기 위해 베이스에서 소프라노에 이르는 음역들을 가진 다섯 개의 Coeretet 악기를 고를 수 있다). 따라서 우리는 연주자로서 규

to enlarge their pitch range, traversing all registers from bass to soprano). As performers, we are thus dealing with two different principles, “ludic play,” which represents the rule-bound composition, and “paidic play,” represented by free-form improvisational play, with ludic play constituting the predominant feature of this work.

Representational Spaces

In order to learn more about how *Trois Machins de la Grâce Aimante* engages both audience and performers and what kind of connotations the work invoked, I will now turn my attention to the two representational spaces it offers: the physical space of the concert performance, and the virtual space in which the performers move, which is only partially shared with the audience via the main performance screen. Additionally, I will trace how gadgets and aesthetics of the gaming world are tied into the composition and setup.

Hamilton states that “‘gaming’ influences the interaction design, control schema and overall aesthetics of the Coretet and the composition itself” (cf. the chapter “Composing (and Designing) *Trois Machins de la Grâce Aimante*”). The performers interact with their virtual instrument via the Oculus game controllers they hold in their left and right hands. They manipulate the controllers’ buttons to put their fingers on the virtual finger board, to touch the strings with their virtual bow and latch onto them, or simply to change the orientation of their virtual instrument. Through their goggles, they see their instrument and the avatars of their coplayers from a first-person perspective, whereas the audience is presented with the four avatars as a stylized quartet on the main-stage screen. Images from the virtual reality spill over into the physical concert performance space.

The gestures of the musicians in the air are captured by sensors that track the location of the Oculus game controllers. The data are mapped onto virtual left-hand movements, such as shifting position, glissando, vibrato, and trills, or typical right-hand movements, such as simulating bow strokes at different speeds and in different articulations. The performers’ gestures in the air are movements in the physical environment that manifest in both representational spaces: in the virtual space they make it possible to play the Coretet, while in the physical space they add to the audience’s visual experience by enlarging and emphasizing performative expressiveness. Moreover, the gestures affect the sonic experience in the physical concert space.

It could be argued that the aesthetics of the Oculus Rift glasses, the laptops that are placed in front of each performer capturing the player’s individual perspective on their virtual instrument, the game controllers, and the unreal way of playing transport performers and audience into the realm of computer games. However, the performers did not perceive their task as game-like, but rather like performing a piece of art:

칙에 얽매인 작품을 나타내는 “규칙을 기반으로 한 연주(ludic play)”와 자유로운 형식의 즉흥 연주로 대표되는 “유희를 기반으로 한 연주(paidic play)”라는 두 가지 다른 원칙을 다루고 있으며, 규칙을 기반으로 한 연주(ludic play)는 이 작품의 주된 특징을 이룬다.

대표 공간

‘사랑의 은혜의 세 가지 기계들’이 청중과 연주자들을 어떻게 사로잡는지, 또 작품이 환기시킨 함축적 의미가 무엇인지에 대해 더 자세히 알아보기 위하여 이 작품이 제공하는 두 가지 대표적 공간, 즉 공연의 실제 공간과 화면을 통해 부분적으로만 관객들과 공유되는 공연자들이 움직이는 가상 공간을 살펴보겠다. 또한, 게임 세계의 장치들과 미학이 작품과 설정에 어떻게 연결되어 있는지 따라가보겠다.

해밀튼은 “‘게임을 하는 것’은 Coretet의 상호 작용 설계, 제어 방식 및 전반적인 미학, 그리고 작품 자체에 영향을 미친다”라고 말한다 (“‘사랑의 은혜의 세 가지 기계들’ 작곡 과정(Composing (and Designing) *Trois Machins de la Grâce Aimante*)” 참조). 연주자들은 왼손과 오른손에 들고 있는 오쿨러스(oculus)게임 컨트롤러를 통해 가상 악기와 상호 작용한다. 그들은 컨트롤러의 버튼을 능숙하게 조작하여 가상 지판에 손가락을 올려 놓거나, 가상 활로 현을 건드리거나, 또는 단순히 가상 악기의 방향을 변경한다. 관객은 무대 화면에서 양식화된 4 중주를 연주하는 4 명의 아바타와 함께 하는 반면, 연주자들은 고글에서 자신의 악기와 동료 연주자의 아바타를 1 인칭 시점에서 본다. 가상 현실의 이미지들이 실제 콘서트 연주 공간으로 흘러 들어간다.

허공에서의 연주자들의 동작은 오쿨러스 게임 컨트롤러의 위치를 추적하는 센서에 의해 포착된다. 왼손의 움직임을 맵핑(mapping)하는 센서 데이터는 왼손의 위치 이동, 글리산도, 비브라토 및 트릴등이며, 오른손 움직임을 맵핑하는 센서 데이터는 다양한 속도와 주법에서 활 스트로크를 실현하는 것과 같은 일반적인 움직임등이다. 허공에서의 연주자의 동작은 물리적 환경에서의 움직임으로 두 재현 공간 모두에서 나타난다. 가상 공간에서는 연주자들이 Coretet을 연주하는 것을 가능하게 하고, 물리적 공간에서는 연주적인 표현력을 확대하고 강조하여 관객의 시각적 경험을 확대시킨다. 또한 그러한 동작은 실제 콘서트 공간에서 소리를 경험하는데 영향을 끼친다.

오쿨러스 리프트 안경(The Oculus Rift glasses)의 외형, 가상 악기에 대한 연주자의 개별적인 관점을 포착하는 각 연주자 앞에 배치된 노트북, 게임 컨트롤러, 그리고 비현실적으로 악기를 연주하는 방법등은 연주자들과 관객들을 컴퓨터 게임의 영역으로 데려다 준다는데에는 논란의 여지가 있을 수 있다. 그러나 연주자들은 그들의 작업을 게임과 같이 인식하지 않고 오히려 예술 작품을 연주하는 것처럼 인식했다.

For me the environment is game-like, but we treated the music like serious music, in my opinion we did not include game elements. (Quartet 2018, IP3)

The engine of this piece is built with the software "Unreal Engine 4," a really famous company which makes a lot of crazy games. So, yes, the work uses game details but it was treated in the prism of art for the purpose of making the music of the composition. (Quartet 2018, IP1)

Nevertheless, they observed that the game-like environment allowed them to break free of their usual serious inner attitude towards classical music, stating that a childlike curiosity popped up that encouraged them to be explorative. They even proposed that audience members could be offered the opportunity to try the system for themselves, perhaps in the context of a music outreach project. However, in their opinion the Coretet is a system built for experts rather than for nonprofessionals.

Since we as string players know the possibilities of our own physical instrument, we know how to replace movements that maybe do not work [on the Coretet] ... We know how to make it appear real. We bring along the knowledge of our physical instrument, the structure, movements and techniques. (Quartet 2018, IP1)

The musicians wear VR goggles that visually separate them from their audience, and they have no face-to-face contact. Nevertheless they assumed that the audience could read them through the tools they used (the game controllers and VR goggles), their body language, and the music itself: "I think we can connect, because there are the tools, there is the body present, there is the sound" (Quartet 2018, IP2).

How was the Piece Perceived by the Audience?

According to the results of the audience questionnaire, approximately two thirds of the audience members reacted positively to the piece. Many associated it with games evoked by the VR gadgets and the players' body movements that reminded them of using Wii controllers. However, they struggled with not having any direct part in the VR experience. Instead, they felt like observers unable to share the fun and almost resented it:

I often asked myself, what do they see that I don't? How do they communicate? Do they communicate at all? ... I hoped all the time that I would see something. Some kind of communication which would let me share the excitement, like "Hey, do something together!" ... Almost all the time I felt that I was just an observer, since I had no chance to intervene. I even thought, I would love to just go there and tell them: this thing, why don't you just take it and just play for yourself, please, don't make such of show of it! (Focusgroup_1 2018, IP1)⁴

I often drive racing simulators with VR glasses myself and that is fun as long as you drive yourself ... I don't think it's as fun as an observer as someone who really does it. (Focusgroup_1 2018, IP2)⁵

나에게 이 작품의 환경은 게임과 비슷하나, 우리는 음악을 (역: 게임음악이 아닌) 진지한 음악처럼 다루었기에 게임 요소들을 포함하지 않았다고 생각한다. (Quartet 2018, IP3)

이 작품의 가장 중요한 엔진은 수많은 흥미로운 게임을 만드는 매우 유명한 회사인 "Unreal Engine 4" 소프트웨어로 제작되었다. 그래서 작품은 게임의 세부 요소들(game details)을 포함하고 있지만 작곡된 음악을 만들기 위한 예술적 요소들로 다루었다. (Quartet 2018, IP1)

그럼에도 불구하고 연주자들은 이런 게임과 같은 환경이 클래식 음악에 대한 전형적인 진지한 태도에서 벗어날 수 있게 해주었으며, 탐구심을 자극하는 어린이 같은 호기심이 생겼다고 전한다. 그들은 또한 음악 지원 프로젝트의 맥락에서 청중이 이 시스템을 직접 사용해 볼 수 있는 기회가 있으면 어떨겠는지 제안하기도 했는데, 또한 그들의 의견으로는 Coretet 은 비전문가가 아닌 전문가를 위해 구축된 시스템이라고 하였다.

우리는 현악기 연주자로서 우리의 실제 악기가 할 수 있는 가능성들을 알고 있기 때문에, [Coretet 에서] 작동하지 않을 수 있는 동작을 대체하는 방법을 알고 있다. ... 우리는 실제악기처럼 보이게 하는 방법을 알고 있다. 우리는 우리의 실제 악기, 구조, 움직임 및 기술에 대한 지식을 대동한다. (Quartet 2018, IP1)

음악가들은 청중과 VR 고글을 착용함으로 청중들과 시각적으로 떨어지게 되며 직접 대면하지 않는다. 그럼에도 불구하고 그들은 게임 컨트롤러 및 VR 고글과 같이 그들이 사용한 도구들과, 몸짓 및 음악 자체를 통해서 청중들이 그들을 읽을 수 있을것이라 생각했다. "도구들과 신체와 소리가 있기 때문에, 나는 우리가 서로를 이해할 수 있다고 생각한다." (Quartet 2018, IP2).

작품은 관객들에게 어떻게 받아들여졌는가?

관객 설문조사 결과에 의하면, 관객의 약 3분의 2가 작품에 긍정적인 반응을 보였다. 많은 사람들이 이 연주에서 VR 기기를 사용한 게임들을 연상시켰고, 연주자들의 움직임은 Wii 컨트롤러를 사용한 게임을 연상시켰다. 그러나 그들은 VR 경험의 일부분이 아닌것에 대해 어려움을 느꼈다. 그들은 관찰자들이 재미를 공유할 수 없다고 느꼈고 거의 분개했다.

나는 종종 스스로에게 그들은 내가 보지 못하는 것을 무엇으로 보는가 라고 질문한다. 그들은 어떻게 의사 소통을 하는가? 그들은 의사 소통을 하기는 하는가? ... 나는 항상 내가 뭔가를 볼 수 있기를 바랐다. "이봐, 뭔가를 함께 하자!"와 같은 흥분을 공유할 수 있는 일종의 소통 ... 개입할 기회가 없었기 때문에 나는 항상 내가 관찰자에 불과하다고 느꼈다. 나는 심지어 거기에 가서 그들에게 말하고 싶다고 생각했다. 그냥 이것을 가지고 연주하고, 제발, 그렇게 쇼를 하지 마세요! (Focusgroup_1 2018, IP1)

나는 종종 VR 안경을 끼고 레이싱 시뮬레이터를 직접 운전하는데 이는 내가 직접 할때만 재미있다.... 관찰자는 실제로 하는 사람만큼 재미있을 수 없다. (Focusgroup_1 2018, IP2)

However, there were moments when audience members were able to relate to the piece through their prior knowledge of similar situations. In our audience questionnaire, many mentioned associations with games such as *Guitar Hero*, Nintendo Wii sports or music games, and interactive games they were familiar with from their PlayStation. This notion was picked up in our focus group interview: "This reminds me of the Wii controller which you have to fidget around with, and you also do it with a group of people" (Focusgroup_1 2018, IP2).⁶ Others felt involved when watching the musicians' chamber-music interactions:

I felt drawn in when I had the feeling now the four are synched, they make music together. Most of the time it felt like each of them was moving independently, but in these moments, mostly when they played fast, it gave me the impression that they harmonized, those were the moments when I felt more involved ... For me this was not an effect of gaming, but actually, I found it highly aesthetic and participative. (Focusgroup_2 2018, IP4)⁷

Space of Possibility

To us performers, *Trois Machins de la Grâce Aimante* was a concert piece first and foremost. Musically, we found controlling our musical interface, the Coretet, challenging, but we saw potential in it, even if we did not entirely agree with the composer's claim that the virtual instrument could be used similarly to an ordinary physical string instrument. We felt that the space of possibility the Coretet offered was—at least in its prototype version—still rather restricted, and we were aiming for something that was (yet) out of reach. Instead of mainly being steered towards the past tradition of playing string instruments, we would have equally liked to explore the instrument's potential especially with regard to its future-oriented aspects. Therefore, I would like to raise a set of follow-up questions: what does the Coretet offer that the physical string instruments cannot? How can we use these qualities in our performance? Is there an alternative to the way game aesthetics in *Trois Machins de la Grâce Aimante* could be employed to emphasize a ludified approach or involve the audience? Would any of this increase the agency for the players and offer a richer space of possibility that in consequence would result in more meaningful playing?

What does the Coretet offer that classical string instruments cannot? The Coretet encompasses the whole family of string instruments, from the double bass to the violin, and includes the so-called "orb," which is meant to be used as a percussion instrument (see figure 5). Moreover, although the Coretet's sound is based on the physical model of a string, it does not sound like any ordinary string instrument. Hamilton describes its sound as abrasive, distorted in certain ranges, and noisy. What does

하지만 관객들이 비슷한 상황에 대한 사전 지식을 통해 작품에 공감할 수 있었던 순간들이 있었다. 관객 설문조사에서 많은 사람들이 '기타 히어로,' 닌텐도 Wii 를 사용하는 스포츠 또는 음악 게임과 같은 게임과 PlayStation 에서 친숙했던 상호적인 게임과의 연관성을 언급했다. 이 개념은 우리의 포커스 그룹 인터뷰에서 포착되었다. "이것은 계속 붙들고 움직여야 하는 Wii 컨트롤러를 생각나게 한다. 이 게임도 여러 사람들과 함께 한다."(Focusgroup_1 2018, IP2). 또한 다른 사람들은 음악가들이 실내악을 연주하면서 보였던 상호 작용을 보면서 그들도 함께한다고 느꼈다.

나는 4 명의 연주자들이 동시에 움직이며 함께 음악을 만든다는 느낌을 받았을 때 그 매력을 느꼈다. 대부분은 각자 독립적으로 움직이는 것 같은 느낌이 들었지만, 대부분 빠르게 연주할 때 조화를 이루고 있다는 느낌을 받았고, 그 순간이 더 몰입하게 되는 순간이었다... 나에게 이것은 게임의 효과일 뿐만 아니라 실제로 매우 미학적이고 참여적이라는 것을 알게되었다. (Focusgroup_2 2018, IP4)

가능성의 공간

연주자인 우리에게 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'은 무엇보다도 공연을 위한 작품이었다. 음악적으로 우리는 음악적 인터페이스인 Coretet 을 제어하는 것이 어렵다는 것을 알았지만, 가상 악기가 일반적인 실제 현악기와 유사하게 사용될 수 있다는 작곡가의 주장에 완전히 동의하지 않더라도, 그것의 가능성을 보았다. 우리는 Coretet 이 제공하는 가능성의 공간이 프로토타입 버전에서는 여전히 다소 제한적이라고 느꼈고 (아직은) 가능하지 않은 것을 하고자 했다. 우리는 과거의 전통적 현악기 연주를 주로 답습하는 대신, 특히 미래 지향적 측면과 관련된 악기의 잠재력을 더 실험하길 원했어야 한다. 따라서, 나는 일련의 후속 질문들을 제기하고 싶다. Coretet 은 실제 현악기들이 제공할 수 없는 것들 중에 무엇을 제공하는가? 우리는 이런 특성들을 어떻게 연주에 사용할 수 있을까? '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'의 게임 미학을 사용하여 놀이화한 접근 방식을 강조하거나, 청중을 참여시킬 수 있는 다른 방법이 있을까? 이 중 어떤 하나라도 연주자들의 연주 능력을 증가시키고 더욱 풍부해진 가능성의 공간을 제공해서 더 의미있는 공연을 만들어 줄 수 있을까?

Coretet 은 기존의 현악기들에서 불가능 한 것들 중 어떤것을 가능하게 할까? Coretet 은 더블 베이스에서 바이올린에 이르는 모든 현악기군을 아우르며, 타악기로 사용되는 소위 "orb"도 포함한다 (그림 5 참조). 또한 Coretet 의 음향은 실제 현의 모델을 기반으로 하지만 일반 현악기처럼 들리지는 않는다. 해밀턴은 이 소리를 '거칠고, 특정 음역에서 왜곡되며, 잡음 섞인 소리'라고 설명한다. 이것은 연주자들의 음악적 연주 능력에서 어떤 의미일까? 오른손 컨트롤러의 버튼을 누르기만 하면 선택할 수 있는 orb, 바이올린, 비올라, 첼로 및

this mean for the musical agency of the performers? The wide instrumental range—orb, violin, viola, violoncello and double bass—that is accessible simply by pressing a button on the right-hand controller gives the player extra scope in terms of sound color, pitch range and gestural play. The Coretet's extraordinary sound world should be explored for its uniqueness, instead of modelling the playing on the sound world of the classical string instruments, as it was suggested we do. There are different shades of noise and sound colors to be revealed, its abrasiveness and distortedness to be explored musically, and the percussive qualities of the orb to be discovered.

The virtual instrument Coretet lacks the physicality of an instrument. Instead of holding the body of their instrument, gripping a fingerboard, and bowing strings, the musicians move their arms through the air while emulating playing a physical string instrument. This emphasizes gestural play. As a theatrical tool or means of expression, it adds to the performative agency of the musicians and their feeling of meaningfulness. To give an example: by switching through the different sizes of the Coretet, performers can vary the size of their gestures in quick sequence, changing from the tiniest of movements when playing the smallest instrument of the family, the violin, to huge ones when playing the orb or the double bass. The latter is especially effective if the bass is held like a giant violin instead of playing it in its ordinary upright position. The gestures are stretched out and exaggerated, the musician might even have to get up from their chair, adding a dramatic element to a possibly wild musical atmosphere (see figure 6).



Figure 6. The image shows the gestural play of one performer who is standing up to reach the end of the fingerboard of her oversized Coretet. © ndbewegt bild

The performers can use gestural play as a method of conveying musical meaning. At the premiere, for instance, the musicians had to lock in a regular steady pulse led by the cellist. The musician played discreetly, the rhythm was almost unnoticeable in her movements. By clearly articulating and demarcating her gestures when playing, she could have taken the audience along with her by using her physical movements to illustrate how sound is produced in the invisible virtual space and then sonically projected into the physical concert space, thus making it easier for the public to understand the music, the technological setup and the musical scene.

더블 베이스의 넓은 악기 음역은 연주자에게 음색, 음역 및 연주적 동작 측면에서 추가적 선택을 가능하게 해 준다. Coretet의 비범한 소리는 클래식 현악기 소리의 연주가 아닌 그 고유의 소리로 탐구되어야 한다고 제안한다. 노이즈와 음색의 다양한 차이들이 드러나야 하고, 거친 성질 및 왜곡들이 음악적으로 탐구되어야 하며, orb의 타악기적 특성들도 그러하다.

가상 악기 Coretet은 악기의 물리적인 특성이 부족하다. 악기 본체를 잡고 지판을 짚고 현을 긁는 대신 연주자는 실제 현악기 연주를 모방하여 팔을 공중에서 움직인다. 이것은 연주의 동작을 강조한다. 이런 특성은 연극적 도구나 표현의 수단으로서 음악가의 행위적 수행 능력과 의미를 더한다. 예를 들면, 연주자들은 Coretet의 크기들을 다양하게 사용하는데, 그 악기들 중 가장 작은 바이올린을 연주할 때의 가장 작은 움직임에서부터 orb나 더블 베이스를 연주할 때의 큰 움직임으로 빠르게 달리 할 수 있다. 후자는 베이스를 보통의 똑바로 세워진 자세로 연주하는 대신 거대한 바이올린처럼 들었을 때 더 효과적이다. 동작들은 늘어지고 과장되며, 심지어 연주자는 의자에서 일어나야 할 수도 있어, 거칠 수 있는 음악적 분위기에 극적인 요소를 추가하게 된다. (그림 6 참조).

그림 6. 이 사진은 대형 Coretet의 지판 끝에 닿기 위해 일어난 한 연주자의 동작으로서의 연주를 보여준다. © ndbewegt bild

연주자들은 동작을 통해서 음악적 의미를 표현할 수 있다. 예를 들어, 초연에서 연주자들은 첼리스트가 이끄는 규칙적이고 일정한 리듬에 맞추어야 했다. 연주자는 신중하게 연주했으며 그녀의 움직임에서 리듬은 거의 알아챌 수 없었다. 그녀가 연주시 동작을 명확하게 표현하고 구분했을 때 관객들을 이끌어나갈 수 있었고, 그녀의 동작은 보이지 않는 가상 현실에서 어떻게 소리가 그려지는지 보여주며, 그 결과가 연주 공간에 보여진다. 따라서 이는 관객들이 음악, 기술적 설정, 음악적 장면들을 더 쉽게 이해할 수 있게 한다.

Another aspect of *Trois Machins de la Grâce Aimante* that merits further exploration is its cinematographic quality. The audience are able to watch five screens in total: the large main screen at the back of the stage as well as four laptops, each assigned to one performer, sitting on a table vis-à-vis the instrumentalists. These individual computer screens show what each performer sees in the virtual space, thus offering the audience a glimpse of the performers' first-person perspective on their instruments, which otherwise is hidden behind the VR glasses. Not everybody understood the connection:

Since there were five screens in total, I could not really feel my way into the piece, because I always jumped from one screen to next and wondered, what's the purpose of the screen? What's happening here? ... I would have found it more invasive if there had been one large screen with four split screens on which I see every screen in one. (Focusgroup_2 2018, IP3)⁸

Accordingly, how can a connection be established between the individual actions of each performer, what they see, and the way it is staged? Larger gestures could convey musical meaning to the audience. If these gestures were coupled with a video projection of what the acting individual performer was seeing at that moment in the virtual space, their visual experience could be shared with everybody on the main-stage screen. Depending on the musical development, individual screens that show the instrumentalist's perspective could occasionally be brought to the foreground, alternating with the virtual, white performance space in which the four players are depicted as avatars. This would be particularly effective in combination with solo passages or distinct musical patterns that can clearly be assigned to one individual player.

In this way, everything would come together in the physical world of the performance space, the sonic result, the performers with their physical gestures on stage, and their visual representation on the main-stage screen. Going to an extreme, the role of director of visuals who features players' projections on the main screen could even be assigned to individual audience members in a participative setting. Ultimately, this could result in a dramaturgical setting in which musical structure, gestural play, and choice of the video screened add to the cinematographic experience for players and audience alike.

I hypothesize that by shifting the conceptional compositional focus from imitating traditional classical instruments to the unique features of the Coretet and the special staging of *Trois Machins de la Grâce Aimante*, the musicians would gain more musical and performative agency and meaningfulness in their explorative creative actions; additionally, the audience would gain more direct access to the virtual world of the Coretet, which again might counterbalance the feeling of being left out and emotional distance that some of our visitors described.

'사랑의 은혜의 세 가지 기계들'에서 탐구할 가치가 있는 또 다른점은 영화적 특징이다. 청중은 총 5 개의 화면을 볼 수 있다. 무대 뒤의 대형 주요 화면과 각각의 연주자에게 할당된 4 대의 노트북이 연주자와 함께 테이블에 놓여 있다. 이 개별 컴퓨터 화면은 각 연주자가 가상 공간에서 보는 것을 보여주므로 관객들은 VR 안경 뒤에 숨겨진 악기에 대한 연주자의 1 인칭 시점을 엿볼 수 있다. 모든 사람이 그 연결 관계를 이해했던 것은 아니다.

총 5 개의 화면이 있었기 때문에 나는 작품에 집중하기가 어려웠는데, 그것은 내가 항상 한 화면에서 다음 화면으로 이동하면서, '각 화면의 목적이 무엇이지? 여기서는 무슨 일이 일어나고 있지?' 하고 궁금해했기 때문이다. ... 하나의 큰 화면과 4 개의 분할 화면이 함께 있었다면 더 이해하기 쉬웠을 것이다. (Focusgroup_2 2018, IP3)

그렇다면, 각 연주자의 개별 행동, 그들이 보는 것, 그리고 그것이 공연되는 방식을 서로 어떻게 연결시킬 수 있을까? 더 큰 동작은 관객에게 음악적 의미를 전달할 수 있다. 이러한 동작을 가상 공간에서 공연하는 각각의 연주자가 그 순간에 보고 있는 것을 영상과 결합했다면, 그들의 시각적 경험은 무대 화면에 있는 모든 사람과 공유될 수 있었을 것이다. 음악의 전개에 따라서, 때때로 연주자의 관점을 보여주는 개개의 화면들을 전경에 보여주고, 4 명의 연주자가 아바타로 묘사되는 가상의 흰색 공연 공간과는 교대로 보여줄 수 있었다. 이것은 독주 패시지들이나 한 명의 연주자가 명확하게 할 수 있는 뚜렷한 음악 패턴을 연주할 때 특히 효과적일 수 있다.

이러한 방식으로, 소리의 결과물, 무대 위 연주자들의 실제 동작들, 무대 화면에 나타나는 그들의 시각들, 이 모든 것들이 실제의 공연 공간에서 하나로 합쳐진다. 극단적인 방식으로는, 심지어 무대 화면에 나타나는 연주자들의 영상을 담당하는 영상 감독의 역할을 개별 관객들이 대신하도록 맡길 수도 있다. 궁극적으로 이는 음악적 구조, 동작 및 상영되는 영상의 선택이 연주자와 관객 모두에게 영화예술적 경험을 높이는 극적 설정으로 나타날 수 있다.

나는 개념적 작곡의 중심을 전통적인 클래식 악기의 모방에서 Coretet 고유의 특징들과 '사랑의 은혜의 세 가지 기계들'을 위한 특별한 공연으로 이동시킴으로써, 음악가들이 그들의 탐구적이고 창의적인 활동에서 음악적, 공연적 수행성과 의미를 더 많이 얻을 것이라고 생각한다. 게다가 관객은 Coretet 의 가상 세계에 더 직접적으로 접근할 수 있을 것이며, 이는 다시 일부의 우리 방문자들이 묘사한 감정적 괴리와 소외된 느낌을 상쇄할 수 있을 것이다.

In addition, one performer suggested that the Coretet could be employed as an educative tool in audience outreach in participative settings in which audience members are allowed to play and explore the instrument. Another performer thought the instrument had even further artistic and social potential:

Let's say we look a bit further into the future. In my opinion, in maybe fifteen or twenty years from now it will be possible for people from different parts of the planet to play in some kind of international virtual reality online jam session, similar to the way that they connect with each other to play games all night today. An improvisation session for which they can just sit in their home, put on their VR glasses, get connected with each other and make music. Just like that. That would be really great. Well, I think this project is one of the greatest examples of how we can use technology and virtual reality for us, for the future and especially for art. I am sure it will have really big resonance in the future and will serve a good purpose: for art and for the next generation. (Quartet 2018, IP1)

In the following case study, *Terrain Studies* by Christof Ressi, I investigate how the virtual space the performer moves in and the actual physical performance space are connected and shared between audience and performer and in which way the interplay of both influences the experience of the work.

Case study 2: Christof Ressi's *Terrain Study*

Christof Ressi's *Terrain Study* is an audiovisual composition for solo instrumentalist and virtual reality system conceptualized as a ludified 3D performance environment that takes place in both virtual and physical space. "The situation is that of a classic first-person game. There is the camera that is linked to the player's field of vision. It is ... a classic VR game where one moves in a [virtual] environment" (Ressi 2018).⁹ The instrumentalist wears a VR headset (model HTC-VIVE) and experiences the performance exclusively in the virtual 3D environment, whereas the audience follows the projection of the player's VR perspective on a screen placed on the main stage, where the performer is also physically present in the center of attention.

The performer's tasks encompass the creation of the entire sound world—there are no preproduced or synthesized sounds—and the visual manipulation of the initial landscape, the visual and sonic interaction with objects that appear, the so-called 'orbs' (see figure 7), and last but not least the enactment of a performative scene on the physical stage. The landscape and the musical and bodily interaction with it become the performer's creative interface.

또한, 한 연주자는 관객이 악기를 연주하고 탐색할 수 있는 참여 환경에서 Coretet 을 관객 홍보의 교육 도구로 사용할 수 있다고 제안했다. 또 다른 연주자는 이 악기가 더 많은 예술적, 사회적 잠재력을 지녔다고 생각했다.

조금 더 미래를 내다본다고 가정해 보자. 내 생각에는 오늘날 사람들이 서로 연결해서 밤새워 게임을 하는 것처럼, 지금으로부터 15 년 혹은 20 년 후에는 지구의 여러 다른 지역의 사람들이 일종의 국제적인 온라인 가상 현실에서 즉흥 연주를 하는 것이 가능할 것이다. 그냥 집에 앉아서 VR 안경을 쓰고 서로 연결해서 음악을 만들 수 있는 즉흥 연주 말이다. 그냥 그렇게. 정말 좋을 것이다. 이 프로젝트는 우리가 우리 자신, 미래, 그리고 특히 예술을 위해 기술과 가상 현실을 어떻게 사용할 수 있는지를 보여주는 가장 훌륭한 예 중 하나라고 생각한다. 나는 이것이 미래에 정말 큰 반향을 일으킬 것이며 예술과 다음 세대를 위한다는 좋은 목표에 기여할 것이라고 확신한다. (Quartet 2018, IP1)

다음 사례 연구인 크리스토프 레시의 '지형 연구'에서 나는 공연자가 들어가는 가상 공간과 실제 물리적 공연 공간이 어떻게 연결되고 관객과 공연자 사이에서 어떻게 공유되는지, 그리고 이 둘의 상호 작용이 작품을 경험하는 데 어떤 영향을 미치는지 살펴본다.

사례 연구 2: 크리스토프 레시의 지형 연구

크리스토프 레시의 '지형 연구'는 가상 및 실제 공간 모두에서 재현되는 3D 공연 환경으로 개념화된 솔로 악기 연주자 및 가상 현실 시스템을 위한 시청각 작품이다. "공연은 전형적인 1 인칭 게임으로, 연주자의 시야와 연결된 카메라가 있다. 그것은 ... 한 사람이 [가상] 환경에서 움직이는 고전적인 VR 게임이다." (Ressi 2018). 악기 연주자는 VR 헤드셋(모델 HTC-VIVE)을 착용하고 가상 3D 환경에서만 공연을 하는 데 반하여, 청중은 무대에 설치된 스크린에 보이는 연주자의 VR 관점을 따라가며, 이 연주자는 물리적으로 무대에서 관객의 집중을 받는다.

연주자가 할 일은 사전 제작되거나 합성된 소리가 아닌 소리를 만들어 나가는 것과 초기의 풍경(landscape)을 시각적으로 조작하는 것, 소위 '구체(ord)'라고 불리는 드러나있는 물체와 시청각적 상호 작용하는 것 (그림 7 참조), 그리고 마지막으로 실제 무대에서 공연 장면을 만드는 것을 포함한다. 풍경과 음악적, 신체적 상호작용은 연주자의 창의적인 인터페이스가 된다.

Actually, this landscape is an instrument. You have these orbs which you can interact with and which record your sounds ... One's own behavior in the space influences the sound, in fact more and more so in the course of the game. And then slowly, this transfers to the landscape itself ... Whatever you do—soundwise or with your head [the head movement is tracked via the VIVE]—is translated into parameters that eventually deform the environment more and more. (Ressi 2018)¹⁰

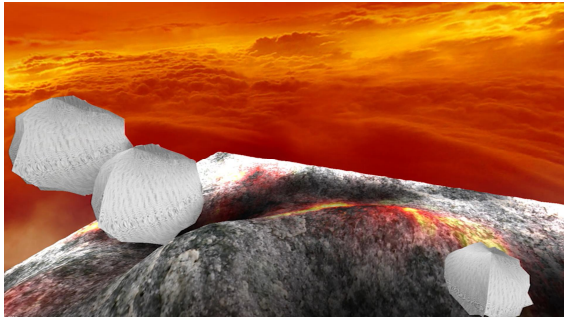


Figure 7. Screenshot of *Terrain Studies* showing the landscape with hovering orbs. © ndbewegtbild

In the beginning, the instrumentalist tentatively explores the virtual landscape by improvising. Soon she encounters flying orbs, which invite playful interaction. Whenever the performer touches one of the orbs, they briefly turn red, which signifies that they are now recording the sound produced by the performer. Having finished recording, they start to pulsate and play back the recorded sound while circling around the player. Soon the orbs float away into the landscape, thereby modifying the sonic characteristics of the looping sound. The orbs' own movement in the landscape and the (computer-tracked) movement of the performer's head both influence the sound processing. If the orbs descend towards the ground, the pitch of the recorded sample becomes gradually lower, and if they rise into the sky, the pitch rises as well. Likewise, if the performer raises her head, a delay sets in that is spread across the ambisonic loudspeaker system. Over the course of the piece, the performer is increasingly amplified and blends into the overall level of dynamics, which according to the composer subtly suggests that she is becoming more and more part of the artificial environment. Gradually the performer's presence in the landscape and influence on the environment grows. This is not limited to the sonic world, but has visual consequences as well.

The first thing that happens is that an orb floats towards me. If I approach the orb closely enough, it turns red, which is the moment when I can play for it. So what I'm playing right now is recorded and stays in the orb. It then starts to pulsate and reproduces my sound in a loop, which is immediately modified. It is pitched up or down, mostly sounds a bit rougher, not anymore as I recorded it myself. And the pulse, the delay, can also change. This can sometimes be faster, sometimes slower. The volume also changes depending on how far the orb is away from me. And soon a second orb will be added. And a third. And a fourth. I can always fill them with different sounds. One can also stop an orb by approaching it again until it turns red, and if you then don't play, you fill it with silence, and the sound stops. (Lüneburg 2018c)

사실 이 풍경은 도구다. 당신은 이 구체들과 함께 상호 작용할 수 있고 당신이 만드는 소리를 녹음할 수 있다 ... 이 공간에서 사람의 행동은 소리에 영향을 미치며 실제로 게임이 진행되는 동안 영향력은 커진다. 그리고 천천히 이것은 풍경으로 전달된다 ... 소리를 내거나 머리를 사용하여 [머리의 움직임이 VIVE 를 통해 추적됨] 무엇을 하든 결국 환경을 점점 더 변형시키는 매개변수로 변환된다. (Ressi 2018)

그림 7. 공중에 떠 있는 구체들이 있는 풍경을 보여주는 지형 연구의 스크린샷. © ndbewegtbild

처음에는 연주자가 가상 풍경을 즉흥적으로 탐구해본다. 곧 그녀는 장난스러운 상호작용을 불러일으키는 날아다니는 구체와 마주한다. 연주자가 구체들 중 하나를 만질 때마다 잠시 빨간색으로 바뀌는데 이것은 연주자가 만들어낸 소리를 녹음하고 있음을 나타낸다. 녹음이 끝나면, 구체들은 연주자 주변을 맴돌면서 진동을 시작하고 녹음된 사운드를 재생한다. 구체들은 곧 풍경 속으로 떠내려가면서 반복되는 소리의 특성을 변형시킨다. 풍경속의 구체들의 움직임과 컴퓨터로 기록되는 연주자 머리의 움직임은 모두 소리를 만드는 데에 영향을 미친다. 구체가 지면으로 내려가면 녹음된 샘플의 음이 점차 낮아지고, 하늘로 올라가면 음도 함께 높아진다. 마찬가지로 연주자가 고개를 들면 앰비소닉 스피커 시스템(ambisonic loudspeaker system) 전체에 걸쳐 딜레이가 설정된다. 작품이 진행되는 동안 연주자의 소리는 점점 증폭되어 전체적인 섀미림과 섞이게 되는데 작곡가에 따르면 이것은 그녀가 점점 더 인공적인 환경의 일부가 되고 있음을 미묘하게 암시하는 것이다. 점차적으로 풍경과 환경에 대한 연주자의 영향력이 커진다. 이것은 소리 세계에 국한되지 않고 시각적인 결과에도 나타난다.

가장 먼저 구체가 나를 향해 떠오른다. 구체에 충분히 가까이 다가가면 붉게 변하는데, 이때 내가 구체에 연주를 할 수 있고, 그것이 녹음되어 구체에 남는다. 그다음 그것이 진동하기 시작하고 내가 연주한 것이 반복적으로 재생되고 바로 또 변형된다. 음이 높거나 낮고 대부분 더 거칠게 들리며, 이것들은 더 이상 내가 직접 녹음한 것에서 멀어진다. 그리고 리듬, 즉 딜레이 되는 것도 변할 수 있다. 이것은 때로는 더 빠르기도 하고 때로는 더 느릴 수도 있다. 구체가 나와 얼마나 떨어져 있는냐에 따라 음량도 변한다. 그리고 곧 두 번째 구체가 추가된다. 그리고 세 번째, 네 번째. 나는 항상 다른 소리를 만들 수 있다. 빨간색으로 변할 때까지 다시 구체에 접근하여 그것을 멈출 수도 있으며, 그 후 내가 연주를 하지 않으면 침묵이 흐르고 소리가 멈춘다. (Lüneburg 2018c)

In the virtual world, the player stands on a square island that starts out as an artificial plain surrounded by water. As soon as the performer plays her first note, the topology immediately begins to react to her sonic input and body movements, slowly changing into a hilly island, turning into a volcano, a desert or a mountain formation. The audience is able to follow the performer's movements in the virtual 3D landscapes on the main-stage screen. Behind her VR glasses she needs to climb steep hills, cross ravines and interact with the floating orbs. In the real world, however, the instrumentalist is plainly standing on the floor of the stage within a marked-off square and the audience sees her move within these boundaries.

First it gets hilly, then there are very, very high mountain peaks and extremely deep gorges, and as a performer I have to go through this landscape again and again. This is sometimes uncomfortable because I have the physical feeling that I am really in a real landscape, that is, one step further and I fall down the slope. Of course, this is not the case in reality, because you always move on the level stage. (Lüneburg 2018c)

The audience takes the role of backseat gamers gathered around the 'skillful player,' who negotiates the difficult terrain, interacts with the obstacles thrown in her path, and at the same time composes the music.

The audience always sees the landscape from my perspective. When I turn my head while playing, the stage screen also shows the section of the area I'm looking at right now. (Lüneburg 2018c)

Moreover, via the spatial arrangement of the audio rendition, performer and audience share what game theoretician Gordon Calleja calls a "a sense of habitation within the game environment" (Calleja 2011: 75). What the performer hears within her VR headset and the angle from where a sound source reaches the performer in the virtual world is mapped onto the ambisonic loudspeaker system of the performance space. In this way, the performer has real-time control over the audience's listening situation. However, this mapping results in a different sonic experience for the audience than for the player, since the instrumentalist is continuously changing her position in the landscape, whereas the audience is sitting completely still, facing in a single direction only. For the instrumentalist the sounds remain stable and naturally related to her movements and her viewing direction, whereas each of her head movements causes a dramatic shift in the spatial placement of sounds for the audience.

Over the course of the piece, the sounds and landscape undergo more and more electronic processing, which again is controlled by the movements of the player. Ressi explains that the virtual world and the player become one:

In principle, my position in the space and my head orientation allow me to shape the sound ... which then slowly changes to the landscape itself, which is then deformed more and more. ... In the end there is almost a situation where the space no longer exists without the violin. There is a point where the violin needs to maintain this space entirely. And when she plays certain things, the world is completely broken. It is actually a shift from 'I am a part in this room' to 'I am the room.' (Ressi 2018)¹¹

가상 세계에서 연주자는 물로 둘러싸인 인공 평원으로 시작하는 정사각형 섬에 서 있다. 연주자가 첫 번째 음을 연주하자마자 위상(topology)의 배열은 즉시 그녀가 입력하는 음과 몸의 움직임에 반응하기 시작하여 천천히 언덕이 많은 섬으로 바뀌고, 화산, 사막, 또는 산으로 변화한다. 관객은 무대 화면에서 가상의 3D 풍경 속 연주자의 움직임을 따라갈 수 있다. VR 안경 너머 연주자는 가파른 언덕을 오르고, 계곡을 건너고, 떠다니는 구체들과 상호작용해야 한다. 그러나 현실 세계에서는 표시된 사각형 안 무대 바닥에 분명히 서 있고 관객은 이러한 경계 내에서 그녀의 움직임을 본다.

처음에는 언덕이 많고, 다음에는 매우 높은 산봉우리와 매우 깊은 협곡이 있으며, 연주자로서 나는 이 풍경을 계속해서 지나야 한다. 실제 풍경 속에 있는 것 같은 현실적 느낌, 즉 한 걸음 내디딜 때 내리막길로 떨어지는 느낌이 들기 때문에 이것은 때때로 불편하다. 물론 현실세계에서는 항상 레벨 단계로 이동하기 때문에 이렇지 않다. (Lüneburg 2018c)

어려운 지형을 헤쳐나가고, 길에 놓인 장애물들과 상호작용하고, 동시에 음악을 작곡하는 '숙련된 연주자'를 중심으로 관객들은 모여 참견하는 게이머의 역할을 한다.

관객은 항상 내 관점에서 풍경을 본다. 연주를 하다가 고개를 돌리면, 무대 화면에도 내가 지금 보고 있는 부분이 나온다. (Lüneburg 2018c)

또한, 오디오 재생의 공간적 배치를 통해, 연주자와 청중은 게임 이론가인 고든 칼레야(Gordon Calleja)가 "게임 환경 내의 주거의 감각"이라고 부르는 것을 공유한다(칼레야 2011: 75). 연주자가 VR 헤드셋에서 듣는 것과 가상 세계에서 음원이 연주자에게 도달하는 각도가 공연장의 앰비소닉 스피커 시스템에 맵핑된다. 이런 식으로 연주자는 청중들이 듣는 소리를 실시간으로 제어할 수 있다. 그러나 연주자는 풍경 속에서 계속해서 자신의 위치를 변경하는 반면 청중은 한 방향만 바라보고 완전히 정지해 있기 때문에, 이러한 맵핑은 연주자와 청중에게 다른 청각적 경험을 제공한다. 그녀의 머리의 움직임은 공간에서의 소리의 위치가 청중에게는 극적으로 변화하도록 들리게 하는 반면, 연주자에게 그 소리들은 그녀의 움직임 및 보는 방향과 연관이 있으므로 안정적이고 자연스럽다.

작품이 연주되는 동안 소리와 풍경은 점점 더 많은 처리(electronic processing)를 거치며, 이는 다시 연주자의 움직임에 의해 제어된다. 레시는 가상 세계와 연주자가 하나가 된다고 설명한다.

원칙적으로, 공간에서의 나의 위치와 머리 방향은 소리를 형성할 수 있게 한다 ... 소리는 천천히 풍경 자체로 바뀌고 점점 더 변형된다 ... 결국 바이올린 없이는 더 이상 공간이 존재하지 않는 상황이 된다. 바이올린이 이 공간을 완전히 지배하는 지점이 있고, 그녀가 어떤 특정한 소리를 연주할 때, 세상은 완전히 무너진다. 그것은 '나는 이 방의 부분이다'에서 '나는 이 방이다'로의 전환이다. (Ressi 2018)

The mark for the “performer vs. system agency” axis lies in the middle, corresponding to the fact that the performer is presented with an interactive environment and tasks that are both carefully conceptualized. At the same time, the performer’s input is required to shape the scenery in both musical and visual terms. The performer’s stage presence is important and conducive for the audience’s experience. Every action of the performer is meaningful and its short-term and long-term results can be observed by both player and audience. The performer literally shapes the landscape, the music, and the cinematographic scene and constructs the overall form of the performance. Accordingly, the creative leeway given to the performer is marked as very high.

The marks on the presence axis show that audio input and movement data mapping are essential for *Terrain Studies*. The feeling of “liveness” on the performer’s side corresponds with this and is also perceived by the audience. One interviewee remarked: “The reaction between the musician and the visual effects and sound was really fast and just good” (Focusgroup_2 2018, IP2). The ludus axis indicates a minimum of rules, which were indeed rather general explanations about how the player’s improvisation and movements would influence the system and what to do first: catch a flying orb and fill it with a sound, then watch what happens and react to it. *Terrain Studies* supports paidic play, and exploration and improvisation stand at the foreground of the player’s experience

How was the Piece Received by the Audience?

More than 90% of the respondents to the questionnaire stated that the game aspect of the performance of *Terrain Studies* was of central importance to them. This was brought up by the interviewees in the focus group as well: “With the virtual there is of course already an association of play through the performer” (Focusgroup_1 2018, IP4).¹² However, they did not feel like backseat players: “Through these balls that come towards you ... you have the feeling that you are more in the middle of it. But really as a backseat player? No, not at all!” (Focusgroup_1 2018, IP3).¹³ According to the questionnaire, many felt drawn in by the coalescence of the visual, performative, and sonic elements triggered through the performer’s interaction with the orbs and landscape in the virtual environment.

With Ressi I thought it came across pretty well through the visual and auditory level that these orbs were activated. Because they were so distorted and then sounded themselves. It was actually immediately clear that she would go there and record something, then the orb would replay it. (Focusgroup_2 2018, IP3)¹⁴

I think that was an essential principle, ... that you could follow the eyes of the performer. To put myself in her position definitely works better this way! (Focusgroup_2 2018, IP1)¹⁵

“연주자 대 시스템의 실행성” 축의 표시는 중간에 있으며, 이는 신중하게 개념화된 상호 작용하는 환경과 작업이 연주자에게 제공된다는 사실에 해당한다. 동시에 음악적, 시각적 측면에서 풍경을 만들려면 연주자의 연주가 필요하다. 연주자는 무대에 반드시 등장해야하고 이것은 청중의 경험에 도움이 된다. 연주자의 모든 행동은 의미가 있으며 그의 장기적, 단기적인 결과는 연주자와 관객 모두가 경험할 수 있다. 연주자는 말 그대로 풍경, 음악, 영화적 장면을 만들고 공연의 전체적 형식을 구성한다. 이에 따라 연주자에게 주어지는 창작의 재량의 정도는 매우 높다고 표시된다.

존재축의 표시는 오디오 입력 및 동작의 데이터 매핑이 ‘지형 연구’에 필수적임을 보여준다. 연주자 입장에서 느끼는 ‘생생함’은 이에 상응하며 관객들에게도 인지된다. 한 인터뷰 대상자는 “연주자와 시각효과, 음향의 반응이 정말 빠르고 좋았다”고 말했다(Focusgroup_2 2018, IP2). 규칙(ludus) 축은 최소한의 규칙을 나타내며, 연주자의 즉흥 연주와 동작이 시스템에 어떤 영향을 미칠지 그리고 무엇을 먼저 해야 하는지에 대한 일반적인 설명이며, 이는 날아다니는 구체를 잡고 그것을 소리로 채운 다음, 어떤 일이 일어나는지 지켜보고 그것에 대해 반응하는 것 등이다. ‘지형 연구’는 연주자의 탐험과 즉흥 연주를 앞세워 유희적 연주를 기반으로 한다.

작품은 관객들에게 어떻게 받아들여졌는가?

설문 응답자의 90% 이상이 ‘지형 연구’ 연주의 게임적인 특성이 가장 중요했다고 말했다. 포커스 그룹의 인터뷰 대상자들도 다음과 같이 말했다. “연주자를 통한 연주와 가상에서 일어나는 일의 연관성은 분명하다.” (Focusgroup_1 2018, IP4). 그러나 그들이 혼수를 두는 연주자처럼 느끼지지는 않았다. “당신을 향해 오는 이 공들을 통해 ... 당신이 그 중 한가운데에 있다고 느낀다. 하지만 혼수를 두는 연주자로서는 전혀 아닙니다!” (Focusgroup_1 2018, IP3). 설문 조사에 따르면, 많은 사람들이 가상 환경에서 구체들과 풍경과의 상호 작용을 통해 만들어진 시각적, 연주적, 소리적 요소들의 결합에 매료되었다.

구체들이 너무 왜곡되어 소리를 냈기 때문에 레시와 마찬가지로 나는 이 구체들이 활성화되는 것이 시각적 청각적으로 꽤 잘 전달되었다고 생각했다. 그녀가 거기에 무엇인가를 녹음하면 구체가 그것을 재생할 것이라는 것은 즉각적으로 알 수 있었다. (Focusgroup_2 2018, IP3)

연주자의 시선을 따라갈 수 있다는 것은 필수적인 원칙이었다고 생각한다. ... 나 자신이 연주자의 위치에 있는 것이 확실히 더 효과적이다. (Focusgroup_2 2018, IP1)

Sounds and visuals typical of computer games, cultural references to well-known game types (such as sports games using Wii controllers), and the use of interfaces that are typical for games (such as the VR headsets or game controllers) underline the impression of a game-related artwork. One interviewee observed: "I mostly found a connection between game, art, and music on the visual level. For me, the game level is always the visual one. Be it the image or the performative physical level" (Focusgroup_1 2018, IP4).¹⁷

The game aspect of the works was able to facilitate spectators' access to the aesthetics of the artwork or at least help them to cope with the work's 'weirdness': "I think that it won't work without these gaming elements because it is actually weird to listen to for most people. It is very, very weird music" (Focusgroup_1 2018, IP2).¹⁸ Nevertheless, the game aspect does not guarantee the inner involvement of the audience: "It is very important for me to say that I was only there as an observer and that it would probably be quite different if I did it myself" (Focusgroup_1 2018, IP1).¹⁹ Last but not least, a lack of observable and comprehensible game mechanics, such as rules and goals, can throw the audience off: "For me, the gaming character was gone immediately when I saw no goal of the whole. Why do you do that now? What is the motivation behind it?" (Focusgroup_1 2018, IP1).²⁰

To conclude, I investigate which kind of agency and meaningfulness is created through the fusion of virtual reality and physical reality in the representation of an artwork. How does the given setup aesthetically and performatively impact the work of the performer and the audience's perception? What influence does it have on the player's ludic and performative involvement? What could a space of possibility look like that furthers the performer's creative range of expression in both the physical space of a concert performance and the virtual space beyond the VR glasses?

Although according to the questionnaire most members of the audience experienced *Terrain Studies* as positive, they also described it as dystopian, nightmarish or overwhelming, and for some it bordered on 'too much': "Occasionally I looked away because there were a lot of impressions at once, and that was almost a bit overwhelming, actually" (Focusgroup_1 2018, IP3).¹⁶

Conclusion

Conditions for Involvement

The performers measured Hamilton's virtual instrument Coretet and the agency it provided them against their traditional physical instrument and missed the reliability and flexibility offered by the latter. They felt they needed this reliability and flexibility for their musical playing and that their musical and performative decision making was at

컴퓨터 게임의 전형적인 사운드와 영상, 잘 알려진 게임 유형(예를 들어 Wii 컨트롤러를 사용하는 스포츠 게임들)에 대한 문화의 언급, 게임에 사용되는 일반적인 인터페이스(예를 들어 VR 헤드셋 또는 게임 컨트롤러)의 사용은 게임과 관련된 작품이라는 인상을 준다. 한 인터뷰 대상자는 다음과 같이 말했다. "게임, 예술, 음악 사이의 연관성은 시각적으로 가장 많이 드러났다. 나에게 있어서 게임의 관점은 항상 시각적인 것이다. 그것이 이미지이거나 실행하는 물리적 관점이면 된다."(Focusgroup_1 2018, IP4).

작품의 게임적인 특성은 관객이 작품의 미학에 쉽게 접근할 수 있도록 하거나 작품의 '기묘한 부분'을 대하는 데에 최소한의 도움이 될 수 있었다. 실제로 그 음악은 대부분의 사람들이 듣기에는 매우 기묘하기 때문에, 게임 요소 없이는 사람들이 이 음악에 접근하기에는 어려울 것이다." (Focusgroup_1 2018, IP2). 그럼에도 불구하고 게임은 청중의 내적 참여를 보장하지는 않는다. 나는 단지 관찰자로서 그곳에 있었고 내가 직접 했다면 아마 꽤 많이 달라졌을 것이라고 생각한다." (Focusgroup_1 2018, IP1). 마지막으로 중요한 것은 규칙들 및 목표들과 같은 관찰 가능하고 이해할 수 있는 게임 메커니즘의 부족으로 인해 청중이 실망할 수 있다는 것이다." 전체적인 목표를 모른다면 게임 캐릭터는 의미가 없었다. 지금 왜 게임을 할까? 그 동기는 무엇일까?" (Focusgroup_1 2018, IP1).

결론적으로, 나는 예술작품의 재현에 있어서 가상현실과 실제의 융합을 통해 어떤 행위와 의미가 만들어지는지 연구한다. 주어진 설정이 연주자의 연주와 청중의 인식에 미학적, 연주적으로 어떤 영향을 미칠까? 그것은 연주자의 유희적인 연주적인 참여에 어떤 영향을 미칠까? 실제 공연장과 VR 안경 너머의 가상 공간 모두에서 연주자의 창의적 표현의 폭을 넓혀주는 가능성의 공간은 어떤 모습일까?

설문 조사에 따르면 청중의 대부분은 '지형 연구'를 긍정적으로 경험했지만, 그들은 이것을 반이상주의적, 악몽적 또는 압도적인 것으로도 설명했으며 일부는 '너무 앞서갔음'이라며 경계를 드러냈다. 한 번에 너무 많은 인상을 받아서 가끔 눈을 돌렸는데, 그런 부분이 조금 압도적이었다."(Focusgroup_1 2018, IP3).

결론

참여를 위한 조건들

연주자들은 해밀튼의 가상 악기 Coretet 과 그것이 제공한 연주 가능성을 기존의 실제 악기와 비교하여 평가했으며 실제 악기가 가지고 있는 신뢰와 유연성의 부재를 경험했다. 그들은 음악을 연주하기 위해 이러한 신뢰와 유연성이 필요하며, 음악적 및 연주적 결정이 최소한 부분적으로는 방해 받는다고 느꼈다. 대신에 나는 악기의 영화적, 몸짓과

least partially impeded by it. I claim that concentrating instead on the instrument's cinematographic and gestural as well as performative potential could considerably increase both the performers' agency and the audience's involvement. In my opinion, this would allow for a different kind of performative and musical action and creative decision making "that let performers transmit the artistic experience on a social and artistic-communicative level in cognitive, sensor-motoric or emotional ways" (Lüneburg 2018a).

Ressi aims at building a system in which performer and audience and the virtual realm and physical concert space are tightly intertwined. Actions and gestures in the physical space have clearly discernable artistic results in the virtual space. The concert space's technological and stage setup translates these actions and results to the audience in an understandable way, thereby strengthening involvement and the feeling of meaningfulness for both player and audience members. This could be observed in the performer and focus group interviews and the audience questionnaires from the lab concerts.

Tacit Knowledge

Tacit knowledge helps audience members to relate to a performer's ludic or performative actions and to identify with the person or the situation. Moreover, it furthers the inner involvement of the observing audience members. As the sociologist Stephen Turner suggests, tacit knowledge of an activity allows for better understanding and communication: "Some activity, inference, or communicative act depends on both the user and the recipient possessing some inferential element or mechanism which allows them to understand, anticipate, co-operate, or co-ordinate with another" (Turner 2014, p. 155). In Hamilton's work, audience members were able to relate to the VR experience and use of game controllers mostly via their personal playing of sports, dance, or racing games and musical games such as *Guitar Hero*. Ressi's work seemed to speak to them through their knowledge of and experience with open-world games and first-person games.

Hamilton states that "an understanding of the interconnected nature of any human-occupied virtual space with our own physical world" has informed his artistic endeavour with the Coretet (cf. the chapter "Composing (and Designing) *Trois Machins de la Grâce Aimante*"). The same notion has guided my investigation of both Hamilton's and Ressi's works. I found two fundamentally different approaches to dealing with virtual reality. Hamilton chose to convert a physical instrument into the virtual idea of one. He focused on the development of an instrument for a new environment that emulates a traditional one and takes it beyond pre-conceived instrumental boundaries. Ressi, by contrast, invented a virtual environment that is manipulated and shaped with the help of an 'ordinary'

연주의 가능성에 집중하면 연주자의 연주 능력과 청중의 참여 모두 상당히 증가할 수 있다고 주장한다. 나는 이것이 다른 종류의 공연 및 음악적 행동과 창의적인 의사 결정을 가능케 할 것이라고 생각하며, 이는 연주자들이 사회적 그리고 예술적인 의사 소통에서 일어나는 예술적인 경험을 인지, 감각, 운동, 감정적 부분에 전달하게 하는 것이다. (Lüneburg 2018a).

레시는 연주자와 관객, 그리고 가상의 공간과 공연장이 긴밀하게 얽혀 있는 시스템을 구축하는 것을 목표로 한다. 물리적 공간에서의 행동과 동작은 명확하게 식별 가능한 가상 공간에서의 예술적 결과를 만든다. 공연장의 기술 및 무대 설정은 이러한 행동과 결과를 관객에게 이해할 수 있는 방식으로 바꾸어 줌으로써 연주자와 관객 모두의 참여와 의미있는 느낌을 강화시킨다. 이는 연주자와 포커스 그룹의 인터뷰들과 실험 공연들의 청중 설문들에서 확인할 수 있다.

암묵적인 지식

암묵적인 지식은 청중이 연주자의 유희적이거나 연주적 행위들을 이해하고 그 사람이나 상황을 공감하는 데 도움이 된다. 그리고 관찰하는 청중들의 내적 참여를 더한다. 사회학자 스티븐 터너(Stephen Turner)가 제안한 것처럼 어떤 행동에 대한 암묵적인 지식은 더 나은 이해와 의사소통을 가능하게 한다: "어떤 활동, 추론 또는 소통의 행위는 사용자와 대상자가 가진 추론적 요소나 기전에 따라 달라지는데, 이른 요소들은 상대방을 이해하고 예상하며, 그와 협력, 조정할 수 있도록 해준다."(터너 2014, p. 155). 해밀턴의 작품에서 관객들은 주로 스포츠, 댄스, 경주 게임이나 기타 히어로(Guitar Hero)와 같은 음악 게임의 개인적 경험을 통해 가상 현실 경험과 게임 컨트롤러 사용을 이해할 수 있었다. 레시의 작업은 '오픈 월드 게임'과 1 인칭 게임에 대한 지식과 경험을 통해 그들에게 이해되는 것 같았다.

해밀턴은 "인간이 점유하는 모든 가상 공간과 우리의 물리적 세계가 상호 연결된 특성에 대한 이해"가 Coretet 과의 예술적 노력에 영향을 미쳤다고 말한다 ("사랑의 은혜의 세 가지 기계들"의 작곡(Composing (and Designing) *Trois Machins de la Grâce Aimante*" 장 참조). 나의 연구도 해밀턴과 레시의 작품에 대한 이 관념에 이끌렸다. 나는 가상 현실을 다루는 근본적으로 다른 두가지의 접근 방식을 찾았다. 해밀턴은 실제 악기를 하나의 가상의 아이디어로 변환하는 것을 선택했다. 그는 전통적인 환경을 모방하고 선입견의 경계를 넘어서는 새로운 환경을 위한 악기 개발에 중점을 두었다. 대조적으로, 레시는 '일반' 악기와 물리적 세계에서의 연주자의 신체 움직임으로 조작되고 형성되는 가상 환경을

instrument and the player’s body movements in the physical world. What unites both works is that actions in one reality have an impact on the other. However, the two composers pursued different artistic goals.

만들었다. 현실에서의 하나의 행동이 다른 현실에 영향을 미친다는 것이 두 작업을 하나로 묶는다. 그러나 두 작곡가는 서로 다른 예술적 목표를 추구했다.

References

Calleja, Gordon. *In-Game From Immersion to Incorporation*. Cambridge, MA, 2011.

Croft, John. “Theses on liveness.” *Organised Sounds* 12:1 (2007), pp. 59–66.

Focusgroup_1. Interview by Marko Ciciliani and Barbara Lüneburg with the participants of focus group 1 in the framework of the GAPPP lab concert at the Institut für Elektronische Musik und Akustik’s Cube in Graz (Austria) on September 27, 2018.

Focusgroup_2. Interview by Andreas Pirchner with the participants of focus group 2 in the framework of the GAPPP lab concert at the the Institut für Elektronische Musik und Akustik’s Cube in Graz (Austria) on September 27, 2018.

Hamilton, Rob. Interview by Andreas Pirchner with composer Rob Hamilton on his work *Trois Machins de la Grâce Aimante* within the framework of *GAPPP – Gamified Audiovisual Performance and Performance Practice*. Interview conducted on July 29, 2018.

Lüneburg, Barbara [2018a]. “Between ‘Ludic Play’ and ‘Performative Involvement.’” *eContact!* 202 (2018). Available online at https://econtact.ca/20_2/lueneburg_gamifiedmultimedia.html (last accessed June 18, 2020).

Lüneburg, Barbara [2018b]. “Between Art and Game: Performance Practice in the Gamified Audiovisual Artworks of GAPPP.” *The Computer Games Journal* 7 (2018), pp. 243–260. Available online at <https://doi.org/10.1007/s40869-018-0066-7> (last accessed June 16, 2020).

Lüneburg, Barbara [2018c]. Interview by Marko Ciciliani with performer Barbara Lüneburg within the framework of *GAPPP – Gamified Audiovisual Performance and Performance Practice*. Interview conducted on September 29, 2018.

Quartet. Interview by Barbara Lüneburg with the performers of Hamilton’s string quartet in the framework of the GAPPP lab concert at the Institut für Elektronische Musik und Akustik’s Cube in Graz (Austria) on September 27, 2018.

Ressi, Christof. Interview by Andreas Pirchner with composer Christof Ressi in the framework of the GAPPP performance at the Institut für Elektronische Musik und Akustik’s Cube in Graz (Austria) on September 27, 2018.

Salen, Katie, and Eric Zimmerman. *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. Cambridge, MA, 2004.

Turner, Stephen P. *Understanding the Tacit*. New York, 2014.

논문투고일: 2020 년 10 월 27 일

논문심사일: 2020 년 11 월 27 일

게재확정일: 2021 년 10 월 02 일

Notes

- 1 Continuing my research in “Between ‘Ludic Play’ and ‘Performative Involvement,’” *eContact!* 202 (2018), and “Between Art and Game: Performance Practice in the Gamified Audiovisual Artworks of GAPPP,” *The Computer Games Journal* 7 (2018), pp. 243–260.
- 2 In my paper “Between ‘Ludic Play’ and ‘Performative Involvement,’” I discuss the GAPPP works *Tonify* (2017) by Martina Menegon/Stefano D’Alessio, *Kilgore* (2017–18) by Marko Ciciliani, and *game_over_1.0.0* (2017) by Christof Ressi. In “Between Art and Game: Performance Practice in the Gamified Audiovisual Artworks of GAPPP,” I investigate *Attractive Correlations* (2017) by Kosmas Giannoutakis and Simon Katan’s *Conditional Love* (2016). The abovementioned works by Ressi, Ciciliani, and Giannoutakis are documented on the USB stick included with this volume.
- 3 At that time, of the three movements of *Trois Machins de la Grâce Aimante*, only Movement II had been finalized and accordingly was the only one to be premiered by the musicians.
- 4 Orig.: “Ich habe mich oft gefragt, was sehen die, was ich nicht sehe? Wie kommunizieren die? Kommunizieren die überhaupt miteinander? ... Ich habe die ganze Zeit darauf gehofft, dass ich was sehe. Irgendeine Art von Kommunikation, die mich auch ein bisschen mitfeiern lässt, so was von ‘Macht’s doch mal was zam!’ ... Ich habe mich eigentlich fast immer nur als Beobachter gefühlt, weil ich auch nicht eingreifen konnte. Ich hab schon gedacht, ich würde am liebsten hingehen und sagen: dieses Ding da, leg’s dir doch einfach hin und spiel schön damit, und zeig’s nicht so her.”
- 5 Orig.: “Ich fahre selber öfters mal Rennsimulator mit VR-Brillen und das macht halt Spaß solange man selbst fährt. Und sonst glaub ich ist das als Beobachter nicht so lustig, wie als jemand der das wirklich performt.”
- 6 Orig.: “Das hat etwas von Wii spielen, wo man so herumfuchteln muss, und man das auch mit mehreren Leuten macht.”
- 7 Orig.: “Ich habe mich dort hineingezogen gefühlt, wo ich das Gefühl gehabt habe, die vier sind jetzt aufeinander abgestimmt, musizieren. Meistens hat es sich für mich so angefühlt, als würde jeder sich für sich bewegen. Aber ganz kurz, vor allem wenn sie sich ganz schnell bewegt haben, hat es dann so gewirkt als wären sie aufeinander abgestimmt. Und das waren dann diese Momente, wo ich mich mehr involviert gefühlt habe. ... Für mich war das kein Effekt vom Gaming, sondern hoch ästhetisierend und partizipativ, eigentlich.”
- 8 Orig.: “Dadurch dass es insgesamt fünf Bildschirme gab, hab ich mich nicht so richtig reinfühlen können, weil ich immer von einem zum anderen gesprungen bin und mir gedacht hab, was macht der Bildschirm? Was passiert da? ... Ich hätte es invasiver gefunden, wenn ich einen großen Bildschirm gehabt hätte mit vier Splitscreens, wo ich dann die vier Bildschirme auf einem sehe.”

9 Orig.: "Die Situation ist die eines klassischen First-Person-Games. Es gibt die Kamera, die eigentlich an das Blickfeld des Spielers gekoppelt ist. Es ist ... ein klassisches VR-Game, wo man sich in einem [virtuellen] Raum bewegen kann."

10 Orig.: "Eigentlich ist diese Landschaft ein Instrument. Man hat diese Kugeln, mit denen man interagieren kann und die deine Sounds aufnehmen ... Das eigene Verhalten im Raum beeinflusst den Klang, und zwar im Laufe des Stücks immer mehr. Und dann geht es langsam auch auf die Landschaft selbst über das was man klanglich oder mit dem Kopf macht [die Kopfbewegungen werden über die VIVE wird getrackt, Anmerkung der Autorin], wird in Parameter übertragen, die die Landschaft mehr und mehr deformieren."

11 Orig.: "Im Prinzip ist es so, dass ich durch meine Position im Raum und durch meine Kopf-Orientierung den Klang gestalten kann, ... was dann langsam auf die Landschaft selbst übergeht, die dann dadurch mehr und mehr deformiert wird Am Ende gibt es fast eine Situation, wo der Raum ohne die Geige überhaupt nicht mehr existiert. Es gibt einen Punkt, wo die Geige schauen muss, diesen Raum überhaupt aufrecht zu erhalten. Und wenn sie gewisse Sachen spielt, ist die Welt komplett kaputt. Eigentlich ist es eine Verlagerung von 'Ich bin ein Teil in diesem Raum' hin zu 'Ich bin der Raum.'"

12 Orig.: "Mit dem Virtuellen gibt es natürlich schon durch die Performerin die Assoziation von Spiel."

13 Orig.: "Durch diese Bälle die dann auf einen zugekommen, ... hat man das Gefühl, man ist mehr mitten drin, aber so richtig als Mitspieler, nein das gar nicht."

14 Orig.: "Bei Ressi fand ich, kam es durch die visuelle, und auditive Ebene ziemlich gut rüber, dass man diese Kugeln aktiviert. Dadurch dass sie so verzerrt wurden und dann selbst geklungen haben, war eigentlich sofort klar, sie geht da jetzt hin und spielt was ein—dann spielt die Kugel das nach."

15 Orig.: "Ich glaube das war schon ein wesentliches Prinzip, dass man den Blicken der Performerin folgen konnte. Das Reinversetzen ist so definitiv besser!"

16 Orig.: "Teilweise habe ich beim letzten zwischendurch weggeschaut, weil es sehr viele Eindrücke auf einmal waren, und das fast ein bisschen überfordernd war, eigentlich."

17 Orig.: "Also einen Zusammenhang von Game, Art und Musik habe ich am meisten auf der visuellen Ebene gefunden. Die Game-Ebene ist für mich immer die visuelle. Sei es die Bildebene oder die performative körperliche Ebene."

18 Orig.: "Ich glaub' dass das ohne diese Gaming-Elemente nicht so funktioniert weil es eigentlich für die meisten Menschen schräg anzuhören ist. Es ist halt sehr, sehr schräge Musik."

19 Orig.: "Für mich ist es sehr wichtig zu sagen, dass ich nur als Beobachter dabei war, und dass es wahrscheinlich etwas ganz anderes wäre, wenn ich das selbst machen würde."

20 Orig.: "Für mich war der Gaming-Charakter sofort weg, wenn ich kein Ziel gesehen habe von dem Ganzen, wieso man das jetzt macht. Welche Motivation steckt dahinter?"

Dynamic Stochastic Control Voltage Generation: Iannis Xenakis' GENDY as a Control Surface for Modular Synthesizer

Daniel McKemie

Independent Artist, New York, USA

info [at] danielmckemie.com

<https://www.danielmckemie.com>

Two case studies outlining an approach surrounding Iannis Xenakis' Génération Dynamique Stochastique (GENDY) program as a declarative and performative control voltage generator for a modular synthesizer. The first of which utilizes a 3rd party GENDY implementation adapted to control hardware in real time. The second being an interpretation written in Python, exploring the mathematics and aesthetics informed by GENDY to encode waveforms as control voltages.

Keywords: synthesis, stochastic, Xenakis, modular synthesizer, Csound, Python

Introduction

Iannis Xenakis introduced the foundations of what would eventually become the GENDY (Dynamic Stochastic Synthesis Génération Dynamique Stochastique) program in *New Proposals in Microsound Structure* (Xenakis 1992). In this chapter he outlines a methodology for the implementation of stochastic processes in the construction of sonic waveforms. It was later in his essay *Dynamic Stochastic Synthesis* that these methods were placed in more concrete mathematical terms (Xenakis 1992).

Early examples of Xenakis' use of stochastics to directly generate audio signals include his *Polytope de Cluny* (1972) and *La Légende d'Eer* (1977). He paused his research during much of the 1980s, instead focusing on instrumental works and his UPIC System (Xenakis, 1992). It was then in the 1990s that the GENDY program and concept was formalized. This ultimately led to the realization of the compositions *Gendy3* (1991) and *S.709* (1994) which demonstrated a complete picture of stochastic processes that determined all aspects of a composition. The possibilities that are inherent in the GENDY system are vast, but for the purposes of this paper I will focus on the algorithmic construction and development of complex waveforms for the manipulation of external systems.

This paper uses two of my compositions as case studies to show examples of two different ways that the ideas from GENDY can be applied as a control mechanism of an analog modular synthesizer. The first example in this paper discusses a Tito Latini port to Csound of the GENDY program in Csound to control the algorithm's parameters in a live setting. Given that the focus of computer music for the last two decades has centered more around live performance than fixed media, it is a suitable development in adapting this work to these modern uses.

The second example demonstrates the use of Xenakis' techniques to define musical form and emphasizes the evolution of this form over time by way of the inaudible control voltages that are generated. This process aligns more with the compositional world in which Xenakis worked: declaring parameters in advance and then running the program to sonically realize the musical result with no interference during computing. Here, instead of treating the program's output as final, it is used as a control stencil in that the computed signals are output as voltage then patched into the modular synthesizer.

Hybrid System

These examples make use of both the computer and the modular synthesizer in one cohesive system. This combination seeks to expand the capabilities of both devices to fully maximize the possibilities of signal generation, modulation sources, and analog and digital computation in live performance (McKemie 2021). The Hybrid System enables the computer to send control signals to the synthesizer which impacts its sonic output. Similarly, the modular synthesizer sends control signals back to the computer, informed by *and* informing the computer's actions in a quasi-recursive feedback loop. There are many options in how a Hybrid System can be configured based on user interests. These are discussed in detail in my online article "Live Coding Control of a Modular Synthesizer with Chuck" (McKemie 2019)¹.

In the same vein as *Gendy3*, the simultaneous realization of multiple tracks of the algorithm is possible (Hoffmann, 2009). Independent control over each track's parameters lends itself well to a variety of patch points of a modular synthesizer. The tracks can send either audio or control voltage (CV) signals that are derived from the mathematics of the algorithm in action and further mod-

ulated to whichever degree the end user's hardware is capable.

Inversely, the use of triggers and gates from the modular synthesizer enables time-based influence over various parameters in the algorithm, therefore expanding the feedback capabilities overall. These two directions of influence create an opportunity for the creation of an environment in which everything *can* influence anything else.

In one example, a sample and hold circuit is firing random triggers back into the computer to randomly change the parameters of a single track. This track is also acting as the source signal from which the sample and hold circuit/module grabs its values. While the computer could use its system information to provide seeding for the random number generators that I used to define plot points of the waveform², I opted instead to manually assign seed values to reproduce desirable sequences while manipulating other non-random variables. The analog white noise generator gives a unified bridge between the two systems. The speed at which the sample and hold sends a trigger is determined by the level of a different track's y-axis movement range. In this situation, as the amplitude distribution becomes more intensified, the more likely it is that the sample and hold circuit will fire. The result is a self-generating feedback loop that plays itself without, at least theoretically, ever repeating. The white noise generator in the sample and hold provides what amounts to be one of the truest forms of randomness available to humans.

Adaptations of GENDY

Case Study 1: *Dynamic Stochastic Control Voltage Generation (after Xenakis)*

Tito Latini ported the microsound generator portion of the GENDY program to Csound³ as an opcode based on Nick Collins' Gendy1 ugen in SuperCollider (Collins, 2011). Within this ugen there are nine parameters:

1. Amplitude
2. Amplitude Distribution Curve
 - a. Linear
 - b. Cauchy
 - c. Logistic
 - d. Hyperbolic Cosine
 - e. Arc Sine
 - f. Exponential
 - g. Sinusoid
3. Duration Distribution Curve

- a. (same as above Amp Distribution Curves)
4. Amplitude Distribution Range
5. Duration Distribution Range
6. Amplitude Multiplier (scale)
7. Duration Multiplier (scale)
8. Minimum Allowable Frequency of Oscillation
9. Maximum Allowable Frequency of Oscillation

Using TouchOSC (Open Sound Control)⁴ on an iPad, these parameters can be manipulated live, providing continuous and tangible control of the algorithm while also allowing for playback at either audio or sample rate over multiple tracks. Figure 1 shows the surface layout for controlling the parameters in Csound.

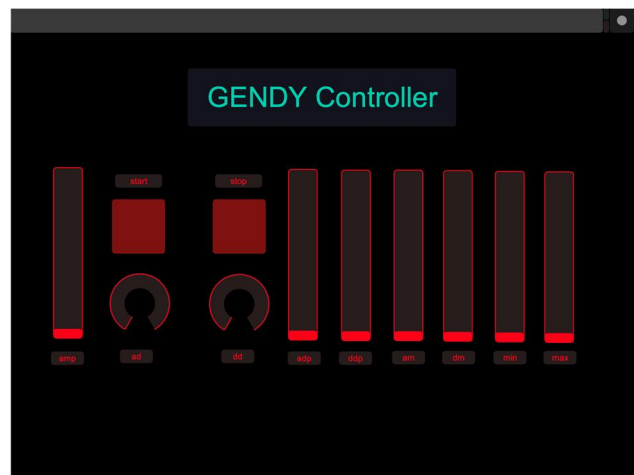


Figure 1. TouchOSC layout to control Csound layer of GENDY program

This is a powerful implementation of the technique for not only its mobile control, but also being provided with a set of highly customizable touch components to control the algorithm in detailed ways. Figure 2 shows in Csound how OSC is wired to the GENDY opcode for live control.

```

;Dynamic Stochastic Synthesis (after ;Xenakis) OSC Receive Snippet
instr 333
kSlider 1 init 0.0
kSlider 2 init 0.0
...
kSlider 7 init 0.0
Stext sprint "%i", $R_PORT
ihandle OSCinit $R_PORT
kAction OSClisten ihandle,
"/gendyCsound", "fff",
    kSlider1,
    kSlider2,
    ...
    kSlider7
;FREQ controls should never hit 0
;Params scaled for effectiveness
in ;live performance
    
```

```
aout gendy 0.7, 0, kSlider3, kSlider4,
kSlider5, kSlider1+0.01, kSlid-
er2+0.01, kSlider6, kSlider7
outq1 aout
endin
```

Figure 2. Code snippet of OSC control of the GENDY Csound opcode

As an example of real-time control of the GENDY program using Csound, my piece *Dynamic Stochastic Control Voltage Generation (after Xenakis)* translates multiple iterations of the algorithm into control voltage (CV) signals that are patched into a modular synthesizer (McKemie, 2020). These include anything from oscillator frequency, filter cutoff, envelope parameters, and more. The program also receives output(s) from the modular synthesizer in the form of trigger and gate signals which are used to randomize the algorithm's parameters, thereby changing the signal output from the computer. This creates a feedback mechanism between the two halves of the system and injects the performance with an added layer of indeterminacy, pushing the player into a trinity of human – machine – computer with each providing their own unique contribution to the order.

Aesthetically, the purpose of this work was to expand upon the use of Xenakis' algorithm, all the while paying homage to the composer. It is certainly clear for those familiar with the audible characteristics of GENDY that it was not my intent to mask that quality, but rather, to embrace it as a necessary part of the work. This stands in contrast to other adaptations of the program, which have sought to either update the platform in which the program is running (Hoffmann 2009) or to faithfully reproduce new works aligned with how Xenakis may have realized them (Doornbusch 2002).

One of the primary tools used here to convert the audio output of the algorithm to control signals in this work is a bank of envelope followers, and my aim with the work was to see what musical opportunities might arise when they were used to control the available modules in the system. With that came the challenge of mixing seven different GENDY instances into one system to achieve a stereo output that did not devolve into constant noise. This was a particularly important point as a product of something akin to pure noise due to a failure in mixing or appropriate signal flow design would negate the purpose of this adaptation. With the goal being a continuation of the canon, I felt it important to treat the process much like a performative interpretation of GENDY, rather than a gutting of it (Di Scipio 2011).

Case Study 2: Time Declaration

The second case is a program written in Python to generate values from a random walk that are then translated into points of a waveform and extracted to a wave file. Unlike the previous example this approach focuses more on variability and change over time, although not in *real* time. This specific use also moves away from the parameters and mathematics found in the original GENDY algorithm to focus more on the concepts of random walks and how different arrangements of stochastic points can approach of *composing the sound vs composing with sound* that summarizes this musical approach best, which is arguably what Xenakis set out to do with GENDY3 and S.709 (Di Scipio 1998).

Stochastic math is what Xenakis used to define form, content and events throughout all his oeuvre, with the GENDY program doing the same, albeit algorithmically and with synthesized audio (Xenakis, 1985). Still using multiple realizations of the algorithm as tracks as Xenakis did, this follows the same aesthetic goal of Xenakis' design of Dynamic Stochastic Synthesis as outlined in his essay. The process here is defining a range of time in seconds as audio sample rate, the number of integers calculated by the program, the bit depth of each point, and finally encoding these values to construct a waveform. A truly random distribution is heard as white noise, with the most orderly sequence being heard as a simple waveform. While he never explored the effects of sample rate changes on the algorithm, he was aware interested in it being a parameter of exploration in future work (Hoffmann 2009).

The declaration of sample rate correlates to the distance between two points on the x-axis of the waveform, with a higher sample rate allowing for higher density and lower rates for lower density. The sample rates explored here ranged from only 10-300 samples per second. The program compiles the values and renders them to a wave file which was then placed into a DAW and sent through individual outputs in a DC-coupled audio interface. Figure 3 illustrates an example snippet of constructing a basic set of integers and encoding the waveform.

```
# Time Declaration snippet
# setup
output = wave.open('sample.wav', 'w')
prob = [0.25, 0.75] # walk direction
start = 0
values = [start]
np.random.seed(123)
distro =
np.random.standard_cauchy(length)
dec = distro < prob[0]
inc = distro > prob[1]
```

```

# random walk
for idec, iinc in zip(dec, inc):
    down = idec.any() and values[-1]
        > -32767
    up = iinc.any() and values[-1] <
        32767
    values.append(values[-1] -
        down + up)
...
# Encode waveform
for i in values:
    data = struct.pack('<h', i)
    output.writeframesraw(data)
output.close()

```

Figure 3. Python snippet random walk and wave encoder

A second example of a different approach using Python, my piece *Time Declaration* uses a program written that encodes waveform data into audio. In the development of this piece, the program was run numerous times with all tracks sharing the same starting point, but the random walk was seeded differently each time in order to produce variations in the direction of each track. To emphasize or clarify the form, some of the signals are treated as triggers. This is achieved by measuring the amplitude of the signal in relationship to a predefined threshold and executing a trigger command each time the signal crosses this threshold. This approach is similar to the routing assignments in the Csound version. The effects of these triggers on the form of the piece can be heard in the changes to the density of events in the excitation of the spring reverb tank and digital noise bands.

Aesthetics

Striking features of *Gendy3* and *S.709* are the wide bands of noise and aliasing, both of which are often considered undesirable in audio signals, are a prime characteristic (Serra, 1993). In both *Dynamic Stochastic Control Voltage Generation (after Xenakis)* and *Time Declaration*, leaving these artifacts intact and magnifying them where applicable, was by design as an homage to Xenakis' work. Within the discourse about the qualities and preferences between analog and digital audio, digital audio holds a special place in this series of examples. Having extensively worked with tape early in his career, Xenakis reveled in the unique characteristics and qualities that digital audio synthesis provides, and in his last two computer music works he is not shy about pushing these characteristics to new levels.

The goal here is not to simply replicate the mathematics or its results as Xenakis intended, but instead to evolve and adapt the technique in different ways. Specifically, being able to control the algorithm over time, which was

not possible in the late 1980s. The direct live control over the characteristics and shape of an audio source on a microlevel is wholly unique even by present day standards. A modular synthesizer allows the user to sculpt audio in direct and immediate ways, all while patching the system to be self-generative should it be desired. This offers a deeper level of control that moves beyond the plane of chaos and order of the algorithm alone.

Like Xenakis, there were other composers and engineers working in similar music domains that documented their work in papers, books, and manuals since at least the 1960s, and the concepts presented throughout this paper could easily be modified and applied to these works to extend beyond where they left off.

Future Work

One planned project opts to use the Daisy Seed board to realize both the algorithm and the control signal generator in one core⁵. This board is capable of housing the functionality needed for the GENDY program as well as the digital to analog and analog to digital conversions at both audio and sample rate, as demonstrated above. Moving forward I intend to adapt the entire tech stack illustrated in this paper into a more-streamlined solution.

On the Python side I intend to build more of the GENDY algorithm in code and to create a standalone application to run in the command line. Furthermore, to introduce new libraries that will enable the program to be integrated with other pieces of software as well as the internet, and to explore deeper mathematical possibilities in the fields of physical modeling, artificial intelligence, and live coding.

Acknowledgments. Many thanks to Ryan Ross Smith for his encouragement and insight along the way.

References

- Collins, N. (2011). Implementing Stochastic Synthesis for Super-Collider and iPhone. In *Proceedings of the Xenakis International Symposium*. London, UK. Goldsmiths, University of London.
- Di Scipio, A. (1998). Models in Xenakis's Electroacoustic Music. In *Perspectives of New Music* 36/ 2: 201-243. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Di Scipio, A. (2011). Clarification on Xenakis: The Cybernetics of Stochastic Music. In *Symposium Présences de Xenakis* (Makis Solomos, ed.): 71-84. Paris, FR: *Centre de Documentation de la Musique Contemporaine et Radio France*.

- Doornbusch, P. (2002). *Corrosion. Music for Instruments, Computers, And Electronics*. CD, EMF CD 43. Albany, NY: Electronic Music Foundation.
- Hoffmann, P. (2009). *Music Out of Nothing? A Rigorous Approach to Algorithmic Composition by Iannis Xenakis*. Dr. phil. Dissertation. Berlin, DE: Technischen Universität Berlin.
- Luque, S. (2009). The Stochastic Synthesis of Iannis Xenakis. In *Leonardo Music Journal 19*: 77-84. Cambridge, MA: MIT Press.
- McKemie, D. (2019). *Live Coding Control of a Modular Synthesizer with Chuck*. Online Article.
- McKemie, D. (2020). *D/A /// A/D*. CD, VCR-1001. Brooklyn, NY: Voltage Control Records.
- McKemie, D. (2021). *Control Surfaces: Using the Commodore 64 and Analog Synthesizer to Expand Musical Boundaries*. SEAMUS 2021 Paper/Presentation. Charlottesville, VA: University of Virginia.
- Serra, M. (1993). Stochastic Composition and Stochastic Timbre: GENDY3 by Iannis Xenakis. In *Perspectives of New Music 31/ 1*: 236-257. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Xenakis, I. (1985). *Arts/Sciences: Alloys*. Hillsdale, NY: Pendragon Press.
- Xenakis, I. (1992). *Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition*, revised ed. Hillsdale, NY: Pendragon Press.

¹ Live Coding Control of a Modular Synthesizer with Chuck - <https://toplap.org/live-coding-control-of-a-modular-synthesizer-with-chuck>

² Random number generators to define plot points for waveform generation: <https://docs.python.org/3/library/random>

³ The manual for the Csound implementation can be found here: <https://csounds.com/manual/html/gendyc.html>

⁴ TouchOSC is a modular OSC and MIDI control surface for iOS and Android: <https://hexler.net/touchosc>

⁵ Daisy Seed Embedded Platform for Music - <https://www.electro-smith.com/daisy/daisy>

[Abstract in Korean | 국문 요약]

동적 추계학의 제어 전압 생성:

모듈식 신서사이저의 제어 표면으로서 이아니스 크세나키스의 젠디

다니엘 맥케미

이아니스 크세나키스의 젠디GENDY(동적 확률 생성) 프로그램을 모듈식 신서사이저의 서술적이고 실행적인 제어 전압 생성기로 활용하는 접근방법을 간략히 설명하는 두 가지 사례 연구이다. 첫번째는 실시간으로 하드웨어를 제어하도록 조정된 제3의 젠디 실행을 사용하는 예이다. 두번째는 파이썬Python으로 작성된 해석인데, 젠디가 제어전압으로 파형을 코딩하는데 알려진 수학과 미학에 대하여 탐구한다.

주제어: 합성, 확률적, 크세나키스, 모듈식 신서사이저, 시사운드 Csound, 파이썬.

논문투고일: 2021년 09월30일

논문심사일: 2021년 11월30일

게재확정일: 2021년 12월02일

A System of Contexts for the Analysis of Electroacoustic Music

Guillermo Pozzati

Department of Music, Universidad Nacional de las Artes, Argentina
guillermopozz [at] gmail.com

A system of contexts for the analysis of electroacoustic music is introduced. Four different types of context are considered and taken as the basic components of a theoretical system for musical analysis. On the one hand, there is the context defined by the work itself, made up of all the sounds, structures, events and sound objects that are part of the piece and whose organization allows the work to be identified as such, as a unit. On the other hand, there is the context formed by all the baggage of knowledge, experiences, expectations, beliefs and assessment criteria that the listener has built or acquired prior to listening to the piece of music. Two types of sub-contexts within the piece are also taken into consideration, the one defined by isolated sounds and that defined by musical segments encompassing several sounds. To explore the interactions between these contexts eight types of relationships between them are defined and examples of how they operate in real musical pieces are given. A multitude of usual terms and concepts in musical analysis such as reduced listening, fractality, sound, musical piece, musical style, etc. are reviewed in light of these interactions.

Keywords: Electroacoustic music, system of contexts, focal pitches, analysis, reduced listening.

The core of this article is divided into three parts. The first part presents different contexts involved in listening to electroacoustic music. Their general characteristics are described and, in some cases, specific analytical tools are proposed for its study. The second part shows how these contexts interact with each other. Eight types of binary relationship between contexts are presented and phenomena arising from these relationships are examined. Finally, the third part provides additional examples that illustrate how these contexts work cooperatively functioning as a true system.

Part I: The Contexts

There are four types of context that will be considered in this paper and that are involved in listening to electroacoustic music. They are defined by:

- The inner content of individual sound objects.
- Musical segments that encompass various sound objects. These contexts will be called *local contexts*.
- The musical piece.
- The knowledge, experiences, expectations, beliefs and assessment criteria that the listener has built or acquired prior to listening to the piece of music. This context will be called *the external context*.

They will be denoted by the letters *w*, *x*, *y* and *z*, respectively. Each of them is discussed separately below.

The Inner Content of Individual Sound Objects (*w*)

Each sound object defines a context. It defines a border that separates what is part of it from what is not. This means that no matter how complex the interior context of a sound object is, it will be perceived as the internal richness of a single sound. We now present concepts that

prove useful for the analysis of the interior of a sound object.

First and second order focal pitches. There are sound objects of a certain duration and complexity in which it is possible to clearly perceive one or more pitches that become the focus of attention during listening. These pitches can form true internal melodies that characterize the evolution of the sound object. They will be called *first-order focal pitches*. It is very useful to analyze a sound object by locating first-order focal pitches on its spectrogram. This allows a 'spectral dissection' operation that consists of separating the focal pitches on the one hand and the rest of the sound object without those focal pitches on the other. In this remainder, other focal pitches may eventually be perceived that had not been consciously initially detected. These new focal pitches, if any, will be called *second order focal pitches*. The concept of focal pitch can be generalized to that of *focal element* to encompass any characteristic of the sound object that is relatively stable and with high salience.

Internal rhythm. Perceived changes in the spectral quality of a sound object can give it an *internal rhythm*. A particular case is when a first-order focal pitch presents perceptually clear amplitude oscillations whose peaks (local maxima) do not exceed on average five or six per second.

Local Contexts (*x*)

A local context is a musical segment that encompasses various sound objects. Local contexts are organized hierarchically, the large ones encompassing the smaller ones.

The Musical Piece (*y*)

It is the context defined by the piece itself. It is made up of all the sounds, structures, events and sound objects that are part of the piece and whose organization allows the work to be identified as such, as a unit.

The External Context (z)

It is the context formed by all the baggage of knowledge, experiences, expectations, beliefs and aesthetic-musical assessments that the listener has built or acquired prior to listening to the piece of music. Included here is the listener's knowledge of sounds from the external world, including their causes and meanings. His or her knowledge about works, musical styles, musical composition and technological tools related to the creation of electroacoustic works also belong to this context. The listener's perceptual capacity is also part of the external context.

Previous Work on Contexts

Innumerable references to factors external to the work can be found in the literature, for example:

In my discussion of music, I would like to use the term 'mimesis' to denote the imitation not only of nature but also of aspects of human culture not usually associated directly with musical material. (Emmerson 1986)

The existence and usefulness for the analysis of contexts of type *w* and *x* also has antecedents in the literature. See Smalley's distinction between *texture-carried* and *gesture-carried*. Even the term *context* is used in the following quote:

... we can refer to the context as *gesture-carried* or *texture-carried*. (Smalley 1997)

In relation to the transition from one type of context to the other, Smalley uses the expression

We seem to cross a blurred border... (Smalley 1997)

This leads us to the next section.

Borders between Contexts

There are sound events that inhabit a border area between contexts of type *w* and type *x*. Between one type of context and another there is a diffuse zone, of transition. It is possible for example that certain events are halfway between roughness and fast iteration. In other words, between a context *w* (a sound object with rough quality) and a context *x* (that presents in rapid repetition a version without roughness of that same sound object). This transition zone is related to the way perception processes acoustic changes at different time scales. Its musical importance is echoed in the following statement by K. Stockhausen.

Thus the transition from one time-area to another causes a change in our perception of phases. This observation could form the basis of a new morphology of musical time. (Stockhausen 1959)

A musical example that exploits this transition zone is presented in the third part of this paper¹.

Contexts and Time Scales

C. Roads (2001) lists nine time scales. There is a correlation between the contexts of type *y* and *z* with the *macro-* and *supra-time scales*, respectively. Likewise, it is tempting to relate contexts of type *w* and *x* with the *sound object time scale* and the *meso time scale*. However, a context of type *w* is defined more by qualitative factors rather than quantitative/ temporal issues. The defining quality of type *w* is that it is texture-carried, in Smalley's terms. A three-minute drone is a *w*-type context, and a half-second melodic gesture, made up of three pitches in rapid succession, will define a type *x* context as long as the listener hears that there is more than one sound in that unit.

Contexts and Musical Entities

Many relationships involving sound objects and local contexts (R_{ww} , R_{wx} , and R_{xx}) can be based on the same common nucleus. That nucleus can be a sound, a spectral quality, a succession of pitches, etc. The different variants around this nucleus will be perceived as different facets of the same entity (and not as different entities). The contexts involved in these relationships are the 'stage' where an entity is presented from multiple perspectives. Each recontextualization of the nucleus gives rise to a new experience that adds to the previous ones to favor a deeper understanding. Each new perspective reveals a particular manifestation of something more general. A geometric analogy seems pertinent. A cube viewed from the front looks like a square. If you look at it from another perspective, you can see other faces. The experience offered by each new angle of observation is integrated with the previous ones and deepens the understanding of the object of perception. The different experiences are not associated with different entities but with different facets of the same entity. The third part of this paper presents a detailed example of an interval (C-G) that through successive recontextualizations leads to diverse musical meanings. It will also be seen that each pitch of this interval tells a different story, C changing its spectral quality and G crossing the boundary that leads from roughness to iteration, that is, it crosses the dividing line between contexts of type *w* and contexts of type *x*.

Part II: The Eight Types of Intercontextual Binary Relationship

In this section, eight types of binary relationship between contexts will be derived. For this, it is necessary to know the type and quantity of contexts that a piece of music can have. Usually a piece presents several sound objects. Each of them defines a context of type *w*. Sound objects are integrated into larger, hierarchically organized units. These units define contexts of type *x*. It is evident then that there are many contexts of type *w* and type *x* in the same piece of music. Rather, there is a single context of type *y* and a single context of type *z* for each particular listener (the piece itself and the background of that listener, respectively). Each type of context is related to others of the same type, in case there is more than one context of that type, and also to each of the other three types of context. This creates eight fundamental types of relationship between contexts: R_{ww} , R_{wx} , R_{wy} , R_{wz} , R_{xx} , R_{xy} , R_{xz} , R_{yz} .

Relation R_{ww}

Any relationship between two sound objects is a relationship of type R_{ww} . The relationship between two sound objects can be complex and reveal the potential information that the second object generates by 'reinterpreting' focal elements of the first object. By way of illustration, it is useful to compare the first sound object of the work *Base Metals*, by Dennis Smalley, with another sound object of the same piece that begins at 3' 05".

Sound 1. (Fig. 1 Left) - Initial sound object in *Base Metals* by D. Smalley. Available to listen at www.keams.org/emille

Sound 2. (Fig. 1 Right) - Sound object at about 3' 05" in *Base Metals* by D. Smalley.

The first object has two first-order focal pitches, the frequencies of which are indicated as F1 and F4 in Figure 1. The second object has F4, but not F1. The retained focal pitch that was perceived clean in the beginning is now affected by roughness by the presence of spectral energy at frequencies adjacent to F4 and followed by other first-order focal pitches of frequencies F3 and F2 that altogether originate a true internal melody. The top part of the figure also shows the amplitude envelopes of both sound objects. Later in this paper it will be shown how these envelopes, among other factors, influence in different ways the relation of these sounds with the external context.

Sound 3. (Fig. 1 Right) - Possible 1st. order focal pitches of sound object at about 3' 05" by D. Smalley.

Sound 4. Sound object at about 3' 05" in *Base Metals* without 1st. order focal pitches (first remainder).

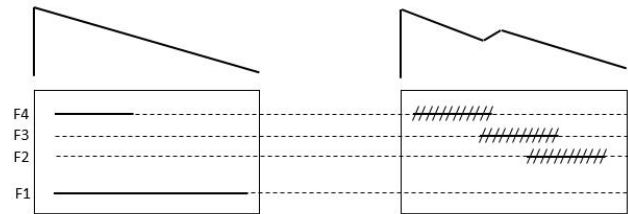


Figure 1. Diagram of some relationships between two sound objects taken from *Base Metals*, by D. Smalley.

Relation R_{wx}

Any relationship between a sound object and a local context is a relationship of type R_{wx} . The nature of the R_{wx} relationship determines whether a sound object is integrated with others in a single gesture or if it contrasts with what surrounds it thus acquiring a particular relief. The study of R_{wx} also allows us to better understand the different types of interaction that can occur between the interior of a sound object and what is outside it. Two types of interaction between a sound object and a local context are examined below, which will be called *combination rhythm* and *projection*, respectively.

Combination rhythm. It is a particular type of interaction between a sound object and its own local context. It combines the traditional notion of rhythm with that of the 'internal rhythm' of sound. The traditional notion of rhythm assumes a relationship between two or more different sounds. An isolated sound is not in itself a rhythm. To be part of a rhythm that sound needs to 'connect' with others. Rhythm is a phenomenon 'external' to individual sounds. In electroacoustic music, on the other hand, it is also common to find sounds that have an 'internal rhythm'. The combination rhythm is that formed by the combination of the internal rhythm of a sound object with the external rhythm that it forms with the sounds that surround it. B. Parmegiani made a graphic transcription of his composition *De natura sonorum*. At time 1' 44" of the first *Étude (Incidences / résonances)* this transcription symbolically reflects four consecutive sound objects. At the top of Figure 2 are the symbols used by Parmegiani for these sounds. The letters A, B, C and D are not part of the original transcription but have been added here to identify the four sound objects in this fragment. The last one (D) has an internal rhythm that interacts with the external rhythm defined by the preceding sounds. The internal rhythm of D is reflected in the spectrogram.

Sound 5. (Fig. 2) Excerpt of 'Incidences / résonances' by B. Parmegiani illustrating the concept of combination rhythm.

Sound 6. (Fig. 2) First order focal pitch in sound D. Its amplitude oscillations give an internal rhythm to D.

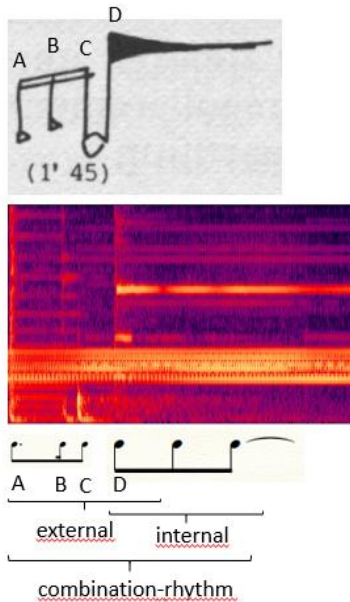


Figure 2. Combination rhythm formed by the interaction between external rhythm and internal rhythm.

Projection. This type of interaction takes place between a sound object and a local context, which may or may not be the same one in which said sound object is presented. The fundamental idea is that there are relationships that originate between different elements of a local context that can be 'projected' inside a sound object. In other words, the internal life of a sound object reflects processes that take place outside of it. Something that happens in a context of type *x* is projected onto one of type *w*. Consider for example two consecutive vowel sounds, instances of the phonemes / u / and / a /. It is possible to project the relationship between these two sounds into a single sound object, whose internal life is based on the continuous transformation that leads from one to the other. The beginning of the *Étude Élastique*, by B. Parmegiani, provides an example (Fig. 3).

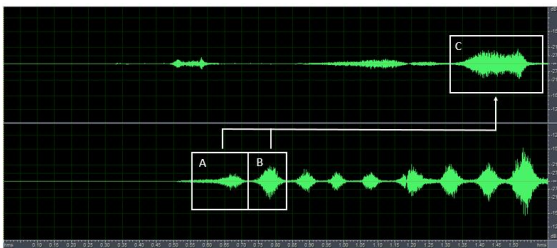


Figure 3. Projection of the sequence A-B inside C

Sound 7. (Fig. 3) Beginning of the 'Étude Élastique' by Parmegiani.

The sequence of sounds A and B in the right channel is projected shortly after to the left channel inside sound C.

Sound 8. (Fig. 3) Sequence of sounds A and B in right channel.

Sound 9. (Fig. 3) Projection of the previous sequence on sound C, in the left channel.

Relation R_{wy}

This relationship takes the whole of the piece as the environment of a particular sound object and analyzes how the context of type *w* defined by this particular sound object is related to everything that happens in the piece. It is here where the extraordinary potential characteristics of this sound object emerge with respect to all the others present in the analyzed composition. The first movement of G. Ligeti's chamber concerto for 13 instrumentalists presents an exceptional event consisting of a long 'E flat', *tenuto*, *pp*, *senza vibrato* that sounds in five octaves. In the context of the piece, this event marks a before and after. On the contrary, the pronunciation of the letter 'C' in the composition entitled *ABC* by P. Lansky, is a salient event only at the level of its own local context, since it is the only vowel sound that is heard in about half a minute. However, considering the complete piece it is clearly seen that it is one more vowel sound among many other vowel sounds that appear when pronouncing other letters of the alphabet. We will return to this piece in Part III.

Relation R_{xx}

Local contexts are organized hierarchically, the large ones encompassing the smaller ones. R_{xx} is the relationship between two local contexts, of the same or different structural level. When the related local contexts belong to different structural level, R_{xx} can reveal interesting phenomena, for example that a small local context summarizes what happens in another of a higher level. Just as a local context can be projected inside a sound object, a local context can be projected onto a lower level one. This idea of projecting the large into the small is at the heart of fractality.

Relation R_{xy}

This relationship allows to have the complete panorama of the structure. The piece shows the relative temporal position of each local context, which defines its formal function in the whole (exposition, development, 'reprise', etc.).

Relations R_{wz} , R_{xz} y R_{yz}

These relationships originate the phenomena of quotes, referentiality and evocation. Also the different *listening modes* enunciated by different authors are determined by the nature of these relationships. For example, attenuating or eliminating (if this were possible) the relation R_{wz} , that is, the relation between a sound object and the external context, leads to the concept of *reduced listening* by P. Schaeffer. On the contrary, in D. Smalley's so-called *technological listening*, we have that the relations R_{wz} , R_{xz} and R_{yz} displace the others:

Technological listening occurs when a listener 'perceives' the technology or technique behind the music rather than the music itself, perhaps to such an extent that true musical meaning is blocked. (Smalley, 1997)

The 'invasive' role of the external context is clear. The 'blocking' of musical significance mentioned by Smalley in his quote coincides with the idea that the three relations discussed here can displace the internal relations R_{ww} , R_{wx} , R_{wy} , R_{xx} and R_{xy} . In other words, the relationships that involve the external context are imposed on the others in a particular and excessive way. The system of contexts is an analysis tool and accounts for this scenario without condemning it, admitting it as one more way of 'listening' among other possible ones. For Smalley, however, this situation does not lead to "true musical meaning".

The R_{wz} relationship of each of the sound objects represented in Figure 1 reveals that the first of them has a high referential power to a bell-like sound. The second, on the other hand, does not refer to the external context with the same force due to its amplitude envelope and the roughness of the focal pitches, among other factors. At most it can be interpreted as a 'sonic metaphor' for a bell-like sound.

Any observation regarding the style of a piece of music involves examining a R_{yz} -type relationship.

The z context of the composer. A case of particular interest is that of the composer, who during the composition of the work has probably heard the sounds of his piece dozens of times, both separately and in different combinations, always carefully and critically examining its constructive and functional potential. The final version of a sound object may be the latest in a series of refinements on previous versions. The composer will be able to identify the sounds with which he worked even when they are part of complex textures. Obviously, the rest of the listeners, who have not had the experience of listening repeatedly and separately to the sound objects, will perceive the music in a different way from that of the composer. The context z of the listeners is very different from that of the composer. The composer often assumes that what he or she hears is similar to what the audience of his or her piece hears in the first place. The composer's context z has unique peculiarities, so it is not possible to expect a high intersubjective correlation between this context with the z contexts of other listeners.

The eight types of binary relationship presented in this section operate simultaneously in the musical phenomenon. Changing one of these relationships affects the other seven².

Part III: Additional Examples

This section presents concrete examples of how the system of contexts operates in electroacoustic works.

ABC by Paul Lansky.

The listener's expectations system can be activated through the use of 'cultural objects' external to the work, objects that the listener knows and whose sequential structure allows predicting its normal continuation. For example the alphabet (a, b, c, d, etc ...) or the natural numbers ordered from least to greatest (1, 2, 3, 4, etc ...). The piece *ABC* by P. Lansky provides a clear example. After having heard the sounds corresponding to 'a', 'b', 'c', ... the listener expects ... 'd', and then ... 'e'. The internal context of the piece favors this tendency, making the time distance between one letter pronunciation and the next always the same. In the absence of temporal regularity, the predictive power generated by the alphabet alone is weakened. It is the mutual cooperation between the external context and the internal context that arouses the emergence of expectation regarding the appearance of the next letter pronunciation. This analysis is an example of a R_{yz} -type relationship. As an example of a relationship of the type R_{wx} , consider for example the sound object that corresponds to the letter 'C' and its local context. In the sound object a noise component and a downward pitch inflection are perceived successively. There are no other vowel sounds in the vicinity (the previous one occurred 16 seconds before and the next will come after 16 seconds). In this way, the local context contributes to the local salience of the sound of the 'C', allowing the memory to record it firmly. Significantly the downward pitch inflection of the sound object lands on the pedal note that is sounding from the very beginning of the piece. This agreement between the last part of a sound object with its local context of getting the same note gives rise to a subtle effect of resolution.

Break Up by Jorge Rapp.

The first CD of electroacoustic music edited in Argentina includes the work *Break Up* by Jorge Rapp. The piece reaches a climax and, after a brief silence, allows to hear an applause, which creates the impression that the work is applauding itself, thus usurping the role of the audience. This is a particular case of a R_{xz} relationship.

Sound 10. Excerpt of *Break Up* by Jorge Rapp.

Smalltalk by Paul Lansky.

The work *Smalltalk*, by Paul Lansky, conveys the most subtle nuances and inflections of the human voice in the context of a conversation. However, the only thing that

the composer leaves hidden at the beginning of the piece is, precisely, the vocal timbre; instead uses a plucked string sound. At a given moment, almost in a ghostly way, the voice is glimpsed for very short moments and deep in the background, as if it were revealing its presence from a hiding place, which leads to a retrospective resignification that allows us to understand that the voices were there from the very beginning of the piece, but the awareness of this does not occur until later. This phenomenon shows that the relationship of a musical piece with an element of the external context may be different from the explicit quote or reference.

Chopin by Guillermo Pozzati

The piece uses piano sounds to quote passages from Chopin's waltz Op. 64 No. 2 and also uses human voices to pronounce the name of the aforementioned composer in French. The listener who knows Chopin and his work then connects on the cognitive plane sounds as different as that of a piano and that of the human voice. The unit is then supplied by the relations with the external context (relations of the type R_{wz} and R_{xz}) and not by internal relations.

El Sendero de Cristal by Guillermo Pozzati

The following analytical comments are based on the stereo version of this piece³. Figure 4 shows the content of the left channel at the very beginning of the work. It is a local context, x , which encompasses two lower-level local contexts, x_1 and x_2 , both have a common nucleus, the succession of pitches C-G. x_2 provides a new perspective in time with respect to x_1 , it shows that the separation in time between C and G can be greater than at x_1 . In other words, after C, G may take longer to appear. Resignifications such as the one described occur in local contexts whose duration and complexity is compatible with the capacity of the listener's short-term memory. When x_2 starts, features of x_1 are in short-term memory and in this way perceptual data can be integrated and give rise to new meanings.

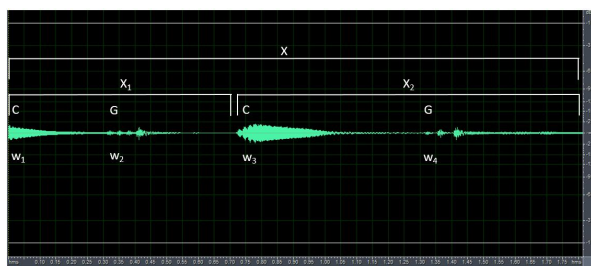


Figure 4. Two local contexts with a common nucleus, C-G. The separation time between the two pitches is longer at x_2 than at x_1 .

Sound 11. (Fig. 4) Local context x showing two temporal perspectives of the interval C-G.

The spectrogram of x_1 is shown in Figure 5. It reveals oscillations in the spectral energy of G that are perceived as roughness. While R_{w_1z} shows referentiality to piano sound, R_{w_2z} is weaker in that sense, roughness weakens referentiality to piano.

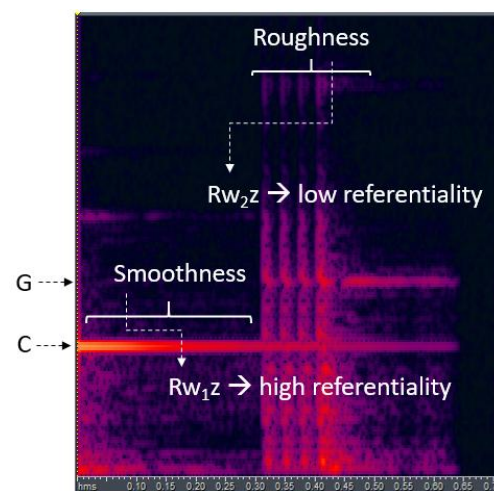


Figure 5. Spectrogram of x_1 .

Sound 12. (Fig. 5) Local context x_1 .

This passage has been analyzed as the sequence of two sound objects, the first based on a C with a piano sound and the second based on a G with a rough quality. Actually C does not disappear when G enters, which can be seen in the spectrogram, but the preeminence of the latter justifies the analysis.

Figure 6 shows a higher-level local context of approximately 16 seconds duration that encompasses the previously analyzed context x . The succession of pitches C-G that x presented from two different perspectives, is presented in this longer segment from multiple perspectives. One of them, boxed in the figure, occurs a little more than two seconds later in the right channel. The information supplied is multiple, the 'C' is rough (the referentiality to the piano sound is weakened), the G is crossing the border that goes from roughness to the fast iteration (the referentiality to the piano sound is strengthened) and, finally, a pitch F that had been clearly heard a moment before appears sandwiched between the two base pitches.

Each note tells its own story. G moves from *pianissimo* to *fortissimo*, from roughness to rapid iteration and delays its appearances until it disappears. In Figure 6 eight occurrences of this pitch are indicated. In the right channel, at time 6.4s, G crosses the boundary that divides the roughness of the iteration.

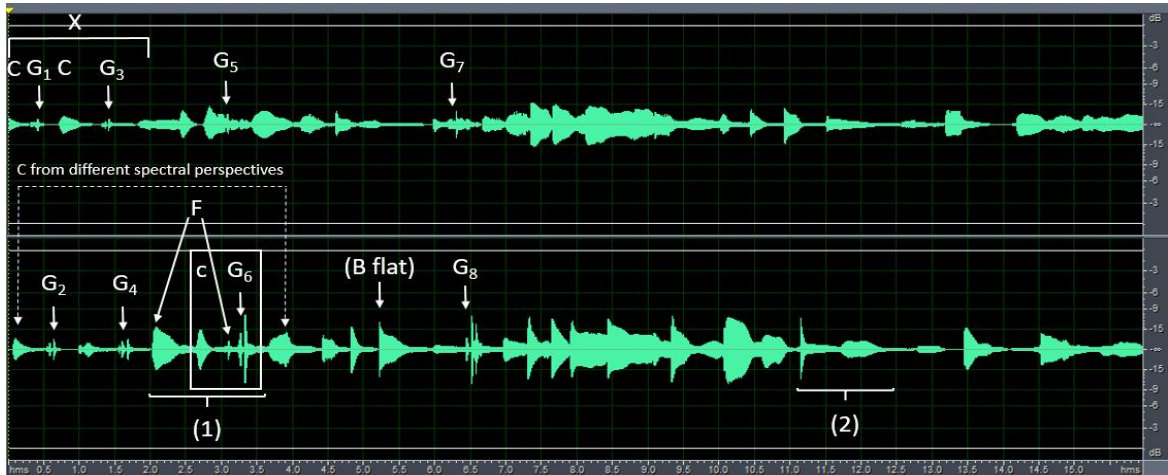


Figure 6. First section of the piece

Sound 13. (Fig. 6) First section complete of "El Sendero de Cristal"

Sound 14. (Fig. 6) G1: roughness.

Sound 15. (Fig. 6) G8: iteration.

This is the last appearance of G in this segment that constitutes the first section of the piece. Here G acquires a new harmonic meaning by the influence of the preceding B flat. On the right channel, beginning at time 11.1s, two sound objects are heard. In the figure they are indicated with the horizontal curly bracket (2). The first presents a B flat and the second an F, but the internal life of this last sound allows the previous B flat to be heard fleetingly. When comparing this process with the one indicated with the curly bracket (1) - which includes the previously analyzed example of F inserted between C and G - it is seen that in both cases there is an isolated pitch that reappears immediately subordinate to others (or another) different. The difference lies in the way they reappear, while F reappears as an independent sound object, B flat reappears instead as part of the internal life of a single sound object. Figure 7 schematically shows the aforementioned difference.

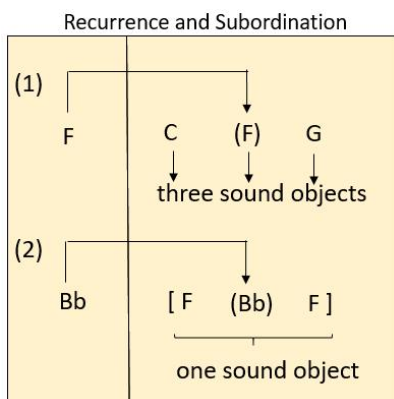


Figure 7. Two cases of recurrence with subordination of the same pitch.

Sound 16. (Fig. 7 Top)

Sound 17. (Fig. 7 Bottom)

C, for its part, is presented from different spectral perspectives. Compare in the right channel the two occurrences of C indicated in Figure 6 with a dotted arrow. The second C has a lot of energy above 4000Hz.

Sound 18. (Fig. 6) First 'C' indicated by the dotted arrow (C from different spectral perspectives).

Sound 19. (Fig. 6) Second 'C' indicated by the dotted arrow (C from different spectral perspectives).

It is also possible to perceive in the spectral evolution of the second C an incipient projection of the local context x1.

Sound 20. (Fig. 4 & 5) Local context x1

Sound 21. (Fig. 6) Second 'C' indicated by the dotted arrow (C from different spectral perspectives).

This relatively high level of spectral energy above 4000Hz is a recurring phenomenon in the first seconds of the right channel whose spectrogram is shown in Figure 8.

Clearly audible energy peaks are shown with rectangles. The second rectangle corresponds to the second C just mentioned.

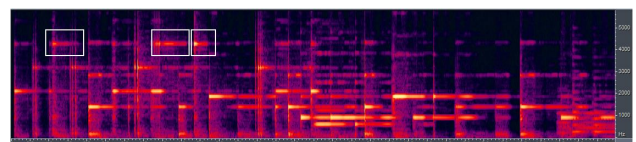


Figure 8. Spectral energy peaks above 4000Hz in the right channel.

Finally, a relationship between this first section and the end of the piece is analyzed. The work ends with a sound object lasting more than 20 seconds. The main notes of both sections together form a diatonic network. In the beginning the notes are mostly parts of different sound objects. In the end, the notes form the inner life of the

sound. They characterize layers of a texture that constitutes the very fabric of the final sound object. This is an example of R_{wx} , where the time scale of the sound object is the same as that of the local context.

Sound 22. The end of "El Sendero de Cristal". The internal life of the sound has a diatonic quality.

Conclusions

This paper has presented a system of contexts relevant for musical perception and examples that suggest how this system can be used in the analysis of electroacoustic music. Perhaps the greatest utility of the presented approach is that it offers a unified view of concepts and terms as disparate as *section*, *reduced listening*, *fractality*, *sound*, *musical piece*, *style*, etc. The ideas presented in this work can also be of benefit to the composer since they do not imply any imposition of technical or aesthetic restrictions. The system of contexts will always be operating, regardless of whether the composer is aware of it. Knowing the interactions of this system invites us to explore its concrete possibilities musically, always with the freedom that art supposes.

References

- Emmerson, Samuel. (1986). The Relation of Language to Materials. In Emmerson, S. The Language of Electroacoustic Music. London, Macmillan Press Ltd: 17.
- Roads, C. (2001). Microsound. The MIT Press.
- Smalley, Dennis (1997). Spectromorphology: explaining sound-shapes. In Organised Sound (2/2). Cambridge University Press: 107-126
- Stockhausen, Karlheinz (1959). ... how time passes... In Die Reihe (Vol. 3). English translation. Theodore Presser Co./Universal Edition.

¹ Frontiers with the z-type context should also be considered, since the very act of perceiving involves the listener's mind. For our purposes it will suffice to say that the external context operates at its minimum if the perception is not strongly influenced by previous experiences and does not trigger those higher-level cognitive processes related to source recognition, evocations or other particular phenomena related to long-term memory.

² An interesting example is offered by Schaeffer's observation that we can forget meaning and isolate the in-itself-ness of the sound phenomenon by means of repetition. His statement is almost equivalent to saying that in order to obtain a null relation between a sound object and the external context it is efficient to create an artificial local context based on the repetition of that sound object!

³ Originally composed in 3rd. order Ambisonics and rendered for a 24.8-channel immersive system in its premiere on August 2021 at the 2nd. CCRMA Transitions concert.

[Abstract in Korean | 국문 요약]

전자음악 분석을 위한 문맥의 시스템

기예르모 포자티

전자음악의 분석을 위한 문맥의 시스템을 소개한다. 네 가지 유형의 문맥을 고려하여 음악분석을 위한 이론적 시스템의 기본 구성요소로 활용한다. 우선, 있는 그대로의 그 작품 자체로 정의되는 맥락인데, 작품을 구성하는 모든 사운드, 구조, 이벤트, 소리개체들은 그 작품의 부분으로 이들이 유기적으로 혼합되며 한 단위로서 그 작품으로서의 정체성을 갖게 한다. 다음은, 청자가 음악을 듣기 전에 가지고 있었거나 만들어진 지식, 경험, 기대, 신념, 평가 기준 등 모든 마음의 덩어리로 형성된 문맥이 있다. 두 가지 유형의 작품 내 하위 문맥도 고려하였는데, 그 중 한가지는 동떨어진 독립된 소리에 관한 것이고, 다른 하나는 몇 가지 사운드를 포괄하는 음악 세션segments에 대한 것이다. 이러한 문맥간 상호작용을 탐구하기 위해 여덟 가지의 관계유형을 정하고 어떻게 실제 음악작품에서 작용하는지 예시를 들어보았다. 감축된reduced 청취, 프랙탈성fractality, 사운드, 음악작품, 음악적 스타일 등 음악분석에서 사용하는 많은 일반 용어와 개념을 이러한 상호작용의 관점으로 검토하였다.

주제어: 전자음악, 문맥의 시스템, 중심 음고, 분석, 감축된 청취.

논문투고일: 2021년 09월28일

논문심사일: 2021년 11월30일

게재확정일: 2021년 12월02일

고주파 성분의 발생을 목적으로 하는 오디오 신호 디스토션Distortion에 관하여: 기존 방법들의 체계화와 확장된 방법들의 소개

이상빈

한국예술종합학교 음악테크놀로지과 컴퓨터음악이론전공
eclipseeye@naver.com
patrickrhie.weebly.com

본 연구에서는 흔히 "디스토션(Distortion)"이라 불리는 시스템의 기존 방법들을 체계화하고, 기존의 방법들을 응용해 만든 것을 포함한 새로운 디스토션의 방법들을 제시해 본다. 그리고 디스토션의 방법들을 그 특성에 따라 분류해 보고, 마지막으로 본 연구의 요약과 함께 추가적으로 연구해 나갈 방향은 어떤 것인지에 대해 생각해 본다.

주제어: 디스토션, DSP, 이펙터, 전달함수

어떤 시스템에 신호를 입력한 후의 결과가 원래의 것과 다르다면, 넓은 의미에서는 이것을 "왜곡된 신호(distorted signal)"라고 칭할 수 있다. 이 정의를 따른다면, 오디오 신호에는 매우 다양한 왜곡의 방법들이 존재한다. 다양한 차단 특성을 가지는 필터는 물론이고, 주파수에 따른 위상만이 바뀌는 전역 통과 필터(all-pass filter)를 통과하는 것조차 왜곡이라 할 수 있으며, 입력 신호에 다양한 이유로 인해 노이즈가 더해지는 현상도 일종의 왜곡으로 간주할 수 있을 것이다.

그러나 본 연구에서는 범위를 조금 축소하여, 이른바 "디스토션(distortion) 이펙터"로 흔히 불리고 있는 다양한 신호 왜곡 시스템들을 다루어 볼 것이다. 흔히 전기 기타의 이펙터와 같은 형태로 자주 접해 보았을 법한 이 시스템에 대한 정의를 우선 간단하게 하고 넘어가려 한다.

디스토션의 정의

기성 음향 용어집이나 백과사전 등에서는 디스토션을 간단하게는 "신호가 어그러지는 현상", 혹은 "허용범위 초과로 인해 생기는 클리핑 노이즈(clipping noise)"¹ 내지는 "비 선형적 변환(non-linear transformation)"² 혹은 "입출력 신호의 파형이 서로 유연한 곡선으로 교차하지 않는 현상"³ 등으로 정의하고 있다. 그러나 이 정의들은 지칭하고 있는 시스템의 범위가 지나치게 넓거나, 현재 통용되고 있는 디스토션 시스템 중 극히 일부만을 포괄할 뿐이라 본 연구의 범위를 설정해 줄 만한 정확한 정의로 쓰기엔 다소 부족하다. 이에, 아래에 디스토션을 새롭게 정의해 보았다.

"신호를 조작하여 표본(sample)의 지속이나 클릭을 다양으로 입력신호의 파형에 만들어 주는 것, 내지는 그에 준하는 정도의 큰 표본값의 변화를 유도해 원래 없거나 적던 비중의 고배음을 증대시키되, 청취 결과상 입력신호의 기음 성분을 없애지 않는 신호변환법"

먼저 위의 정의에 부합하는 기존의 여러 디스토션 방법들에 대해 알아보자. 이들은 총 네 가지의 카테고리 나뉘질 수 있으며, 각각 파형 절취법, 전달함수법, 표본지속법, 반올림법으로 명명해 보았다. 앞으로 등장할 모든 시스템의 구현은 pure data(이하 pd)에서 파생된 버전들 중 하나인 purr-data를 통해 이루어졌다.

기존 디스토션의 방법들

파형절취법

첫 번째로 소개할 디스토션 시스템은 파형절취법(clipping method)이다. 아래는 파형절취를 수행하는 주요 부분을 구현해 놓은 pd 패치(patch)이다.

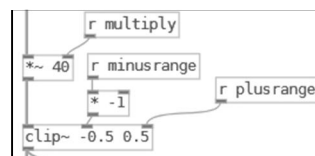


그림 1. purr-data로 설계된 파형절취 pd패치.

입력 신호를 그대로 n배 증폭한 이후, 일정 표본값의 범위를 설정한 후, 그 범위를 벗어나는 표본값들을 모두 평탄화해 버리는 방법으로, 가장 간단한 방법이다. 위의 pd 패치에서는 입력 신호를 40배 곱한 후 -0.5에서 0.5까지의 표본값들을 온전히 취하고 나머지의 범위에 해당하는 표본값들은 경계값들로 평탄화하는 것이다.

위 시스템에 정현파를 입력신호로 넣는다면 진폭이 입력 신호에 비해 절반인 거의 사각파에 가까운 파형이 나오게 될 것이다. 시스템의 출력을 스펙트로그램 상에서 관찰해 보자.



그림 2. 440Hz의 정현파를 파형절취한 결과의 스펙트럼.

예상대로 사각파의 스펙트럼과 매우 유사하다. 전 대역에서 홀수 번째의 배음들이 두드러지며 그 외의 위신호 현상(aliasing)에 의해 발생한 주파수 성분들도 전 대역에 걸쳐서 고르게 조금씩 관찰된다.

이 시스템에서 조작할 수 있는 변수는 두 가지다. 입력 신호를 얼마나 증폭할 것인가를 의미하는 증폭도(amplification factor)와 어느 범위의 표본값을 취할지를 정하는 절취 범위(clipping range)가 그것이다. 이 두 변수들을 적절히 취하지 못한다면, 절취되어 본래의 표본값이 변형되는 범위 속에 들어오는 표본들의 개수가 적어서 충분히 디스토션이 일어나지 못하여 효과적이지 못한 결과를 얻게 된다. 그 예로 정현파를 입력 신호로 넣고 증폭도를 1.2로 설정하고 절취 범위를 $-0.8\sim 0.7$ 로 설정했을 때의 실험결과를 아래에 보인다.

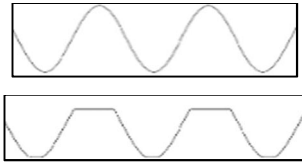


그림 3. 효과적이지 못한 변수들의 설정으로 인한 결과.

파형절취를 수행하는 pd 패치에 정현파만을 입력신호로 넣었을 때에는 비교적 결과 예측이 어렵지 않다. 그러나 복합음(complex tone)으로 범위를 확장해 본다면 결과 예측이 결코 쉽지 않다는 것을 알 수 있다. 먼저, "복합음의 각 주파수 성분들을 파형절취한 후 선형결합하면, 원래의 복합음 자체를 파형절취한 결과와 같은지"의 여부부터 알아보자.

부분음(partial)이 세 개인 복합음을 대상으로 실험을 진행해 보자. 100, 450, 1200Hz의 세 가지 정현파를 가산합성한 신호를 파형절취한 실험결과가 one이라는 배열(array)에 나타나 있고, 각각의 성분에 해당하는 신호를 동일 조건 하에 파형절취한 후 선형결합한 결과가 two라는 배열에 나타나 있다(위상까지 동일하게 맞춰주는 과정을 거쳤다).

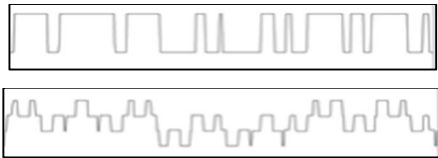


그림 4. 부분음이 3개인 신호를 파형절취한 파형과 세 개의 정현파를 파형절취한 후 선형결합한 파형.

두 실험이 명백히 다른 결과가 나온다는 것을 알 수 있으며, 복합음을 대상으로 하는 파형절취에서는, 각 주파수 성분들을 선형적으로 분리하거나 결합하여 결과를 예측할 수는 없다는 사실을 알 수 있다.

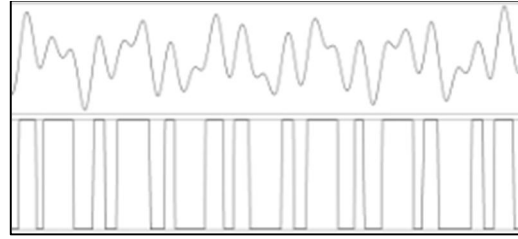


그림 5. 시간축 상에서 관찰한 파형절취 전과 후의 파형.

그림 5의 윗부분에 위치한 신호는 부분음이 세 개인 임의의 신호이고, 아랫부분에는 이를 $-0.5\sim 0.5$ 범위 밖을 파형절취한 후, 관찰의 편의를 위해 두 배로 증폭한 결과를 나타내었다. 그림 5를 자세히 들여다보면, 입력 신호에서의 이웃한 정점(극대, 극소 지점)들이 너무 가까이 붙어 있으면서 단독으로 봉우리를 형성하지 못하는 경우, 파형절취 초기에 신호를 증폭하는 과정에서 이 부분이 함께 증폭된 후 잘려나가 결과적으로는 몇 개의 정점들이 하나로 뭉쳐져 버리는 경우가 자주 생긴다. 이 때문에 복합음의 경우, 아까의 실험에서도 알 수 있었던 파형절취 후의 결과 예측이 어렵다.

그렇다면 복합음을 대상으로 한 파형절취 결과는 체계화할 수 없는 것일까? 그림 5에서 파형절취 후의 파형을 관찰하면 몇 개의 듀티 사이클(duty cycle)을 가진 펄스파가 혼재된 형태를 띤다(물론 그 외에도 절취 범위에 못 미칠 법한 매우 작은 크기의 신호가 절취되지 못한 채로 관찰될 수도 있다). 여기서, 몇 가지의 듀티 사이클을 가진 펄스파가 함께 존재하고 있는지의 여부는 당연하게도 입력 신호의 정점(극대, 극소지점)의 "순간 진폭값(표본값)"의 개수와 파형 상의 인접 정도에 의해 결정된다. 지금까지의 논의를 한 문장으로 압축하면 아래와 같다.

"파형절취법으로 얻은 디스토션 사운드는 주로 몇 가지의 듀티 사이클을 가진 펄스파가 공존하는 양상으로 구성되는데, 이 때의 듀티 사이클의 가지수는 "입력 신호의 정점들에서의 표본값의 가지수"와 같거나 적다."

전달함수법

두 번째로 소개할 방법은 전달함수(transfer function)법이다. 현재 가장 많이 쓰이는 방법이기도 하고, 체계화가 이미 잘 되어 있는 방법이라 본 연구에서는 다양한 전달함수를 소개하고 그들을 이용한 실험을 해 보는 데에 초점을 맞추었다.

먼저, 이 방법의 장점을 언급하면 다음과 같다. 파형절취법에서는 표본값이 작은 경우, 디스토션에서 누락되는 표본들이 있을 수 있는 반면, 전달함수법에서는 입력신호의 모든 표본들을 전달함수를 이용해 변환하기

이상빈 -고주파 성분의 발생을 목적으로 하는 오디오 신호 디스토션에 관하여

때문에 표본값에 따른 디스토션 누락이 발생하지는 않는다는 것이다(여기서 말하는 전달함수는 "항등함수를 포함하는 구간이 아예 없는 경우"를 상정한다. 참고로, 앞서 소개한 파형절취 시스템의 경우 역시 항등함수 구간을 포함하는 전달함수를 갖는 시스템으로 설명될 수 있다). 단, 전달함수법에서는 전달함수의 형태에 따라 입력신호의 표본값에 따라 왜곡률의 차이가 발생하기도 한다.

1: 쌍곡탄젠트 함수(hyperbolic tangent function)

" $y = \tanh x$ "라는 수식으로 나타낼 수 있는 이 함수는 아래와 같이 생겼다.

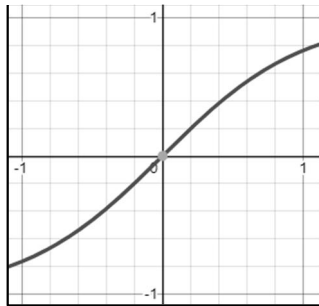


그림 6. $y = \tanh x$ 의 그래프 .

그리고 x 의 계수가 커지면 기울기는 더 급한 경사를 이루게 된다.

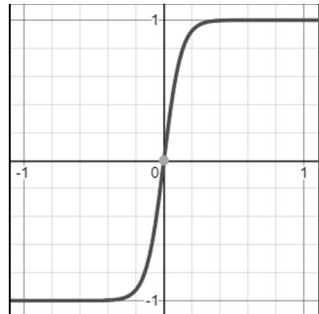


그림 7. $y = \tanh 20x$ 의 그래프 .

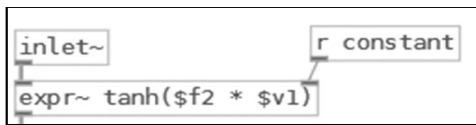


그림 8. purr-data로 설계한 쌍곡탄젠트 전달함수 시스템.

이 함수를 전달함수로 이용하여 시스템을 만든 후 실험을 하면 아래와 같은 결과가 나온다. 이 방법에서는 조작할 수 있는 변수가 x 의 계수인데, x 의 계수가 클수록 더 많은 고주파 성분이 포함된 결과가 도출된다. x 의 계수를 달리하여 진행한 두 가지의 실험결과를 아래에 보인다.

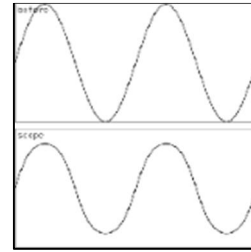


그림 9. 정현파 입력 후, $y = \tanh x$ 를 전달함수로 설정한 실험결과.

(스펙트로그램 상의 생략된 부분에서는 아무 성분도 관찰되지 않는다)

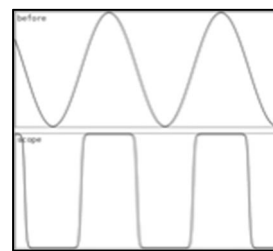


그림 10. 정현파 입력 후, $y = \tanh 10x$ 를 전달함수로 설정한 실험결과

(스펙트로그램 상의 생략된 부분에서는 아무 성분도 관찰되지 않는다)

이 때, 쌍곡탄젠트 함수의 형태 때문에 x 의 계수가 작을수록 출력신호의 진폭도 작다는 것을 기억해야 한다. 쌍곡탄젠트 전달함수 시스템에서는 출력신호의 파형에서 완전히 직각 형태의 클릭이 발생하지 않는다는 사실도 알 수 있다.

그림 10의 아래에 나타난 스펙트럼을 자세히 보면, 홀수번째 배음들만이 나와있는 것을 관찰할 수 있는데 이 이유는 다음과 같이 수학적으로 증명될 수 있다. 여기서 B 는 베르누이 수열(Bernoulli Numbers)을 의미한다.

$$\tanh(\omega x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(16^n - 4^n) B_{2n} (\omega x)^{2n-1}}{(2n)!}$$

이렇게 쌍곡탄젠트 함수는 급수의 형태로 전개될 수 있는데, 위의 식처럼 디스토션을 위해 사인파를 인자로 넣은 경우, 급수를 구성하는 각 항들은 아래와 같이 코사인함수의 거듭제곱꼴로 표현될 수 있다.

$$\omega x - \frac{1}{3} \omega^3 x^3 + \frac{2}{15} \omega^5 x^5 - \frac{17}{315} \omega^7 x^7 + \dots$$

각 항을 구성하는 코사인함수의 거듭제곱꼴은 삼각함수의 반각 공식(power reducing formula)을 이용하여 아래와 같이 코사인함수의 선형결합으로 분해될 수 있다.

$$\cos^3 x = \frac{3\cos x + \cos 3x}{4}$$

$$\cos^5 x = \frac{10\cos x + 5\cos 3x + \cos 5x}{4}$$

...

이 때, $\cos 2x$ 나 $\cos 4x$ 등의 항은 절대 나타나지 않는다. 그래서 결과적으로는 쌍곡탄젠트 함수로 만든 디스토션의 결과에서는 홀수번째 배음들만 존재하게 된다.

2: 유리함수(rational function)

다음으로, 분수함수 형태를 띠는 유리함수를 절댓값 기호를 이용하여 변형하면 이 역시 디스토션을 만드는 좋은 방법이 된다. $y=x/(1+|x|)$ 라는 함수를 좌표평면에 나타내면 아래와 같은 형태가 된다.

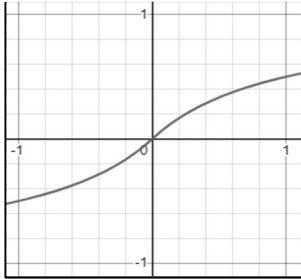


그림 11. $y=x/(1+|x|)$ 의 그래프

이를 조금 더 일반화해 본다면, 이 전달함수의 꼴을 " $y=x/(a+b|x|)$ "로 나타낼 수 있을 것이다. a가 작아지면 그래프 상의 경사가 급해지며, b가 커지면 전체 함숫값이 동일한 비율로 줄어든다.

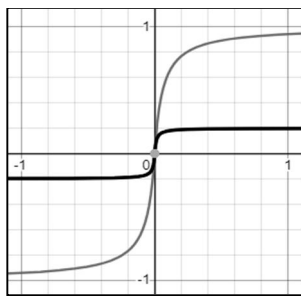


그림 12. 빨간색: $y=x/(0.06+|x|)$ 검정색: $y=x/(0.06+5|x|)$

이 전달함수를 이용한 디스토션 시스템을 구현한다면 아래와 같다.

```
expr~ $v1/($f2+$f3*abs($v1))
```

그림 13. purr-data로 설계한 유리전달함수 시스템

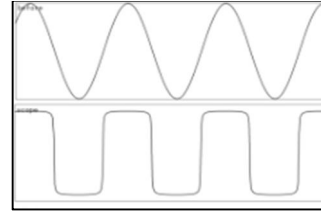


그림 14. $y=x/0.06+1.16|x|$ 을 전달함수로 설정한 시스템의 입출력 결과 파형과 스펙트럼

a의 값이 작을수록 출력신호에서 고주파 성분이 더 발생하며, 출력신호의 진폭은 b의 값으로 조절할 수 있다.

3: 시그모이드 함수(sigmoid function)

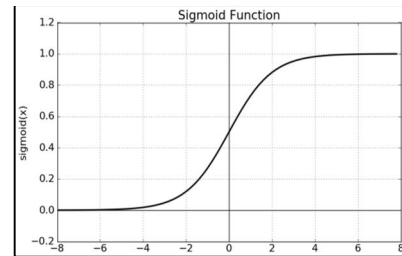


그림 15. 시그모이드 함수의 그래프

위의 그래프는 아래의 식을 도식한 것이다.

$$y = \frac{e^x}{e^x + 1}$$

이 함수를 시그모이드(sigmoid) 함수라고 하는데, 이를 전달함수로 갖는 디스토션 시스템을 구현하고, 결과를 관찰하면 아래와 같다.

```
*~ 8
expr~ pow(2.71828, $v1)/(1 + pow(2.71828, $v1))
~ 0.5
```

그림 16. purr-data로 설계한 sigmoid 전달함수 시스템

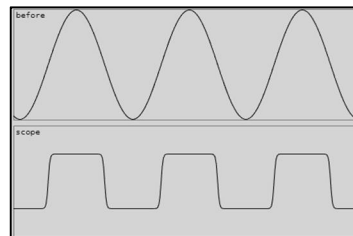


그림 17. sigmoid 함수를 전달함수로 이용한 디스토션의 결과 파형과 스펙트럼 (스펙트로그램 상의 생략된 부분에서는 아무 성분도 관찰되지 않는다)

그림 16을 잘 보면 전달함수의 효과적인 이용을 위해 입력 신호를 8배 증폭하여 쓰고 있는데, 이 숫자가 커질수록 더 가파른 경사가 출력 신호에서 관찰되며 숫자가 작아지면 그 반대가 된다. 이 실험에서는 8배 증폭하여 이용했지만, 그 외의 수치를 이용하여도 무방하다.

4: 단절점을 포함하는 전달함수

마지막으로 소개할 전달함수는 "단절점을 포함한 전달함수"이다. 기성 기타 이펙터에서도 자주 쓰이는 방법이기도 한 이 방법은 표본값의 급격한 변화를 유도하여 클릭(click)을 입력 신호에 삽입하는 결과를 얻게 된다.

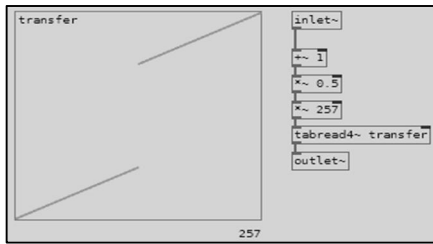


그림 18. purr-data로 설계한 단절점을 포함하는 함수를 전달함수로 갖는 시스템

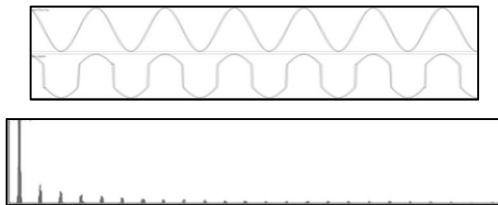


그림 19. 그림 18의 함수를 전달함수로 갖는 시스템을 통한 디스토션의 결과 파형과 스펙트럼

때에 따라서는 아래처럼 표본값 자체의 변화 정도는 비교적 덜하지만, 클릭을 단위시간 내의 여러 지점에 삽입하도록 만드는 전달함수를 디자인할 수도 있다.

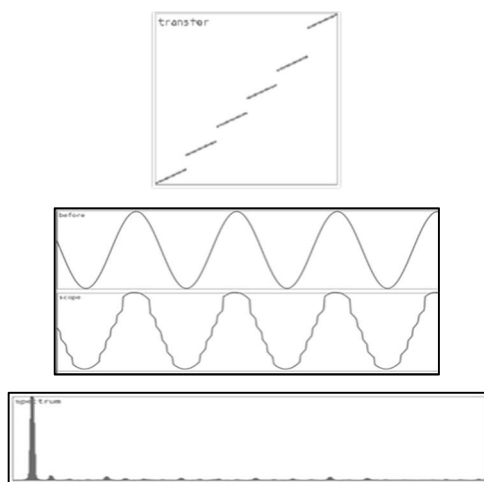


그림 20. 또 다른 형태의 단절점을 포함하는 전달함수를 이용한 디스토션의 예시 (스펙트로그램 상의 생략된 부분에서는 미소값들만이 관찰된다)

표본지속법

이 방법은 종래에는 주로 bit-crushing이라는 이름으로 불려 왔으나 본 방법의 메커니즘에 의거, 본 연구에서는 이를 표본지속법으로 명명하기로 한다. 표본지속법은 [samphold~] 오브젝트를 이용하여, 트리거 신호로 이용되는 톱니파가 새 주기를 시작할 때마다 이전에 지속시키고 있던 입력신호의 표본값을 새로운 값으로 대체하여 지속시키는 방법을 통해 사각형 모양의 파형을 아래와 같이 만들어낸다.

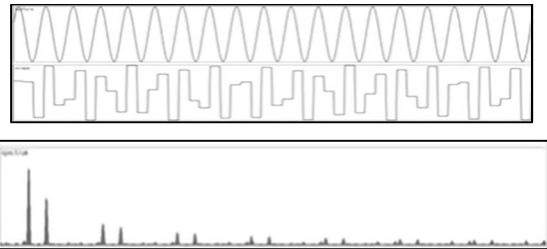


그림 21-1. 표본지속법으로 왜곡한 신호의 예시 1-1

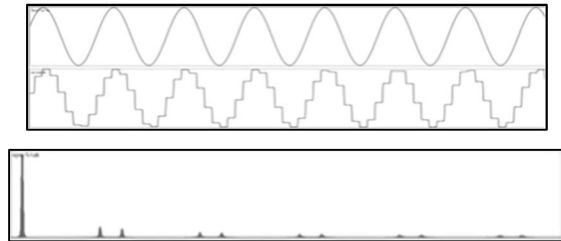


그림 21-2. 표본지속법으로 왜곡한 신호의 예시 1-2

파형에서는 네모난 계단들이 같은 주기로 나타난다 (표본을 지속하기 위해 쓰인 트리거 신호의 주파수는 일정하므로). 노란색 파형을 관찰해 보면, 진폭이 다른 사각파가 규칙적이고 매우 빠르게, 교대로 나타나는 것과 같은 양상을 보인다.

스펙트로그램 상에서는 매우 재밌는 결과가 관찰된다. 우선 입력신호를 정현파 하나로 설정한 경우를 생각해보자. 정현파의 주파수를 0부터 시작하여 위로 올려주게 되면, 이 상승하는 주파수를 기음으로 삼는 스펙트럼의 움직임이 관찰되는데, 눈에 띄는 점은 측파대가 "두 개씩 짝지어 등장"한다는 사실이다. 아래의 예시를 보자.

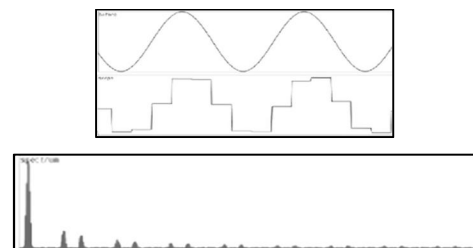


그림 22. 표본지속법의 예시 2-1

그림 22에서, 표본의 지속을 위해 쓰인 트리거 신호인 톱니파의 주파수는 1500Hz이고 입력신호인 정현파의 주파수는 245Hz이다. 입력신호의 주파수 성분은 왜곡 이후에도 사라지지 않고 남아 있다. 앞서 말한 것처럼 기음 위로 측파대들이 두 개씩 짝지어 나타나는데, 입력신호의 주파수에 관계없이 “이 두 개씩 짝지어진 측파대들의 주파수 상의 중점은 트리거 신호를 위해 쓰인 톱니파의 주파수의 n배와 같다. 그리고 이 짝지어진 측파대들의 간격은 기음 성분의 주파수의 2배와 같다”는 사실을 실험을 통해 관찰할 수 있었다. 따라서 그림 22의 스펙트로그램 상의 2, 3번째 측파대의 간격은 245의 2배인 490Hz이며 중점의 위치는 1.5kHz이다.

이 상황에서 정현파 입력신호의 주파수를 500Hz까지 상승시키면, 아래와 같은 결과를 얻는다(트리거 신호 톱니파의 주파수는 여전히 1500Hz다).

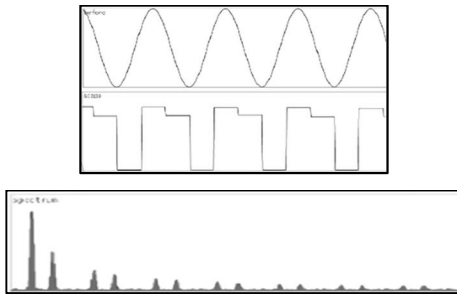


그림 23. 표본지속법의 예시 2-2

그림 22에서 입력신호의 주파수가 245Hz였을 때 두 번째 측파대였던 성분이 강도가 점차 커짐과 동시에 아래로 내려오면서 기음 성분과 서서히 가까워진다. 이 때, 앞서 말한 성질대로 기음 위로 짝지어 나타난 측파대의 중간지점들은 톱니파 주파수의 정수배와 같다.

정현파 입력신호의 주파수를 더 상승시켜 보자. 트리거 신호인 톱니파 주파수의 절반과 같은 주파수인 750Hz까지 입력신호의 주파수가 올라간다면, 측파대끼리 만나는 지점이 되어 출력신호는 사각파와 같은 형태가 된다. 아래 실험결과를 보자(톱니파: 1500Hz, 입력 신호: 750Hz의 정현파).

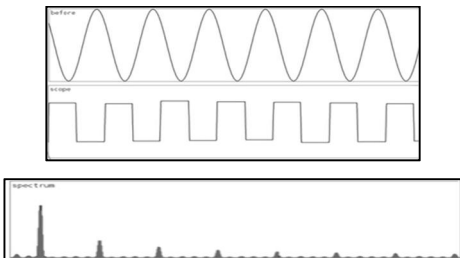


그림 24. 표본지속법의 예시 2-3

이 상태에서 다시 정현파 입력신호의 주파수를 올리면 1500Hz에 도달할 때까지는 지금까지 일어났던 변화가 역방향으로 일어난다. 즉, 입력신호의 주파수가 0Hz에서 750Hz로 이동할 때의 역방향인 750Hz에서 0Hz로 이동할 때와 똑같은 변화가 750Hz에서 1500Hz로 이동할 때에 일어난다. 그러므로 입력신호의 주파수보다 낮은 주파수 성분이 출력신호의 스펙트럼에서 관찰되기 시작한다. 이 상태에서 입력신호 정현파의 주파수를 계속하여 1500Hz 이상으로 상승시킨다면, 상기한 변화가 매 1500Hz마다 주기적으로 발생한다.

이제 이러한 현상이 일어나는 이유를 알아보자. 위의 실험들에서 보이는 출력신호 파형을 시간축 상에서 재구성하면 아래와 같다.

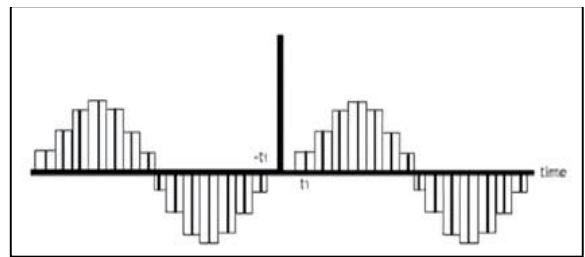


그림 25. 표본지속법의 출력신호 파형의 한 예시

이와 같은 파형을 유도해 내는 과정을 통해 표본지속법의 결과의 이유를 증명해 볼 것이다.

주파수가 f_0 Hz인 정현파를 주파수 축 상으로 푸리에 변환하면 아래와 같다.

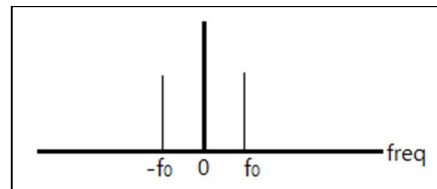


그림 26. f_0 Hz인 정현파의 푸리에 변환

그리고, 주기가 $1/f_1 (=t_1)$ 인 임펄스열(impulse train)을 주파수 영역으로 푸리에 변환하면 아래와 같다.



그림 27. 주기가 $1/f_1$ 인 임펄스열의 푸리에 변환

다음으로, 주파수가 f_0 Hz인 정현파와 주기가 $1/f_1 (=t_1)$ 인 임펄스열을 시간 영역 상에서 곱하면 그림 28과 같다. 이 과정에서 일종의 표본화(sampling)가 발생하는 것과 같은 결과를 얻을 수 있다.

이상빈 -고주파 성분의 발생을 목적으로 하는 오디오 신호 디스토션에 관하여

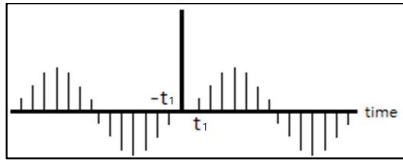


그림 28. $1/f_1$ 이 주기인 임펄스열과 f_0 Hz 정현파의 시간 영역 상의 곱

그림 28을 주파수 영역으로 푸리에 변환한 것은 주파수 영역 상의 그림 26과 그림 27 간의 합성곱(convolution) 연산과도 같다. 아래를 보자.

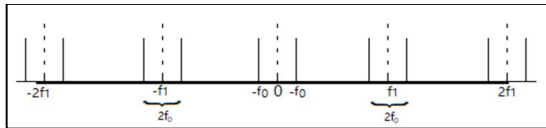


그림 29. 그림 28의 푸리에 변환

우리의 목적은 그림 25와 같은 형태의 파형을 유도하는 것이다. 그렇게 하기 위해서는 그림 30에 나타난 직사각 함수(rectangular function)와 그림 28 간의 합성곱 연산이 이루어져야 한다.

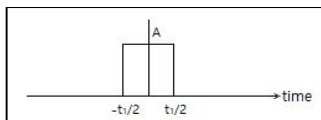


그림 30. 직사각 함수 (정의역의 크기: M)

그림 25에서의 파형의 주파수축 상의 스펙트럼을 얻기 위해서는 그림 29와 직사각 함수의 푸리에 변환 결과를 주파수 도메인 상에서 곱해야 한다(직사각 함수의 푸리에 변환 결과는 sinc함수임).

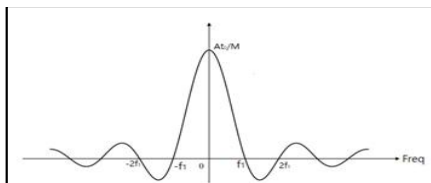
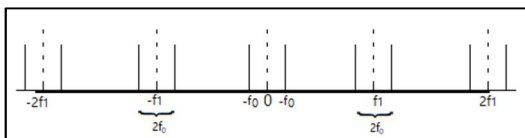
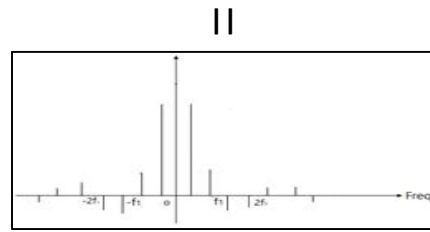
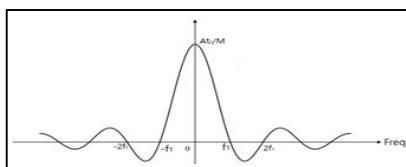


그림 31. 그림 30의 푸리에 변환이자 sinc 함수 (정의역의 크기: M)

곱하는 과정을 그래프로 나타내면 아래와 같다.



×



이 유도과정을 통해 표본지속법의 스펙트럼 상의 결과에 대한 원인을 알 수 있다.

반올림법

마지막 방법은 신호를 반올림(rounding)하여 신호 자체에 계단 형태의 모양을 내어 주는 방법이다. 신호 자체를 그대로 반올림하면 값이 다양하지 못하게 나올 우려가 크므로 적당히 다양한 종류의 표본값을 유도하기 위해 신호를 처음에 증폭하고 출력 직전에 줄여주는 작업을 거치기로 한다. 여기서는 증폭도를 실험 내내 5라는 임의의 값으로 고정해 두었다.

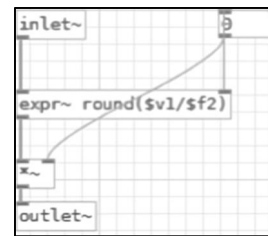


그림 32. purr-data로 설계한 반올림법 시스템 (증폭도는 나타나 있지 않다)

f_2 의 자리로 들어가는 변수는 0에서 1 사이의 값이며 작은 값일수록 다양한 표본값을 만들어낼 수 있다. 이외에도 반올림법은 다양한 방법을 통해 구현될 수 있음을 밝힌다.

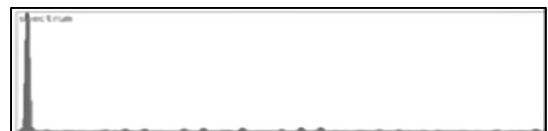
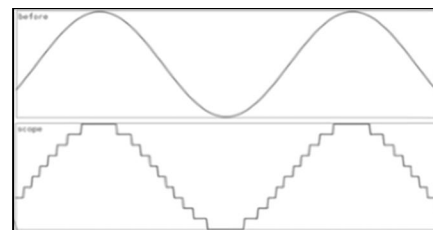


그림 33. 반올림법 디스토션의 예시

반올림법의 결과의 배음 구조를 체계화하기는 힘들어 보인다. 입력신호로 정현파를 넣는 경우조차 계단의 간격이 제각각인 데다가, 복합음의 경우는 아예 출력신호의 배음 구조를 거의 예측 하기 어려울 것이다.

그림 33 같은 경우, 입력신호에 디지털 노이즈가 광범위하게 낀 듯한 효과가 발생한다. 참고로, 정현파를 입력한 반올림법 시스템 출력신호와 입력신호의 차이를 구하면 아래와 같이 주기성을 띤 고주파 신호가 나온다.

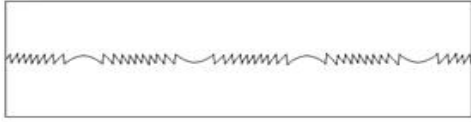


그림 34. 반올림법에서의 입력 신호의 차

확장된 디스토션의 방법들

급격하면서 주기적인 음고 변화 유도하기 (복합음을 대상으로 FM 적용-Chorus with High-frequency modulator)

복합음을 대상으로 급격하고 주기적인 음고변화(이하 복합음 FM으로 칭함)를 유도하면 꽤 복잡하고 지저분한 배음구조를 얻어낼 수 있고, 자연스럽게 입력신호에 비해 급격한 표본값의 변화를 유도해 내어 디스토션의 효과를 얻을 수 있다. 이 방법은 지연회로에서의 지연시간을 정현파 신호로 부여하는 방법으로 구현되었다. 그림 35를 보자.

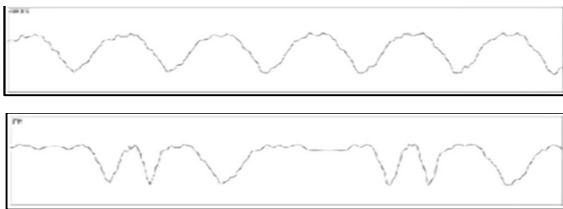


그림 35. 복합음 신호를 대상으로 급격하고 주기적인 음고 변화(FM)를 유도한 파형

위가 입력신호이고, 아래가 왜곡된 신호다. 그림 35에서의 입력신호 주파수는 거의 일정한데, 위의 왜곡된 신호는 같은 시간 내에서도 입력 신호에 비해 표본값의 변화 정도가 비교적 큰 부분들이 존재하고 있음을 알 수 있다. 복합음 FM을 위한 pd 패치는 아래와 같다.

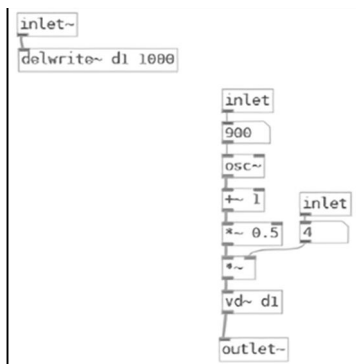


그림 36. purr-data로 설계한 복합음 FM 시스템

임계대역 안의 비교적 낮은 숫자를 [osc~]의 주파수로 넣으면 펄스가 느껴지는 신호가 출력되어 나오지만, 적당히 높은 숫자(위처럼 900 정도)를 넣게 되면 출력신호는 고배음이 많이 첨가된 신호의 형태가 된다. 이 주파수는 결국 단순 FM합성법(정현파끼리의 FM)처럼, 형성되는 부분음들의 간격이 된다. 그 옆 인렛으로 들어가는 수치는 변조 지수(modulation index)와도 같은 역할을 하는데, 이것이 너무 높으면 입력신호의 기음 성분이 다른 주파수 성분들에게 묻혀서 잘 들리지 않게 되고 너무 낮으면 고주파 성분이 잘 들리지 않게 된다. 본 연구에서는 변조 지수를 4로 설정했다. 참고로, 이 값은 배음 성분이 위치하는 주파수 축 상의 범위와 비례한다. 이 값이 2배가 되면 출력신호가 분포되어 있는 주파수의 범위가 2배 가량이 넓어지며, 3배가 되면 역시 주파수의 범위도 3배 가량 넓어진다.

아래에는 이 방법으로 구한 신호의 스펙트럼 상의 모습과 파형 상의 결과가 있다. 스펙트럼 상에서도 기타 사운드의 부분음들이 각각 FM 합성된 것처럼 여러 봉우리들이 기음을 기준으로 정수배의 지점에서 동시다발적으로 생기고 있음을 관찰할 수 있다.

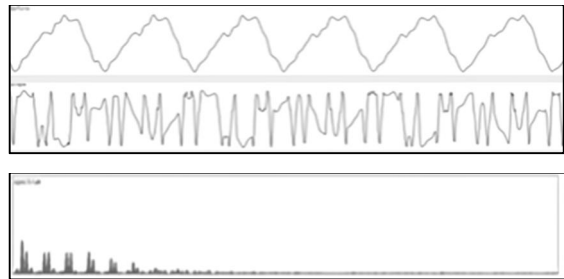


그림 37. 복합음을 대상으로 급격하고 주기적인 음고변화를 적용한 예시

노이즈가 포함된 항등함수를 전달함수로 사용하기 (Noisy Identity Transfer Function Method)

앞서 소개했던 전달함수법을 응용한 것으로, 아래와 같이 항등함수의 주변으로 무작위적인 노이즈가 낀 함수를 전달함수로 이용하는 시스템을 설계해 보았다.

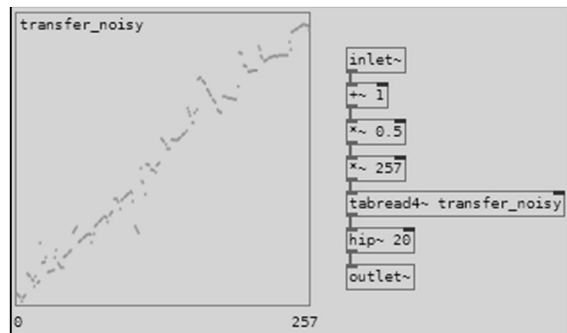


그림 38. purr-data로 설계한 노이즈가 낀 항등함수를 전달함수로 갖는 시스템

이상빈 -고주파 성분의 발생을 목적으로 하는 오디오 신호 디스토션에 관하여

아래의 파형과 스펙트럼을 보자. 바로 위에 명시된 전달함수를 이용한 결과이며 입력 신호는 440Hz의 정현파다.

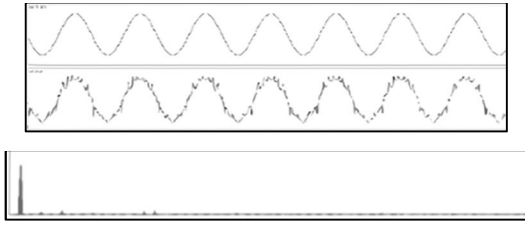


그림 39. 그림 38의 시스템을 이용한 정현파 왜곡의 결과

이 실험에서 생긴 노이즈 성분은 주기 신호이다. 아래는 정현파 왜곡 과정에서 생긴 노이즈 성분만을 나타낸 파형이다. 전달함수가 무작위값을 포함하고 있다고 하더라도 이 함수값들은 고정값이므로 입력신호가 완벽한 비주기성 신호가 아닌 이상은 출력신호에서 발생하는 노이즈 성분은 주기신호의 형태가 될 가능성이 높다.

전달함숫값이 무작위값인 시스템(Random Value Transfer Function Method)

전달함수 자체를 완전히 무작위적인 값들로 구성하면 어떻게 될까? 아래와 같은 방법으로 구현해 보았다.

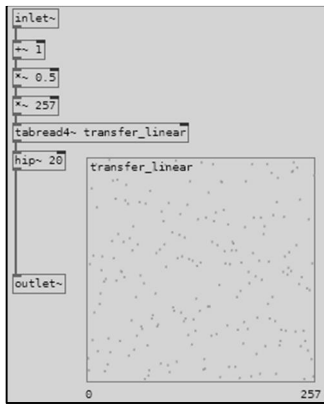


그림 40. 전달함수 자체가 무작위값들로 구성된 시스템

그림 40의 실험결과와는 아래와 같다.

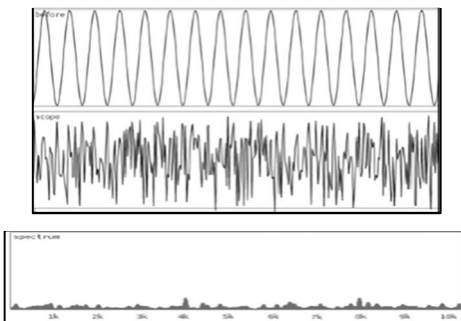


그림 41-1. 전달함수 자체가 무작위값인 시스템의 변환 결과_1 (입력신호: 2000Hz의 정현파)

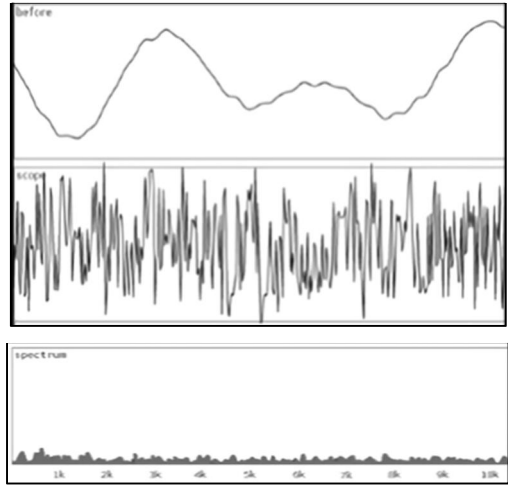


그림 41-2. 전달함수 자체가 무작위값인 시스템의 변환 결과_2 (입력신호: 전기기타 신호)

결과를 관찰하면 입력신호와와는 완전히 상관없어 보이는 출력신호의 파형이 보인다. 그리고 스펙트럼은 완전한 화이트 노이즈의 스펙트럼과 다를 것이 없어 보인다.

그러나 이 시스템을 통과하여 왜곡 변환된 후에도 출력신호에서는 음고가 꽤 명확하게 인지되는 편인데, 이런 현상이 발생하는 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. 먼저, 전달함수로 쓰이는 테이블 상의 함수값들이 충분히 빠른 주기로 교체되지 못했기 때문이다. 이를 다른 말로 바꾸면, 입력신호의 주기와 동일한 시간 혹은 더 짧은 시간 간격으로 전달함숫값들을 교체하게 되면 입력신호의 피치는 완전히 없어지게 된다.

본 연구에서는 입력신호의 기음에 해당하는 주파수 성분을 출력신호에서 관찰할 수 있어야 하므로, 입력신호의 주기보다 충분히 긴 시간 간격으로 전달함숫값을 교체해 주어야 할 것이다(적어도 전달함수 테이블을 여러 번 반복적으로 읽어야 음고를 느낄 수 있는 결과를 얻게 되기 때문이다). 예를 들어 전기 기타의 가장 낮은 음은 164Hz 정도인데, 이 신호의 한 주기는 0.006초 정도 된다. 만약, 이 입력신호의 음고를 완전히 없애고 싶다면 그림 41에서의 [metro] 오브젝트의 인자를 6 이하의 값으로 설정하면 된다. 반대로 디스토션으로의 기능을 하게 하려면 [metro]의 인자를 6의 수 배 이상으로 설정을 해 주어야 할 것이다.

신호천공법(Signal-Drilling Method)

무작위적인 길이로(본 연구에서는 대략 수 ms 정도로 제한하였다), 그리고 무작위적인 타임마다 신호의 표본값을 0으로 만들어버리는 시스템을 구성했고, 신호에 구멍을 내는 것과 같은 메커니즘을 본따서 이 방법을 "신호천공법"으로 명명했다. 여기서 신호의 표본값을

스위치처럼 켜고 끄는 듯한 역할을 해 주는 것은 별도로 만든 펄스 신호다. 이 펄스 신호를 만드는 pd 패치는 그림 43에 나타나 있다. 그리고 이 펄스 신호를 이어받아서 그림 44에서처럼 신호의 표본값들을 스위치를 켜고 끄듯 조작한다.

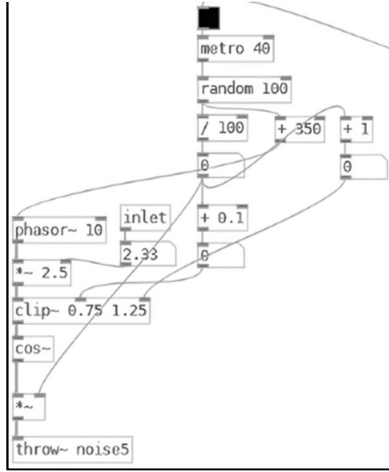


그림 42. 무작위적인 (수 ms범위)길이의 펄스를 랜덤한 시간마다 만들어내는 pd 패치

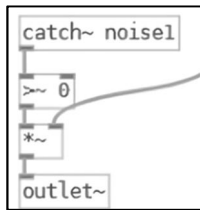


그림 43. 그림 43을 받아서 입력신호를 왜곡하는 시스템

신호를 조작하는 데에 이용되는 무작위적인 형태의 펄스들은 pd 패치에서 보이듯이, 일부가 절취된 톱니파의 표본값들을 [cos~]의 입력값으로 이용하여 만들어지며, 아래와 같은 형태를 띠는데 펄스의 높이와 길이, 발생 시점은 무작위적이다. 이때, 어느 정도 보간(interpolation)된 펄스들이 스위치와도 같은 기능을 하기 때문에 입력신호에 클릭을 삽입하는 것과는 다른 맥락의 방법이다.

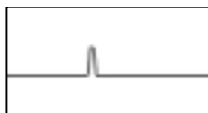


그림 44. 신호전공법에 쓰이는 무작위적 펄스의 한 예시

그리고 신호전공법을 통해 변환된 신호를 최종적으로 6겹으로 겹쳐서 무작위성을 더 심하게 만들어 노이즈를 더 고르고 풍성하게 들리도록 하였다. 이를 통해 미루어 보면, 신호전공법은 일종의 입상 합성법(granular synthesis)과 비슷한 원리로 이해하는 것도 가능하다(단, 창함수를 곱하는 과정-windowing-이 제외된 형태이다).

신호전공법에서는 앞서 언급한 모든 방법들과 비교해 봤을 때, 부가적으로 생기는 노이즈 성분이 무작위적 가산 노이즈(random additive noise)와 가장 흡사하다.

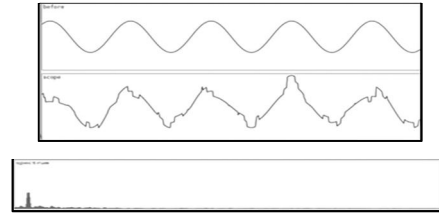


그림 45. 6겹 신호전공법 결과의 예시

디스토션 방법의 카테고리화

앞선 단락들에서 논의한 디스토션의 방법은 크게는 총 8가지이다. 이들을 특징에 따라 분류하여 각 방법들의 특성을 더 명확하게 파악해 보고자 한다. 먼저 파형 상의 특징을 근거로 그에 해당하는 방법들에는 무엇이 있는지 알아보자.

앞서 논의한 방법들 중에서 첫 번째로는 "시간 영역(Time Domain)에서의 표본값 지속"을 통해 고주파수의 성분들을 만드는 방법들이 있다. 두 번째로는 "순간 진폭의 급격한 변화, 표본값의 단절, 혹은 점점을 유도"하여(즉, 클릭을 신호에 삽입하는 방법으로) 고주파 성분을 만드는 방법도 있다. 이 방법 둘 다에 해당하는 경우도 있으며, 완전히 이 둘의 카테고리에 포섭되지 않는 어느 한 쪽에 조금 더 가까운 형태의 중간태로 분류될 수 있는 경우도 있다. 아래의 표를 보자.

시간 영역에서의 표본값 지속	<ul style="list-style-type: none"> *파형절취법 *표본지속법 *반올림법 *신호전공법
순간진폭 값의 급격한 변화 혹은 단절점 형성	<ul style="list-style-type: none"> *노이즈 포함 항등전달함수 *무작위값 전달함수 *신호전공법 *점점을 포함하는 전달함수
시간 영역에서의 표본값 지속에 가까운 중간태	<ul style="list-style-type: none"> *쌍곡탄젠트 전달함수법 *시그모이드 전달함수법 *분수함수 전달함수법
순간진폭 값의 급격한 변화나 단절점 유도에 가까운 중간태	<ul style="list-style-type: none"> *주기적이고 급격한 옴고 변화 유도

그림 46. 디스토션 출력파형의 특성에 따른 분류

이렇게 여러 카테고리로 분류가능한 디스토션 방법들은 상당 부분이 파형성형(waveshaping)에 기반을 둔 방법으로 구현되었다는 공통점을 가지고 있기도 하다.

결론

지금까지 여러 방법의 디스토션들을 pd 패치의 형태로 구현하고 각각의 특성들을 살펴본 후, 마지막으로 이들을

분류해 보았다. 본 연구에서 살펴본 디스토션의 방법에는 시간축 상에서의 표본의 지속을 유도하는 방법과, 세로축에서의 표본값의 도약 혹은 단절을 유도하는 방법, 그리고 완벽히 이 두 방법에 속하지는 않지만 근접한 중간태로 분류될 수 있는 방법들이 존재했다. 이 방법들로 구성된 시스템을 통과한 출력신호에서는 입력신호에서는 비중이 적거나 없었던 고주파수 성분들이 다량으로 발생한 것을 관찰할 수 있었다. 전달함수로 설명될 수 있는 방법이 다수였으며, FM의 영역에 포함될 수 있는 방법과 입상합성법, 표본화와 같은 기존에 존재하던 오디오 이론의 변형된 형태로 설명 가능한 방법들도 있었다.

추가 연구의 방향

더 나아가, 시중의 제품화된 기성 디스토션 이펙터들은 단순히 디스토션 과정만을 탑재하고 있는 것은 아니다. 시스템을 구성하는 여러 변수들의 조작을 통해 전처리와 후처리 과정에서 신호에 변화를 줄 수 있으며, 디스토션이 일어나는 과정 중에서도 추가적인 신호 변형이 일어나는 경우도 많다. 예컨대, 가장 대중적으로 이용되고 있으며, 파형절취법("Hard-clipping"이라는 용어로 그들의 매뉴얼에서는 설명하고 있다) 기반의 전기 기타용 디스토션 페달인 BOSS DS-1 페달에 100Hz의 정현파를 입력한 후에 level, tone, dist 등 세 가지의 노브를 큰 값으로 치우치게 한 후 출력신호의 파형을 관찰한 결과를 아래에 보인다. 주된 부분 외에도 여러 부수적인 신호처리 회로들이 존재하고 있음을 짐작할 수 있다.



그림 47. BOSS DS-1 디스토션 이펙터를 통과한 후의 정현파

본 연구에서 언급한 여러 디스토션의 방법들이 기성 악기를 위한 이펙터로서의 역할을 제대로 하기 위해서는 디스토션 그 자체만이 아닌 변환 과정에서의 부수적인 신호처리를 어떻게 해 줄 것인지, 그리고 시스템에서의 적절한 변수값들을 찾는 등의 추가적인 연구가 필요할 것이다. 그 외에도 본 연구에서는 사각파와 같은 형태의 파형을 만들어내는 전달함수들만을 전달함수법 카테고리에서 설명했는데, 조금 더 다양한 형태로 입력신호를 왜곡할 수 있는 전달함수도 연구할 수 있을 것이다.

참고문헌

Joseph Timoney, Victor Lazzarini, Anthony Gibney, Jussi Pekonen.(2010). *Digital Emulation of Distortion Effects by Wave and Phase Shaping Methods*

ElectroSmash(webpage). *BOSS DS-1 Distortion Analysis*

David Te-Mao Yeh.(2009). *Digital implementation of musical diastortion circuits by analysis and simulation*

Ramya Devi R, D.(2016). *Pugazhenthii.Ideal Sampling Rate to reduce distortion in Audio Steganography*

Johannes Kreidler.(2009). *Loadbang: Programming Electronic music in Pd*

Hoseok Son.(2009). *Digital Effector Implementation Using a DSP Board*

한국음향학회.(2003). *음향 용어 사전*.

Woody Herman. *DSPFuzz: a guitar distortion pedal using the Stanford DSP sheild*

Guitar Extended(webpage).(2011). *Simple Fuzz effect with Pure Data*

Wikipedia(webpage). *Distortion Article(Eng/Kor)*

[Abstract in English | 영문 요약]

About distortion of audio signal which adds high-frequency components:

Formalization of well-known methods and introduction of extended methods

Sangbin Patrick Rhie

There are variety of ways to distort audio signal which means to create certain system to add massive high-frequency noise to original signal. Well-known distortion methods of distortion include clipping, using transfer function of specific shape(like hyperbolic tangent, rational function, sigmoid function), sample & hold, signal rounding. Each method's spectral result can be formalized by experiment giving sinewave as input and defined using some mathematic formulas. Then, extended method for distortion is being suggested and they are each called "Chorus with high-frequency modulator", "Noisy identity transfer function method", "Random value transfer function method", "Signal-drilling method". These methods can be classified into several categories such as making discontinuities in sample value(amplitude), keeping a constant sample value in time-domain for certain duration, ...etc.

Keywords: Distortion, DSP, Effector, Transfer Function.

논문투고일: 2021년 09월27일

논문심사일: 2021년 11월14일

게재확정일: 2021년 12월02일

PART II: Reviews

제2부: 참관기

Contemplating the detailed boundary and aesthetics of electronic music: SICMF review in 2021

Lee, Minhee
Music critic, Musicologist
<https://72221milklmh.tistory.com/>

From October 15th to 17th in 2021, Seoul International Computer Music Festival was held at Seoul PLATFORM-L Contemporary Art Center and total thirty works were released. This review classified the works that were played at the relevant festival as total four categories according to media, and it considered the musical characteristics and aesthetics of works belonging to each category. More specifically, first of all, audiovisual media art relatively had less amount of musical information compared to Tape music, and the entire nature of work was regulated according to the form of image. Among various works, the work that created the sense going back and forth between virtuality and reality by using the glitch technique was impressive. Secondly, in case of Tape music, there were many works to make a long flow with short sample and also many works to compose the whole works by utilizing unique sound material such as human voice. In particular, even though a lot of composers splendidly manipulated samples and showed the high level technique, there were many cases in which they created works with similar flow as a result. Rather, the case in which they limited the deformation mode of sample based on single tone was more impressive. Thirdly, musical instruments and Electro-acoustic music with instruments showed various structures beyond the fact that musical instrument and electronic sound simply had duet structure on equal terms and electronic sound was used as an assistant to live performance. In particular, works in which the electronic sound expanded the realm and limitation of acoustic instrument, or human player performed the technologies that were not yet realized were notable. Fourthly, in the category of Live electro-acoustic music, various aesthetic discussion about 'performance' could be deliberated. In particular, the work that spread the fragmented materials in the arena of 'performance,' and the work that showed liveness of spot by utilizing reproduction and regeneration technology remained in memory. As a result, through 2021 SICMF, I could contemplate the detailed boundary and aesthetics of electronic music, and in particular, I could identify the contemporary aspect of the 22nd century and the classical attribute of inherent media.

전자음악의 세부적인 경계와 미학을 고민하며: SICMF 2021 리뷰

이민희
음악평론가, 음악학자

1877년 소리를 녹음하고 재생하는 기술이 처음으로 발명됐고 1898년에는 자기^{magnetic} 녹음을 활용한 테이프 녹음 기술이, 1927년에는 최초의 유성영화 《재즈싱어》가 관객을 만났다. 구체음악^{Musique concrète}이 1940년대에, 전자음악^{electronic music}이 1950년대에 등장했으며, 최초의 랩톱 컴퓨터가 1981년 판매를 시작했다.¹ 그렇다면 2021년은 소리를 기계로 매개하는 핵심적인 기술이 발달한지 150여년, 개인 컴퓨터를 자유자재로 활용할 수 있게 된 지 40여년이 더 지난 먼 미래다. 전자음악은 그동안 무엇이 달라졌고, 어떤 것이 지속되고 있는가? 그 안에는 새로운 무언가가 여전히 있는가?

전자음악은 소리를 만들어내는 '기술'과 '매개방식'을 전면에 드러내기 위해, 2021년 10월 15-17일 서울 플랫폼엘 컨템포러리 아트센터에서 개최된 서울 국제 컴퓨터 음악 페스티벌(Seoul International Computer Music Festival)의 서른 작품은 오디오비주얼 미디어아트, 테잎 음악, 악기와 일렉트로닉스, 실시간 일렉트로 어쿠스틱 음악으로 나뉘는 카테고리 안에서 기술의 본질과 가능성을 보여주었다. 무엇보다도 몇몇 작품들은 21세기를 특징짓고 이 음악의 연대를 추정하도록 하는 시금석(鎡石) 같은 요소를 포함하고 있었으며, 또 다른 곡들은 그 안에 여전히 지속되는 기술의 고전적인 면모를 보여 주었다.

1. 보이는 음악: 오디오비주얼 미디어아트

SICMF 2021의 무대에 오른 다양한 작품 중 미리 편집된 이미지와 사운드를 동영상 형태로 만든 것이 총 일곱 편이었다. 이 부류의 작업은 오디오비주얼 미디어 아트(audio-visual media art)라는 명칭으로 통용됐고, 흰색 배경을 갖는 무대 뒷벽에 이미지가 투사되는 가운데 음악과 함께 재생됐다. 관객들은 스피커에 둘러싸인 채 정면의 이미지를 응시했으며, 간혹 프레임 너머로 빛이 넘쳐 나와 무대 전체가 다양한 색으로 물들기도 했다.

오디오비주얼 작품 전부는 음악적 정보량이 적은 것이 대부분이었다. 어떤 측면으로는 다른 카테고리에 비해 음악적으로 그다지 매력적이지 않은 작품이 다수 포함되어 있었는데, 시각과 청각 두 영역의 정보를 동시에 관객에게 전달하기 위해서는 필연적으로 음악을 '단순하게' 만들어야 하는지의 문제를 고민하게 했다. 그렇다면 관객은 8채널로 작업된 지극히 섬세한 음악과 이미지의 결합을 대면할 때면 쏟아지는 정보에 과부하가 걸리는 것일까? 오디오비주얼이라는 장르의 특성 상 국내에서 개최되는 또 다른 페스티벌 WESA와 어떤 방식으로 차별되는 지점을 강화할지에 대해서도 궁금증이 들었다.

오디오비주얼 작품 대부분은 음악 자체의 질감보다는 영상의 스타일이나 전개방식에 따라 작품의 카테고리나 인상이 결정됐다. 이를테면 한 부류의 작업은 데이터를 기반으로 추상적인 시각 이미지를 출력한 것들로, 외부의 무언가를 재현하거나 복제하지 않는다. 또 다른 부류(조셉 데시아토, 신성아)는 카메라로 이미 존재하는 이미지를 녹화하고 재생하되, 이를 독특하게 다룸으로써 실재와 가상의 경계를 교묘히 넘나든다. 이와는 별개로 영상의 움직임이나 프레임의 전환 등 이미지 내부의 정보가 음악과 얼마나 '동시에' 출현하는지에 따라서도 작품의 성격이 구분되었다. 한편 특정 부류의 작품은 사운드와 영상이 서로 결합했다거나 영향을 주고받는다는 감각이 부재한 채, 처음부터 두 감각이 완전히 합치된 '시청각 오브제'로 존재하는 것 같았다(줄리아 레지나). 이처럼 다양한 카테고리 안에서 영상과 사운드는 독특한 관계를 형성했으며 다른 카테고리의 전자음악과는 완전히 다른, 순수한 시청각적 아름다움을 만들어냈다.

1.1. 디지털 이미지와 결합된 소리

소리가 동반된 동영상 형태의 작업은 최근의 기술 발달 안에서 가장 흔한 형식이 되었으며, 이제 작곡가는 이미지와 소리를 합치는 것 뿐 아니라 데이터를 기반으로 시청각을 동시에 제어하고, 특정한 소프트웨어를 활용해 디지털 이미지를 손쉽게 만들어낸다. 이를 반영하듯 SICMF의 오디오비주얼 작업 다수는 작곡가가 데이터를 직접 조작해 출력해 낸 추상 이미지를 사용하고 있었다. 특히 이런 작품 중 일부(마라 헬무스, 마사푸미 오다, 찰스 니콜스)는 이미지 안을 탐색하는 '시점' 즉 프레임의 변화를 적극적으로 사용함으로써 공간을 '탐색'하는 듯한 감각을 이끌어냈다. 따라서 이런 작품을 관람할 때에는 VR기계를 쓴 채 가상공간을 날아다니거나 걸어다니는 듯한 느낌을 받을 수 있었다.

마라 헬무스(Mara Helmuth)의 《열린 공간들(Opening Spaces" for audio-visual media art)에는 우주와 같은 검은 배경 위에 3차원의 큐브로 구성된 가상공간이 등장한다. 이 기하학적 공간은 그 형태를 점진적으로 변화시키며, 시점을 움직여 이 투명한 열개를 구석구석 탐색한다. 한편 고음역의 주파수 몇 개가 등장해 맥놀이를 만들고, 중음역대에도 몇 개의 주파수가 서서히 들렸다가 사라지기를 반복했는데, 마치 오르간으로 연주되는 화음이 온전히 소리를 내었다가 특정 성부만 소리가 들리지 않게 되는 현상을 반복하는 것 같았다. 전반적으로는 여러 개의 주파수가 겹쳐진 채 지속됐으며, 풍경(風景) 소리와 유사한 금속성의 단단하고 맑은 울림이 크로스페이드(cross-fade)로 전면에 등장했다가 다시 사라지곤 했다.

영상의 프레임은 이 공간을 떠다니는 것처럼 부드럽게 움직였고, 이미지와 소리의 흐름은 둘 다 뚜렷한 분절지점 없이 계속해서 다른 장면 및 소리로 연속적으로 전환됐다. 간혹 점진적으로 변화하는 이미지와 소리가 병치될 때에는 특정 공간이 등장할 때 나는 효과음이나 공간

자체가 뿜어내는 사운드처럼 느껴지기도 했다. 작품의 흐름에는 기승전결이 없었고, 소리와 영상 모두 초중반을 지나고부터는 유사한 흐름과 밀도를 반복해서 제시했다.

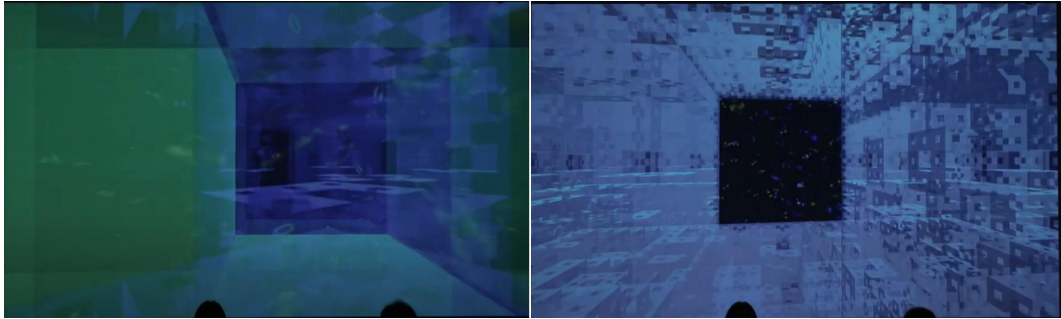


그림 1. 마라 헬무스의 “열린 공간들”

미생물이 들어있는 액체를 현미경으로 관찰했을 때 검은 배경에 그 정체를 알 수 없는 밝은 색 부유물이 움직이는 것을 본 적이 있을 것이다. 마사푸미 오다(Masafumi Oda)가 만든 《“Generating Scenic Beauty” for 2-ch audiovisual media art》의 이미지가 바로 그런 형태로, 검은 배경 위에 흰색 형체가 납작한 모습으로 산재한다. 이미지는 움직이기도 하고 점멸하기도 하지만 눈에 띄는 것은 이미지를 투사하는 ‘프레임’ 즉 시점이 계속해서 이동한다는 사실이다. 따라서 관객이 바라보고 있는 네모난 프레임은 앞으로 계속 파고들어 시각적 대상 안으로 빨려들어 가기도, 가로와 세로로 이동하기도 한다. 작가는 이런 이미지를 “자동으로” 매개변수의 조합을 통해 “얻을 수” 있다고 이야기했는데, 이 때문에 이미지의 출현과 변화, 그리고 시점의 움직임 등이 사운드와 아무런 상관없이 진행되는 느낌을 준다. 즉 이 작품에는 추상 영상과 소리가 그 어떤 동시성(synchronization)도 형성하지 않은 채 거칠게 결합되어 있다.

다만 영상의 형태나 질감이 총 5분이 넘는 시간동안 유사한 모습을 유지하는 것과 마찬가지로, 음악 안에 활용된 특징적인 소리들, 이를테면 낮은 음고에서 파격을 하는 듯한 편치 소리, 중음역대에서 여러 가지 피치를 불규칙하고 빠르게 들려줌으로써 누군가가 달각거리는 자판을 타자치는 것과 같은 소리, 그리고 고음역의 건조한 잡음 등이 곡 전체에 일관되게 나타난다. 때문에 이 작품은 영상과 소리 모두 짜임새가 변하지 않은 채 지속적으로 흐르는 인상을 준다. 따라서 관객의 일부는 독립적으로 움직이는 영상과 소리에 집중하여, 그 결합의 양상을 또 다른 형태의 정보로 음미할 수 있을 것 같았다.



그림 2. 마사푸미 오다의 “Generating Scenic Beauty”

시점의 변화가 특징적이었던 앞선 작품과 달리 한준성의 《The Cell》for audiovisual media art》는 시점이 고정된 채로 진행된다. 작품의 초반에는 지구의 모습을 원거리에서 촬영한 듯 구형의 물질 안을 등글게 회오리치는 푸른빛의 이미지가 특징적이다. 작곡가는 이 이미지가 “실제 촬영된 결과물을 후가공한 것으로 광물, 화학반응 등 다양한 실제 현상을 촬영”한 소스로부터 만들어졌다고 밝히고 있는데, 우주 속 지구 혹은 세포 한 개를 극단적으로 확대시켜 이를 소우주처럼 만든 형상 같았다. 한편 작곡가는 작품 속 사운드가 실제 존재했던 소리를 활용해 작업한 것이라고 밝히고 있지만, 본래 어떠한 형태의 소리를 녹음한 것인지 귀로 듣고 확인하기는 어려웠다. 음악은 점진적으로 그 소리의 형태와 질감을 변화시키되, 이미지와는 구체적인 접점을 형성하지 않았다. 단지 영상에 소리가 동반되었을 뿐, 영상을 독해하거나 소리를 독해할 때 각기 다른 감각이 도움을 주지는 않았다.

작품 중반부터는 추상적인 빛의 일렁임이 둥근 형태로 나타나는데, 이 경우 이미지의 등장과 사라짐에 맞추어 소리의 질감이 변화함으로써 얼마간의 시청각적 일치감을 만들어낸다. 이를테면 매끄러운 원형의 이미지가 나타날 때면 '정주'를 연상시키는 맑은 배음의 지속음이 등장해 화면과 보조를 맞추는 식이다. 다만 작품 전반적으로는 '시청각'이 아닌 '시각적 형상'에 집중하고 있다는 느낌을 지울 수 없었다.

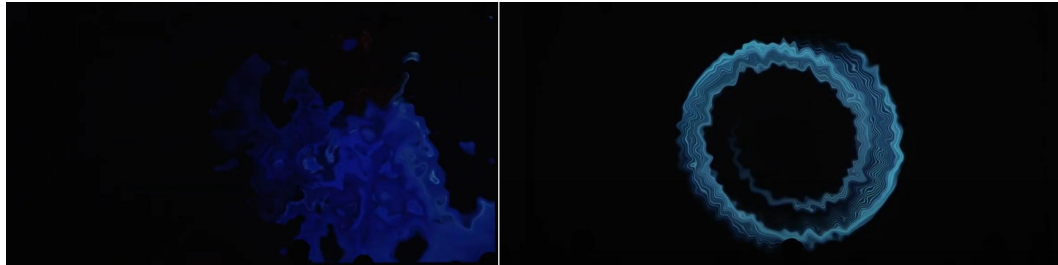


그림 3. 한준성의 "The Cell"

찰스 니콜스 Charles Nichols의 《"시간정원 Time Garden dawn replica" for 2-ch audio-visual media art》 역시 사운드 보다는 이미지가 특징적인 작품으로서, 작품 속 사운드의 전개 방식이 애매모호한 것과 별개로, 시각 이미지의 진행 방향은 명확했다. 즉 작품 초반에는 인간의 형상을 한 알 수 없는 생명체가 쭈그리고 앉아 손을 까딱거리고 고개를 흔들더니, 점점 다리를 펴고 하나 둘 일어선다. 그리고 팔 전체를 위로 들고 움직이며, 몸을 굽히고 펴는 동작을 반복한다. 이는 움직임의 궤적을 점차 확대해가는 프로세스로서, 작품 후반에 이르면 두 다리를 꼰 상태에서 팔을 뻗고 휘두르게 된다.

여기에 동반되는 소리는 두 개 혹은 세 개의 레이어를 중심으로 한다. 시각적 대상을 근거리에서 클로즈업할 때에는 고음역의 소리를 포함하는 사운드와 새소리를 연상시키는 사운드 레이어를 겹쳐서 들려주며, 대상을 원거리에서 비출 때에는 이런 소리 레이어 중 하나를 삭제한다. 이 경우 소리는 영상 안의 이미지와 어떠한 연관성도 형성하지 않으며, 그저 작품의 '시점 변화'만을 보조하는 도구가 된다. 따라서 "디지털 공간에서 인체와 기술을 혼합하여, 신체와 움직임을 복제하고 시뮬레이션"한 영상이 그 나름의 창의성과 독특함을 가진 것과는 별개로, 소리의 경우 표현하고자 하는 바가 무엇인지 정확히 알 수 없었다. "인간의 퍼포먼스로만 구성된 컴퓨터 음악"을 들려주고자 했던 작곡가의 의도와 달리 소리를 듣는 것만으로 그 출처를 인지하기는 어려웠으며, 음색적 새로움이나 특이성, 영상과 결합할 때의 효과 등도 감지되지 않았다.



그림 4. 찰스 니콜스의 "시간정원"

1.2. 감각의 혼선이 주는 황홀함: 실재와 가상의 경계를 넘나드는 이미지들

앞선 작업들이 온전히 새롭게 만들어낸 디지털 이미지를 기반으로 한 것에 비해, 조셉 데시아토와 신성아의 작업은 실재와 가상을 넘나드는 이미지가 특징적이었다. 이 경우 영상은 실제 대상을 촬영한 소스를 재료로 하지만, 작품 안에서 이를 명확하게 감지할 수는 없다. 특히 이런 작품 안에서 실재와 가상의 경계가 불분명하게 처리되고, 이 둘 사이의 인식전환이 이뤄지는 순간이 매력적이었다. 한편, 두 작품 모두 글리치 이미지와 사운드를 효과적으로 사용한다는 점도 흥미로웠다. '글리치'란 사전적으로 보았을 때에는 "정보나 의미의 기대된 또는 관습적 흐름으로부터 [...] 이탈된 것처럼 출현하는"⁴⁾ 오류를 의미하되, 이를 예술 분야 안에서 쓸 때에는 단지 오류를 지칭하는 것을 넘어 이것을 미학적으로 활용하는 것을 뜻한다. 현재 글리치는 시각예술과 사운드 등 다양한 분야에서 활발하게 사용되는 테크닉이자 소재로,⁵⁾ SICMF의 다른 작업 안에서도 글리치 사운드를 심심찮게 발견할 수 있었다.

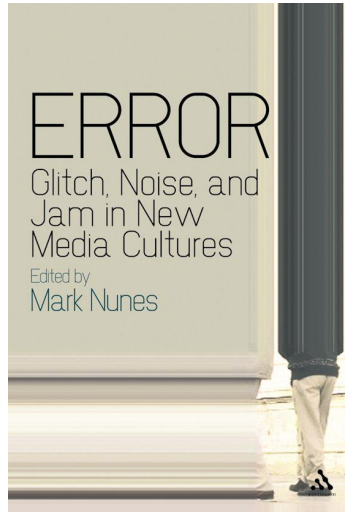


그림 5. 글리치 이미지를 표지로 채택한 단행본

조셉 데시아토(Giuseppe Desiato)의 《Topos》 for 2-ch audiovisual media art는 “지구의 생성과정” 그리고 “지구의 영감을 받은 배경들”을 토대로 “새로운 상상의 장소의 탄생”을 표현한다. 그리고 이를 위해 ‘대자연’을 연상시키는 이미지를 등장시키고 여기에 자연에서 채집한 듯한 소리를 결합시켰다. 마치 주인 없는 행성의 표면을 흑백 카메라로 찍은 듯, 생경하고 낯선 대자연을 원거리에서 비추며 작품이 시작된다. 이어 등근 형태의 알 수 없는 행성 혹은 광물로 이뤄진 어떤 물질을 다양한 각도에서 보여주는데, 그때마다 이런 이미지를 출력하는데 발생했을 법한 노이즈가 동반되며, 장면의 후면에는 앰비언스 사운드가 뒤따른다. 또한 거대한 규모의 폭포가 일렁이는 것 같은 이미지에는 파도를 연상시키는 목직 한 화이트노이즈가, 하나의 신scene이 또 다른 신으로 전환될 때에는 영상매체의 튜를 끄거나 교체하는데 들릴법한 전자기기의 노이즈 효과가 삽입됨으로써 이런 ‘프레임의 변화’를 강조한다. 디지털 전송이 원활하지 않아 생긴 것 같은 ‘먹통 이미지’에 글리치 사운드를 결합시킨 부분에서는 페스티벌의 진행 상 오류로 인해 노이즈가 생긴 것과 같은 느낌을 주었는데, 이런 애매모호한 감각의 혼선이 흥미로웠다.

어떤 지점에 이르러 이 작품은 영상 속 ‘대자연의 형상’ 뿐 아니라, 지금 관객이 눈으로 보고 있는 ‘영상 그 자체’도 생성되고 있다는 감각을 불러일으켰다. 이미지에 특이한 소리가 동반됨으로써 세상에는 존재하지 않는 ‘생경한’ 공간을 연상시키는 것은 물론, 이와 같은 시청각 결과물이 계속해서 글리치 형태로 나타남으로써 관객이 응시하고 있는 영상 자체도 지금 ‘막 생성되고 있다’는 느낌을 만들어냈다. 생성에 대한 두 개의 레이어를 시청각 결합과 글리치로 구현한 셈이다. 다만 작품 전반적으로는 소리의 출현 방식이나 질감이 그다지 새롭지는 않았기에, 시각적으로 세련된 광고의 일부를 보는 것과 같은 인상을 주기도 했다.



그림 6. 조셉 데시아토의 “Topos”

신성아의 《Sagui》 for audio-visual media art는 색의 팔레트를 수직으로 배치한 듯한 독특한 이미지로 시작한다. 푸른색 계열이 지배적이었던 세로선들은 이내 총천연색의 조합으로 바뀌고, 여기에 동반되는 중음역대의 글리치 사운드와 함께 점멸하기를 반복한다. 이 추상 이미지는 색의 조합을 시시각각 바꾸며 점멸속도를 변화시키기도 하고 그 형태를 좁게 또 넓게 변주해나간다. 그러는 가운데 이미지와 소리는 마치 처음부터 ‘하나였던 것처럼’ 서로 싱크(synchronization)를 맞춘다. 애초에 지지직거리는 글리치 사운드의 자잘한 진동에 이미지의 움직임이 결합되어 있는 것처럼 보이는 것이다.

흥미로운 것은 눈앞에 인지되는 이미지가 '가상'인지 '실재'인지 혹은 디지털로만 조작된 '2차원 평면'인지 아니면 실제로 존재하는 '3차원 형상의 일부'인지 애매모호하다는 점이다. 즉 이 작품은 관객이 지금까지 보아오던 것이 컴퓨터 그래픽이 아니라 놀이공원에서 네온사인을 반짝이며 움직이던 놀이기구가 아니었을까 하는 생각을 품겨 만드는 풀 샷(full shot)을 보여준다. 그리고 그때마다 직전에 인지했던 시청각적 감각은 다시 미확정의 상태가 된다. 누군가에 의해 만들어진 것으로 상상됐던 미세한 글리치 사운드 역시 실제 기계의 오류로부터 온 것이 아니었을까 하는 생각이 드는데, 이 역시 '출처 있는 소리'와 '출처 없는 소리' 사이를 저울질하게 하며, 그 순간 작품 감상의 재미가 배가된다.

이런 방식으로 이미지와 소리는 경계를 계속해서 넘나드는데, 작품 전체에 대한 지속적이고 강렬한 시청각적 몰입을 한 상태라야만 이를 느낄 수 있다는 점도 흥미롭다. 다만 이런 '실재'에 대한 인식이 작곡가가 이야기하는 제주도의 용암동굴이나 신화, 민담, 그리고 "사람의 이야기"까지로는 구체화되지 않는다. 그럼에도 찰나의 순간 추상에서 구체로 전이되는 감각은, 그 안에 작곡가가 담고 싶은 수없이 많은 이야기들이 도사리고 있을 가능성을 암시한다.

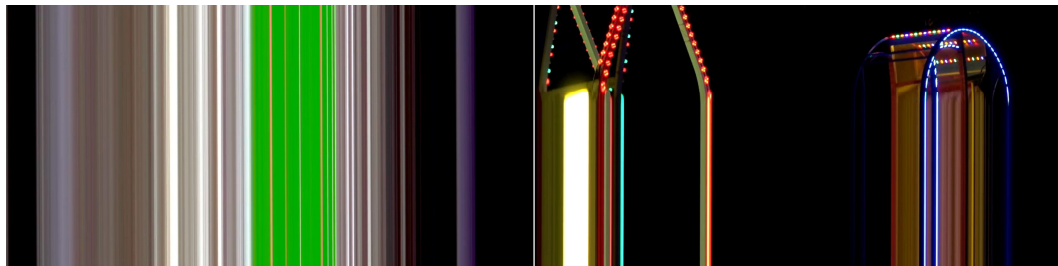


그림 7. 신성아의 "Sagul"

1.3. 시청각 오브제로서의 오디오비주얼

줄리아 레지니(Giulia Regini)의 《"NeOnSound" for audio-visual media art》는 미니멀 미술가인 댄 플래빈(Dan Flavin)의 작품에 영감을 받아 만든 작품이다. 프레임 가득 채우는 기하학적 이미지는 그 자체로 시각적 아름다움을 만들어내며, 이것은 형형색색으로 점멸하며 소리를 동반한다. 특히 이 작품은 SICMF에서 발표된 7편의 오디오비주얼 작품 중 시각적인 완성도가 가장 높았는데, 다른 작품이 데이터를 기반으로 출력된 다소 거친 이미지를 연속적으로 제시했다면, 이 작품은 이미지 하나하나를 섬세하게 제작해 각 장면을 구성한 것 같았다. 사운드의 경우 다양한 주파수에서 길게 지속되었다가 사라지고, 간혹 지글거리는 듯한 짜임새로 등장했으며, 낮은 아날로그 TV에서 들어봤을 법한 순수한 화이트 노이즈 글리치를 들려주었다. 이런 가운데 소리를 통한 발전이나 전개, 기승전결의 감각은 존재하지 않았다. 오히려 변화하는 이미지의 형태나 색, 그리고 빛의 움직임에 따라 각 장면의 인상이 결정되었기에, 사실상 소리의 진행은 부차적인 것으로 느껴졌다.

다만 이 작품은 영상과 이미지를 '결합'시켰다기보다는, 영상에 소리가 애초부터 동반되어 있었고, 이를 '시청각 형상'으로 화면 위에 옮긴 듯한 감각을 불러일으켰다. 이는 작품 속 모든 이미지와 소리가 어떤 방식으로든 연결되어 있었기에 가능한 것이었는데, 이를테면 1초에 20번 이상 울리는 짧은 소리는 '점멸하는' 영상 위에 지지직거리는 노이즈 형태로 등장한다. 사실상 이런 방식으로 이미지가 소리를 스스로 생성해내는 것이라 상상되었으며, 시각과 청각이 질감이나 등장지점에 있어 서로 일치할 때는 물론이고 일치하지 않을 때에도 이 두 가지 감각이 연관되어 있다고 느껴졌다. 예컨대 이 작품은 '시청각 오브제(audio-visual object)'로 다가왔기에, 마치 미술관에 놓인 조각을 정지된 시간 안에서 감상하듯, 이미지의 형태, 소리의 높낮이 등을 '그 자체로' 음미할 수 있었다.

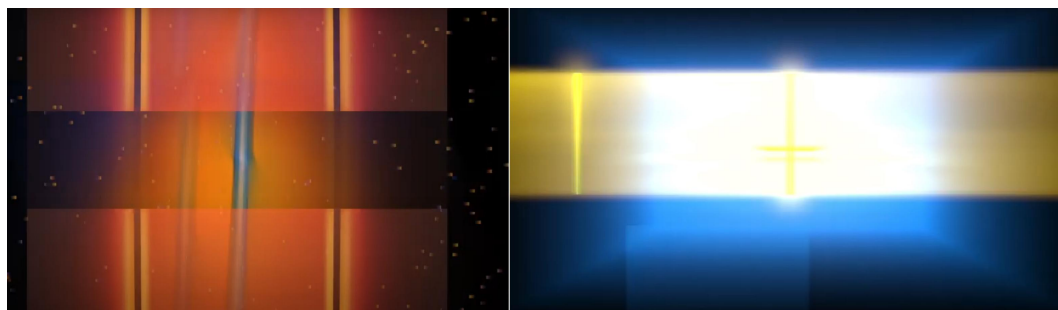


그림 8. 줄리아 레지니의 "NeOnSound"

2. 소리의 향연: 테잎 음악

SICMF에서 관객을 만난 테잎 음악Tape music은 총 11작품으로 2채널에서부터 8채널까지 다양한 형태였다. 음악이 재생될 때에는 공간 전체가 암전된 가운데 객석 앞 좌우에 놓인 스피커에만 조명이 켜졌는데, 이런 분위기는 마치 기계의 목소리를 듣는 것 같은 묘한 아우라를 뿜어냈다.

테잎 음악 전체는 영상과 결합된 작품이나 퍼포먼스적인 요소가 있던 타 카테고리예 비해 작품 자체의 복잡도가 높았고, 상대적으로 음향의 짜임새 전환이 잦았다. 특히 작품 가운데에서 특정한 음소재를 토대로 작업한 것들이 눈에 띄었다. 이를테면 자라 알리와 다비드 응우옌은 인성人聲을 재료로 삼아 작품을 전개했으며, 어쿠스틱 악기를 녹음하거나 풍경 소리 등 독특한 음향을 주요 소재로 삼은 작품도 있었다.



그림 9. 테잎 음악 공연 시의 무대 모습

다만 음소재가 독특한 것과는 별개로, 작품을 전개시키는 방식에 있어 상당수의 작품이 비슷한 흐름을 보여준 것은 아이러니했다. 특히 짧은 길이의 샘플을 활용해서 긴 길이의 사운드로 만드는 경우, 가능한 다양한 기법이 활용됐고 서로 다른 형태의 짜임새를 계속해서 대조시키는 작업이 반복됐다. 반면 몇몇 작품들은 결과물인 '사운드 그 자체'가 음향적으로 일관된 톤을 띄고 있었는데, 소리를 조작하는 기법을 제한하거나 결과물로 도출될 사운드스케이프를 구체적으로 상상하고 이를 구현한 것 같았다. 수없이 많은 음악이 어둠 속에서 울려 퍼졌기에, 오히려 음향 전체가 성격적이고 특징적이었던 이런 후자의 작업이 더 흥미롭게 다가왔다.

2.1. 인성을 활용한 작업들

자라 알리Zara Ali는 본인이 작곡한 4성부 합창음악을 녹음하고 이를 재료로 삼아 《Red City for 2-ch tape》를 만들었다. 작품 초반에는 원작의 합창 사운드가 뚜렷하게 제시되지만 다양한 변조를 통해 길이가 늘어나고 또 반복되며, 사운드가 여럿 겹쳐져 본래의 짜임새를 잃어버린다. 더 나아가 녹음된 샘플은 연속적인 주파수의 흐름으로 이뤄진 파열음이나 짧게 반복하는 노이즈처럼 변모되며, 작품이 중후반으로 넘어가면 성악 음악의 녹음에서 유래했다는 일말의 단서만을 남긴 채 완전히 새로운 음향으로 전환된다. 따라서 이 작품은 '녹음된 인성'에 최대한의 조작을 가함으로써 사람의 목소리를 어떤 형태로까지 변형시킬 수 있는지를 실험했다는 느낌을 준다. 다만 하나의 소재를 변조시키고 짜임새를 계속해서 변화시켰지만 그렇게 만들어진 결과물이 본래의 샘플과 큰 연관성이 없어 보였으며, 단지 활용 가능한 모든 기술을 차례로 나열한 것처럼 들리기도 했다.

자라 알리의 작품이 '녹음된 합창'을 토대로 작업된 덕분에 개별 선율이나 음정 등이 분리되지 않고 '음향 덩어리'로 다뤄졌던 것에 비해, 다비드 응우옌David Nguyen의 《Adumbration for 8-ch tape》은 사람의 말소리를 직접 녹음해 이를 재료로 삼았기에 보다 정교한 방식으로 '인성'을 탐색할 수 있었다. 특히 이 작품은 "발음하기 어려운 말들을 밝혀내는" 일련의 음악적인 희미한 해석"을 의도하는데, 단어를 '발음하는' 현상 자체에 주목하고, 이를 음악적·음색적으로 풀어낸다. 실제로 작품 안에는 다양한 단어들 이 느리게 혹은 빠르게 반복적으로 제시되며, 하나의 소리조각이 다채롭게 변조된다. 따라서 마치 특정 단어의 발음하기를 열렬히 탐색하는 과학자가 된 것처럼, 해당 단어를 일상에서 접하는 것보다 훨씬 더 섬세하게 청취하고 그 사운드 자체에 대면할 수 있었다. 더 나아가 이 작품은 어쿠스틱 성악 앙상블에서는 상상할 수 없는 방식으로 인성을 조합하는데 그 방식이 상당히 흥미로웠다. 이를테면 이 작품에서는 말소리를 드론drone처럼 낮게 지속시키거나, 딸꾹질에 걸린 것처럼 단어의 어미 부분만을 잘라 수없이 반복하거나, 특정 단어를 좌우로 급격하게 패닝Panning하는 등의 효과를 들려줬는데 이는 실제 성악가가 노래를 하는 실연에서는 구현할 수 없는 기술이다.

자라 알리나 다비드 응우옌의 작품 모두 성악음악의 특성 중 하나인 '텍스트를 통한 의미의 전달' 기능을 소멸시키고, 이를 순수한 음향의 일종으로 다룬다. 심지어 단어를 또렷하게 발음하는 경우에도 발음을 구현하는 '행위'에 집중함으로써 그 의미를 사라지게 만든다. 다만 이런 작업들이 한국 관객에게는 여전히 '외국어'라는 기호로 다가오기에, 얼핏 등장하는 인지 가능한 단어나 문장의 의미가 이 언어의 실 사용자에게 비해 그다지 명확하게 인식되지는 않았다. 단어의 파편을 토대로 음악이 진행되는 것과 별개로, 작품 후반부에 이르러서는 전통적인 음악의 페달 포인트와 유사한 음향이 후면에 깔리며 곡의 '마무리'를 암시한다든가, 음소재의 나열을 멈추고 앞서 등장했던 요소를 다시 가져와 빠른 호흡으로 반복함으로써 일종의 '코다'와 같은 느낌을 만들어낸 것도 기억에 남는다. 이는 음악이 클라이맥스 이후에 어떻게 진행해야 하는지, 그리고 어떤 방식으로 마무리되어야 하는지를 지극히 고전적인 방식으로 전개하는 것에 다를 아니었다. 아마도 이 작품이 노이즈나 기악적 파편을 기반으로 한 것이 아니라 '성악음악'에 뿌리를 두고 있었기에 이러한 방향으로 흐르게 된 것이 아닐까 하는 생각이 들었다.

2.2. 소리를 조작하는 '테크닉'을 보여주는 작업들

전현석의 《"ANATOMY I" for tape》은 피아노라는 악기에서 발생하는 다양한 소음들, 이를테면 탁탁 거리는 소리, 현을 튕기는 소리, 몸체를 때림으로써 울리는 소리 등을 음악적 재료로 활용한다. 녹음된 자잘한 소리들은 사실상 너무도 짧은 것이 대부분이기에 이것을 여러 개 이어붙이고 다양한 방식으로 배치해 연속적으로 만들었으며, 이를 반복하고 또 시간적으로 길게 늘임으로써 전체 사운드를 구성했다. 이런 가운데 녹음한 샘플을 '날 것'으로 들을 수 있는지의 여부, 샘플에 조작을 가해 음정이 인지되거나 드론 형태로 변했는지의 여부 등에 따라 전반적인 섹션이 구분됐다. 즉 작품 초반에는 짧은 소리들이 정교하고 세밀하게 작업된 콜라주 같은 흐름을 만들었다면, 그 다음 섹션에서는 모든 소리가 연속적이고도 긴 호흡을 갖고 이어졌으며, 다시 건조하고도 파편적인 날것의 소리가 등장했다.

신예훈의 《"풍경 no2" for 4-ch tape》은 맑은 울림을 내는 '풍경' 소리를 녹음하고 이를 다양한 프로세스로 변조한다. 소리를 길게 늘여 또 다른 금속 악기 '정주'와 유사한 긴 잔향을 만들기도, 이런 소리를 여럿 겹쳐 놓아 독특한 질감을 갖는 사운드를 들려주기도 하는 식이다. 전반적으로는 긴 호흡을 갖는 드론 및 기타 음향 모티브가 점진적으로 등장하고 사라지는 진행을 반복했기에 섹션의 구분이 명확하지 않았으며, 계속해서 흘러가는 느낌을 주었다. 작곡가는 "다양하게 [] 울려 퍼지는 풍경소리가 많은 복을 불러오기를 바라며 작곡하였다"고 언급했는데, 문득 풍경소리가 '온화한 소리' 더 나아가 길흥화복과 연관되어 있는 '동양적인 문화'를 어떤 방식으로 기호화할 수 있는지에 대해 이런저런 생각이 꼬리를 물었다.

래리 갭(Larry Gabb)의 《"Friction-Induced Rethink" for tape》은 타악기를 타격하는 소리 등 건조하고 날카로운 음소재를 다양한 방식으로 변조하고 조작한다. 짧은 소리 샘플을 이어 붙여 긴 흐름을 만든다는 점에서 다른 작품들과 유사한 무드를 보여주지만, 소리의 위치를 좌에서 우로, 또 가깝고 멀게 광학적으로 조절함으로써 곡의 처음부터 끝까지 거의 모든 소리들이 객석을 둘러싸고 회전하고 있었던 것이 기억에 남는다. 작곡가는 "다채로운 소리는 파도나 박자와 같이 움직이며 "다양한 방향으로 원을 그린다"는 설명을 통해 본인의 작업 안에서 소리의 '움직임'이 중요하다고 강조하는데, 실제로 이런 부분이 또렷하게 청취됐다. 타악기 앙상블로 연주하는 듯한 어쿠스틱한 소리를 들려주는 부분과, 전자적인 사운드가 주가 되는 부분이 번갈아 등장했는데 이 두 부류의 소리 색깔이 크게 차이가 났던 점도 기억에 남는다.

마테오 툰도(Matteo Tundo)의 《"FRANTUMI" for 4-ch tape》에서도 파편과 같이 날카로운 소리 조각이 좌우 스테레오를 넘어 풍부한 공간감을 형성하며 계속해서 움직였다. 특히 작품 안에는 일상에서 접할 수 있는 건조한 소음들이 활용됐고, 전자적으로 합성된 배음이 맥박과 같은 진동을 내며 등장했다. 전반적으로는 파편적인 소리와 연속적인 소리, 녹음된 소리와 합성된 소리, 음정이나 배음을 느낄 수 있는 소리와 소음처럼 들리는 소리, 펄스가 있는 소리와 그렇지 않은 소리 등 서로 뚜렷하게 구분되는 음향들이 번갈아가며 섹션을 이뤘다. 그리고 곡 중반의 작은 클라이맥스를 향해 하나의 프로세스를 진행시켰으며 정점에 이르면 다른 유형의 음향으로 전환되기를 반복했다. 다만 다양한 소리 조각들이 다채로운 섹션을 만드는 것과 별개로 곡 전체를 관통하는 음악적 아이디어나 고유의 색깔이 애매모호하다는 생각이 들었다.

크리스토퍼 푸베이(Christopher Pooley)의 《"Forged Effervescence" for 4-ch tape》은 디스토션 사운드 등 전자적으로 합성된 거친 질감의 소리를 중심으로 한다. 짧은 길이의 샘플이 부각되는 부분에서는 32비트 혹은 16비트의 잘게 쪼개지는 리듬을 딱딱한 금속에 대고 치는 듯한 소리를 만들어내기도 했으며, 금속 타악기가 다수 세팅된 드럼세트를 연주하는 듯한 사운드를 들려주는 섹션도 인상적이었다. 녹음된 소리들은 변조된 소리와 융합되어 점점 복잡한 사운드를 만들었고, 다양한 방식으로 샘플을 변형시키며 보다 긴 호흡의 음향을 구성해 나갔다. 특히 어쿠스틱으로 연주하는 드럼에 일렉트로닉 사운드가 동반된 것 같은 음향이 기억에 남는다.

니콜라 후모 프래테자니(Nicola Fumo Fratregiani)의 《"Polvere nera" for 2-ch tape》은 소리가 모여서 만드는 세계나 시간의 전개 방향이 애매모호했으며, 재료로 삼은 샘플의 근원이나 출처를 추측하기 어려웠던 작품이다. 어쿠스틱 악기의 녹음을 토대로 다양한 방식의 변조와 합성을 행했지만, 본래의 악기 소리는 이따금씩 등장했던 타악기를 제외하고는 확인하는 것이 쉽지 않았다. 작품 전체는 대조되는 음향을 중심으로 여러 섹션을 전환시켰기에, 시간의 흐름에 따른 기승전결이나 음향의 상징성 등도 알아차리기 힘들었다. 어떤 측면으로는 매 순간 절대적인 현존(現存)으로만 의미가 있는 극단적으로 추상적인 작업으로 다가왔다.

2.3. 소리로 '세계'를 만드는 작업들

에릭 데일리(Erik Deely)의 《"A Sense of Place" for 2-ch tape》는 본래 실험영화에 동반됐던 음악으로, 영상과 함께 작업된 음악의 '소리만을' 듣는 경험을 제공한다. 이따금 틱 노이즈 혹은 볼륨의 왜곡으로 인한 정전기와 같은 노이즈가 계속해서 등장했는데 특정한 질감의 사운드를 구현하고자 일부러 의도한 것인지, 단지 음원을 다룰 때 오류가 생겨 만들어진 것인지 구분하기 어려웠다. SICMF에서 들었던 모든 테잎 음악 가운데서 샘플의 전자적 조작 방식이 손에 꼽힐 정도로 평이했고, 눈에 띄는 짜임새의 전환도 없었다. 자연의 소리를 녹음하고 그 위에 명상적인 분위기의 드론을 지속시킨 것, 몇 개의 드론과 특정 음고의 주파수를 결합시킨 것, 그리고 녹음된 자연의 소리 등이 번갈아가며 반복적으로 제시됐다. 작품 속 여백이 인상적이었으며, 다양한 샘플이 서로 겹쳐지면서 도입되고 서서히 사라지곤 했다. 작품 안에 판별하고 기억해야 할 음악적 이벤트의 양이 극히 적었다는 점에서 SICMF에서 공연된 다른 테잎 음악과는 큰 차이가 있었으며, 순수음악이라기 보다는 상업적인 용도의 '명상음악'을 연상시켰다.

강중훈의 《"I Want My Ears Feel Sweet" for tape》은 독특한 음고와 주기를 갖는 맹공이의 집단적 울음소리를 녹음하고 이를 재료로 삼아 작품을 전개했다. 작품 안에는 플랜저(Flanger) 이펙터 효과가 적용된 것 같은 사운드가 위상을 서서히 이동시키듯 음향 전체를 전면으로 등장시켰다가 다시 후면으로 밀어내기를 반복했다. 또한 불협화음을 연주하는 전자오르간에 디스토션 이펙터를 건 것처럼, 화려한 전자음의 지속이 마치 글리산도 밸브를 올리거나 내리듯 다양한 음높이를 오가며 제시됐다. 동시에 이런 소리의 배경으로는 맹공이 소리를 변형시켜 만든 사운드가 빠르게 또 느리게, 그리고 음높이를 바꿔가며 등장했다. 특히 추상적인 소리의 반복이었던 것 같은 음향은 어느 순간 구체적인 대상의 재현, 즉 '맹공이 소리'나 '자연의 소리'로 들리기 시작했는데, 그 전환의 순간이 흥미로웠다. 마치 '인공'과 '자연'이 교차되거나 진짜였던 것과 가짜였던 것이 혼동되듯, 계속해서 듣고 있던 특정한 소리가 별안간 다르게 다가왔다. 그리고 이런 맹공이 소리는 어느 지점에 이르러 다시 소음과 유사한 것으로 인식되며 사라졌다. 전반적으로는 뚜렷한 성격을 갖는 단일 음소재와 제한된 변조기법을 통해 일관된 사운드를 구성한 것이 기억에 남는다. 무엇보다도 맹공이로 가득 찬 새로운 '세계'를 엿본 듯한 느낌이 근사한 작품이었다.

3. 전자음향과 함께 연주하기: 악기와 일렉트로닉스

악기와 일렉트로닉스(Electro-acoustic music with instruments) 카테고리에는 어쿠스틱 악기 연주자가 무대에 오른 가운데 미리 녹음된 전자음향이 재생됐다. 이 부류의 음악들은 대개 악기와 테잎 음악의 대등한 이중주, 혹은 전자음향이 라이브 음악을 보조하는 구도로 상상되는데, 실제로 이와 같은 방식으로 구성된 작품이 여럿 있었다. 특히 후자는 독주 타악기 주자가 등장하는 경우가 대부분이었으며, 연주자는 리드미컬한 패시지를 다룬다기보다는 지극히 음향적인 측면에서 타악기를 두드리고 문지르며 사운드 자체를 만들어나갔다.

악기와 전자음향이 함께 어우러져 어쿠스틱 악기의 영역과 한계를 확장시킨 작품도 있었다. 2021 SICMF에서 발표된 이런 부류의 작업은 공교롭게도 각각 플루트(심채윤)와 색소폰(부다혜)을 활용하는 관악기 곡이었다. 아마도 인간의 숨결을 불어넣어 소리를 내고, 특정 사운드를 만들기 위해서는 유독 신체능력이 중요하기에, 여기에 테잎 음악으로 상징되는 테크놀로지를 접목시켜 인간의 한계를 확장시키는 모습이 유독 강렬하게 다가왔다.

한편 아직은 구현되지 않은 신기술을 인간 연주자가 퍼포먼스 하는 작품도 있었다. 이런 작업들은 전자음악을 다루는 페스티벌의 장르적 성격 보다는 '퍼포먼스'라는 형태로 제시되는 공연예술 전반의 속성을 더 강하게 드러냈다. 사실상 연주자가 특정한 방식으로 무언가를 무대 위에서 제시할 때, 관객들은 걸로 드러난 '효과'만을 경이롭게 관람할 뿐 그것의 작동원리까지는 알지 못한다. 따라서 무대를 바라보며 21세기 더 나아가 22세기를 지배할 기술을 가늠해보는 일은 충분히 즐거웠으며, 어떤 측면으로는 기술로 뒤덮인 SICMF에 일종의 위트를 던지는 것 같았다.

3.1. 연주자와 대등한 주체로 선 전자음향

카일 쇼우 Kyle Shaw의 《"탐부" Tamboo" for tenor steel pan & electronics》는 SICMF에서 연주됐던 타악기와 전자음향의 조합 중에서 전자음향 파트가 가장 돋보이던 작품이었다. 기본적으로 타격(attack)과 사그라들(decay), 그리고 지속(sustain)과 사라짐(release)으로 이어지는 소리의 흐름 가운데 각기 다른 단계에 연주자와 전자음향이 번갈아 개입하는 모습이 명확했다. 이를테면 연주자가 타격을 가하면 지속 부분에 전자음향이 등장하거나, 그 소리가 사라지는 부분에 전자음향의 역할이 극대화되는 식이다. 특히 연주자가 무대 앞 하나의 '지점'에서 소리를 만들어냈다면, 여기에 결합되는 전자음향은 다양한 방향에서 울림으로써 음원의 멀고 가까움은 물론 소리의 움직임을 다양한 방향에서 표현했고, 그렇게 만들어진 소리의 공간감이 인간 연주자와 구분되는 전자음향 특유의 아우라를 만들어냈다. 이는 실제 연주자의 소리가 전자음향을 압도했던 다른 작품과 비교되는 부분이었다. 또한 무대에서 연주된 타악기 '테너 스틸 팬(tenor steel pan)'은 어느 정도의 음정을 갖되, 그 질감이 다소 단조롭고 잔향은 빈약하다. 반대로 이에 결합된 전자음향은 연속적이며 넓은 스펙트럼의 사운드를 갖고 있었기에, 무대 위 타악기 소리와 대조를 이루고 단출한 타악기의 울림을 확장시켰다. 이 지점에서 관객은 눈으로 보는 것보다 훨씬 더 광대한 소리의 흐름을 체험하며 전자음향과 연주자가 함께 만들어낸 마법 같은 시간을 음미할 수 있었다.



그림 10. 카일 쇼우의 "탐부"



그림 11. 오세린의 "Figuration"

전자음악과 피아노의 2중주처럼 보였던 오세린의 《"Figuration" for piano & electronics》는 전통적인 방식의 피아노 연주 기법을 활용하되 음악적 '스타일'이 다른 열 개의 악장으로 구성된 작품이다. SICMF에서는 그 중 네 악장이 연주되었는데, 3악장에서는 고전-낭만주의 피아노 소품을 연상시키는 피아노 연주와 드론 위주의 연속적인 전자음향이 어우러졌으며, 이어 연주된 악장에서는 프리페어드 피아노로 만들어낸 듯한 독특한 음색의 메트릭한 모티프가 전자음향으로 제시되었고, 여기에 피아니스트가 유사한 주법으로 구성된 패시지를 연주했다. 이 경우 피아노와 전자음향은 음색적 차이를 유지하되 사실상 대등한 것으로 인식되었다. 이어지는 악장에서는 고전-낭만시대 풍의 파토스로 가득 찬 프레이즈가 주크박스를 틀어 놓은 것처럼 차려로 등장했는데, 여기에 피아니스트가 대응해 연주를 이어갔다.

마지막 악장에서는 전자적으로 음색이 변형된 피아노 소리가 전자음향으로 먼저 제시되고 이를 받아 피아니스트가 연주를 하고 다시 전자음향이 등장하는 식으로 작품이 진행됐다. 이 경우 전자음향으로 제시되는 피아노 파트는 특정 패시지를 '간간이 연주할 수 없는 경지로' 극히 빠르게 제시한다든가, 너무나 많은 음들을 가벼운 필치로 쏟아내어 '기계의 연주'라는 느낌을 만들어냈다. 이런 방식으로 피아노 음악 '스타일'의 다양한 유형을 실험하는 작품 의도 안에서 '기계의 연주 스타일'은 무엇인지에 대해 고민해볼 수 있었다. 다만 다양하게 제시됐던 패시지들이 음계의 반복이나 관습적인 프레이즈의 병렬적인 제시에 머물렀기에 음악 자체는 단조로운 느낌을 주었다.

3.2. 중심으로서의 연주자와 보조로서의 전자음향

SICMF의 몇몇 작품은 실연이 만들어내는 음향의 정교함이 워낙 크게 다가온 나머지, 이에 동반된 전자음향의 비중이나 그 역할이 상대적으로 축소되어 보이는 경우가 있었다. 이런 작품 안에서 전자음향은 단지 '전자적인 소리'를 낸다는 음향적 속성만을 갖고 있었을 뿐, 그 이외의 매체적 특이성이나 기술을 돋보이게 할 만한 참신한 아이디어 등을 갖고 있지는 않았다. 이는 20세기 초반 전자음향이 처음 등장했을 때 부각되었을 어쿠스틱 악기와는 다른 음향적 특이성이 21세기의 작품 안에서도 여전히 강조되는 모습으로 볼 수 있다.

비브라폰 연주와 함께 미리 녹음된 테잎 음악을 재생했던 마라 헬무스 Mara Helmuth의 《"Onsen: Hot Springs" for vibraphone & electronics》는 전자음향의 역할과 존재론을 고민하게 만든 작품이었다. 비브라폰을 연주하는 연주자의 퍼포먼스와 아우라가 워낙 컸기에, 여기에 동반되는 테잎 음악은 음향적으로나 음악적으로 다소 빈약한 것으로 인식됐으며, 이 작품 안에서 굳이 '비브라폰과 전자음향'이라는 구도를 선택한 이유가 설득력 있게 다가오지 않았다. 아마도 두 명의 타악기 주자가 무대에 올라 비브라폰 한 대와 또 다른 유형의 타악기를 연주했다면 더

효과적이었을 것 같다는 생각도 들었으며, 전자음악 파트가 음향적 측면에 집중하고 있는지, 아니면 리듬적·짜임새적으로 실연악기와 특정한 맥락을 구성하고자 한 건지도 애매모호했다. 작곡가는 “2018년 노스캐롤라이나 대학 캠퍼스에서 만들어진 여러 메탈 조각의 오디오 샘플에서 영감을 받았”고 특히 “풍부한 음색과 함께 리드믹한 이 사운드는 전자음악 파트를 위해 샘플들에 적용된 DSP로 생성되었다”고 언급한 바 있는데, 이 의도대로라면 전자적으로 구성된 ‘음향’ 그 자체가 중요하게 다뤄진 셈이다. 하지만 비브라폰 연주자가 말렛을 다루는 방식, 타격이 만드는 그루브, 미세하게 강약을 조절하는 테크닉 등이 워낙 섬세한 사운드를 생성했기에, 전자음향 속 음색의 다양성이나 특이성은 실제 무대 위에서 그만큼의 힘을 발휘하지 못했다.

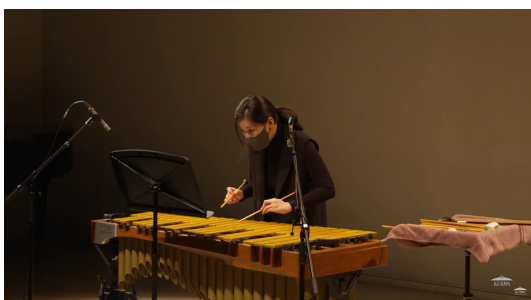


그림 12. 마라 헬무스의 “Onsen: Hot Springs”



그림 13. 이유정의 “벌들이 잠에서 깨어날 때”

이유정은 《“벌들이 잠에서 깨어날 때(Wenn Bienen aufwachen; When bees wake up” for percussion and tape)》에서 “자연적인 소리들이 전자적으로 들렸던” 경험을 언급하며 “자연적인 것과 전자적인 것의 구분이 모호해지는 여러 지점들”에 대한 고민을 작품 안에 풀어냈다. 하지만 쇠나 나무, 종이를 비롯한 다채로운 울림체를 각기 다른 말렛과 주법으로 다룸으로써 생성해 낸 라이브 사운드의 풍부함은, 전자음향과 그 정도를 견주기 힘들 정도였다. 즉 이 작품 안에서도 전자음향은 어쿠스틱 음향과 대조되거나 대등하게 인식되지 않았으며, 가끔 밀물처럼 들어왔다 다시 썰물처럼 빠져나가고 마는 부수적인 형태로 청취됐다. 더군다나 무대에 선 타악기 주자는 ‘퍼포머’로서의 존재감과 아우라를 뽐내었기에, 기술에 의지해 유령처럼 떠도는 전자음향은 그 음향의 정교함 뿐 아니라 존재감의 측면에서도 실연주자가 만들어내는 울림에 이르지 못했다.

3.3. 전자음향을 통한 어쿠스틱 악기의 확장

부다혜의 《“Solitude première” for tenor saxophone and electronics》에서는 테너 색소폰 주자가 다채로운 주법으로 악기 고유의 특색을 드러내는 모티브를 연주하면, 전자음향은 이런 소리를 증폭하거나 길게 늘이고, 앞서 나온 소리를 변조해서 다시 들려주는 등 다양한 방식으로 확장시킨다. 마치 연주자가 멋들어지게 한 곡조를 뽑으면, 그 뒤로 수많은 그림자와 잔향이 남아 이 연주를 더욱 돋보이게 만드는 것처럼 음악이 진행됐다. 이 지점에서 전자음향의 역할은 어쿠스틱 악기의 확장이라는 맥락에서 설명된다. 특히 지속음 위주의 전자음향이 색소폰 소리와 결합할 때면, 사람의 숨소리로 연주되는 관악기의 본질적인 발현방식이 기술로 인해 극도로 증강되는 느낌을 주었다.



그림 14. 부다혜의 “Solitude première”

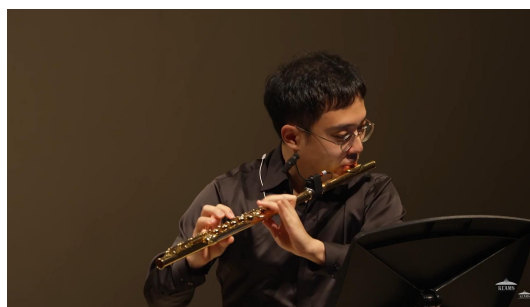


그림 15. 심채윤의 “Shattered Mirror”

심채윤의 《“Shattered Mirror” for Flute and electronics》에서는 플루트 소리를 변형시킨 음향에서부터 키클릭(key click) 사운드를 비롯한 분절적이고도 짧은 음가의 수많은 소리가 전자적으로 제시됨으로써 그 자체로 아날로그 플루트와는 구분되는 독특한 성부를 구성한다. 특히 전자음향은 플루트 연주자와 대등한 무게감을 갖고 대조되며, 동시에 연주자의 소리를 반영하고 확장한다. 무엇보다도 아날로그 플루트의 다양한 프레이즈들이 전자음향과 긴장감 있게 맞물렸는데, 각이 진 듯 도약이 많고 날카로운 뉘앙스를 갖는 주요 선율모티브가

인상적이었다. 다만 음악의 전개 방식이나 클라이맥스의 설정, 성부의 구성 등이 지극히 전통적인 악곡의 흐름과 유사하다는 생각이 드는 작품이었다.

3.4. 아직은 구현되지 않은 기술을 퍼포먼스하기

아직은 구현되지 않은 극히 복잡한 테크놀로지를 인간 연주자의 퍼포먼스를 통해 무대 위에 불러 낸 작품들이 있었다. ‘인공지능’의 자동연주나 ‘보이지 않는 악기’ 등 고도의 기술을 관객이 체험할 수 있게 하되, 이런 기술은 실제로는 사용되지 않았다. 사실상 무대 위에 오르는 모든 것은 어떤 방식으로든 관객에게 환상의 세계를 제시하고자 하는 욕망이 잠재되어 있는 바, 이런 속성을 인간 연주자가 기술을 중심에 두고 부각시킨 작업으로 볼 수 있을 것이다. 무엇보다도 ‘전자음악’이라는 장르가 내포하고 있는 테크노유토피아니즘(technological utopianism)적인 특성을 미래의 기술을 퍼포먼스하며 보여줬다는 점이 흥미로웠다.

남상봉의 《"IAIA" for piano & electronics》는 바이엘(F. Beier)의 연습곡에서 들어봤음직한 단순한 모티브를 피아니스트가 반복하며 시작한다. 차츰 여기에 음이 부가되고, 어느 시점을 지나면 극히 단순롭던 처음의 모티브는 점차 복잡해져 바르토크(B. Bartok)의 마이크로코스모스(Mikrokosmos)를 연상시키는 음향 덩어리로 변모한다. 기법적으로는 미니멀 음악(minimal music)에서 자주 볼 수 있는 선법 위주의 음소재, 점진적으로 음과 성부를 추가해나가 짜임새가 두터워지는 부가적 프로세스, 단순한 모티브를 계속해서 반복하는 구조 등이 사용됐다. 결국 작품 중반에 이르면 음정들 간의 반복과 대조, 역행 등이 두드러진 가운데 8분음표의 펄스를 유지하는 음악이 구현되는데, 이런 과정 안에서 특정한 패턴의 반복적인 모티브가 전자음향을 통해 피아노 연주와 맞물려 재생된다.

이 경우 전자음향의 모티브는 “인공지능이 스스로 피아니스트의 입력 값을 토대로” 자신의 연주 지점과 음고를 설정하여 등장한 것 같은 느낌을 준다. 인공지능 기술을 실제로 구현한 것은 아니지만, 인공지능이 실연을 학습하고 이를 토대로 작품 안에 성부를 추가해 나가는 광경을 ‘작곡가가’ 대신 상상해 집어넣은 것이다. 그렇게 전자음향은 연주자가 직전에 들려준 적이 있는 프레이즈를 일종의 화성적 배경으로 통합시켜 넣음으로써 ‘인간’과 ‘인공지능’이 합주를 하는 듯한 느낌을 만들어냈다.



그림 16. 남상봉의 "IAIA"

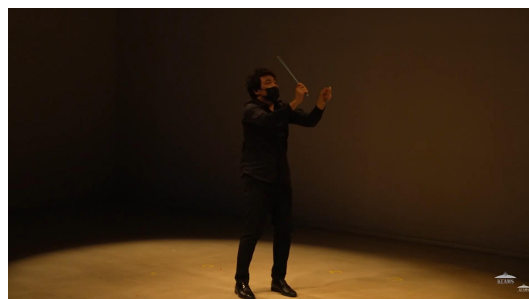


그림 17. 올리베이라의 "Kontrol"

조아 페드로 올리베이라(João Pedro Oliveira)의 《"Kontrol" for 1 performer & electronics》는 전자음향이 울려 퍼지는 가운데 타악기 연주자 문지승이 등장해 가상의 ‘타악기’를 연주한다. 여기에서 흥미로운 것은 실제 무대 위의 타악기 주자는 ‘안무’라고 부를 수 있을 정도의 화려한 팔 동작과 몸짓을 보여주지만, 연주자가 ‘타격’함으로써 소리를 내는 것은 단 하나도 없다는 점이다. 사실 관객의 입장에서는 타악기 연주자의 손목 스냅이나 말렛의 머리 부분의 움직임이 전자음향과 정확히 맞아떨어지기 때문에 연주자의 몸이나 말렛에 센서가 부착되어 있거나, 보이지 않는 악기가 신호를 입력 받는 것으로 착각하게 된다.

하지만 그러한 장치는 없었고, 모든 퍼포먼스는 연주자가 전자음향 속 타격점을 전부 암기한 상태에서 이를 몸짓으로 연기하는 것이었다. 즉 연주자는 말렛만을 들고 나와 이것을 ‘허공에’ 휘두르며 타악기를 연주하는 퍼포먼스를 하되, 이런 동작이 너무도 실제와 같아 관객들은 무대 위에 구현되어 있을 ‘미지의 기술’을 상상하게 된다. 전자음향은 드럼세트의 소리나 울림이 거의 없는 타악기 혹은 금속 타악기 소리 등을 이펙터로 변형해서 들려준 것이 대부분이었는데, 팔을 휘두를 때 나는 효과음을 제외하면 특정한 악기의 연주모습을 쉽게 떠올릴 수 있는 것들이었다. 즉 무대에 울려 퍼진 대부분의 전자음향은 그 소리의 발현방식과 출처를 쉽게 상상할 수 있는 유형으로 구성되었다. 이 지점에서 상상 속의 신기술이 구현하고 있는 음악이 100년 전에도 익숙하게 들었던 드럼세트 연주나 스네어 드럼의 연타, 익숙한 박자 등에 한정되어야만 하는 것인지에 대한 의문이 들었다. 하지만 새로운 기술로 전에 본적 없는 기법과 소리를 낸다면 이것이 ‘타악기 연주’라는 속성조차 잃어버리게 될 테니, ‘익숙한 관습’을 가지고 ‘새로운 기술’을 보여줄 수밖에 없었을 것이다.

4. 라이브란 무엇인가?: 실시간 일렉트로 어쿠스틱 음악

SICMF에서 관객을 만난 마지막 카테고리는 실시간 일렉트로 어쿠스틱 음악(Live electro-acoustic music)으로서, 무대 위에서 생성되는 소리나 동작을 센서를 통해 프로그램으로 보낸 후, 실시간으로 그 반응을 출력하여 전체 무대를 구성한다. 기술적으로 품이 가장 많이 들고, 현장의 상황에 따라 결과물의 질이 달라질 수 있는 독특한 카테고리로서 총 네 편의 작품이 관객을 만났다.

이 부류의 작업은 각기 다른 작업형태를 보여줬기에, 이에 따르는 미학적 관점이나 고민들도 천차만별이었다. 그럼에도 네 작품 모두 '라이브 퍼포먼스란 무엇인가?'를 숙고하게 만드는 측면이 있었다. 보다 구체적으로 각각의 작품은 '라이브 일렉트로닉스'라는 매개를 그 자체로 의미화하거나(유태선), 파편적인 요소를 '퍼포먼스'라는 장場 안에 펼쳐놓거나(장동인), 문자 그대로 '라이브 클럽'에 온 것과 같은 무드를 만들어냈다(데자). 더 나아가 현전성(現前性)의 조건인 '복제 불가능성'과 '재생 불가능성'을 다시 고민하게 했다(임승혁). 모든 작품의 결이 달랐지만, 테잎 음악이나 오디오비주얼 작업에 비해 유독 관객의 강한 집중력을 이끌어 낸 순간이 많았으며, 무대 자체가 흥미로운 형태로 구성된 것이 대부분이었다.

4.1. 퍼포먼스를 통한 비구체적 재현의 아이러니

장동인의 《"이곳을 통하여(HIERDURCH Through here)" for live-electronics》는 전통예술에서 가져온 모티브를 활용했다는 점과 두 명의 여성연주자를 통해 퍼포먼스적인 측면을 작품 안에 포함시켰다는 점이 눈에 띄는 작품이었다. 무대 오른쪽에는 다양한 타악기를 조작하기 위한 테이블이 설치됐는데, 그 위에는 동양적인 패턴이 그려진 테이블보가 덮여 있어 독특한 분위기를 풍겼다. 이 앞에 앉은 연주자는 유리 보울에 물을 떨어뜨리거나 정주 등을 활용해 소리를 만들어냈고, 이런 음향이 미리 제작된 유사한 질감의 전자음향과 섞여 전체 사운드를 구성했다. 한편 무대 중앙에는 남색 한복을 입고 맨발로 무대를 거니는 두 명의 여성 연주자가 있었다. 이들은 움직임의 입력 값을 받아들이는 센서를 손에 장착하고 있었는데, 이 때문에 부채 혹은 팔을 흔들며 무대 위를 돌아다니면 거친 바람소리가 전자적으로 생성됐다. 작곡가는 부채를 휘두르는 손짓이나 기타 동작으로 가시화되는 '움직임'을 판소리의 구성요소 중 하나인 '발림'으로 보았고, 이 움직임을 전자음향으로 전환시켰다.

작품 초중반에 등장하는 가장 중요한 음향 중 하나로 연주자가 부는 전통악기 '훗'이 있었다. 오카리나와 유사한 방식으로 소리를 내는 악기로, 연주자가 소리낸 음고가 실시간으로 변형되고 이것이 본래의 소리와 결합되어 복잡한 파형을 갖는 것으로 청취됐다. 이외에도 윈드차임, 바람 소리, 풍경이 바람에 흩날리는 소리 등이 전자음향으로 생성되어 사운드의 후면을 채웠다. 한편, 작품이 중반 이상을 넘어가면서부터 노래인 듯 읊조림인 듯 그 뜻을 알 수 없는 연주자의 속삭임이 전자적으로 증폭되어 수없이 많은 소리의 레이어를 만들어냈다. 동시에 무대의 조명이 어두워지고 붉은 빛을 내는 연꽃 오브제가 점멸하기 시작했다. 이 지점에 이르면 이런 모든 시각적·청각적 요소들은 한데 어우러져 묘한 무속적(巫俗的) 분위기와 공간감을 만들어낸다. 그리고 이런 '무속적'이라는 인식을 통해 작품 속 '심청'이 위로 받는 매커니즘이 이해된다.

예컨대 이 작품은 판소리 '심청가'를 모티브로 하고 있으며, "비극적 사건들을 겪어낸 그녀가 인간세상으로 돌아가기 전 어머니를 만나 위로를 얻는 것"을 표현하는데, 이런 의도가 일종의 디지털 굿을 통해 심청의 한풀이를 도와주는 것 같은 퍼포먼스로 구현된다. 주목할 것은 이 작품이 모호한 재현방식을 택했으며 대상을 비구체적으로 표현한 탓에 이러한 한풀이의 '뉘앙스'만을 파편적으로 제시한다는 점이다. 이 안에서 모든 음향과 오브제는 결국 '위로'라는 관념을 구성하기 위한 요소들일 뿐 무언가 구체적인 의미를 전달하기에는 애매모호한 상태다. 즉 작품 안에 등장하는 수많은 소리들이나 무대 위에 한복을 차려입은 두 명의 여성연주자, 부채를 비롯한 동양풍 소품들은 모두 합쳐져 '동양풍 무드'만을 뽐낼 뿐 '심청가'를 떠올리게 하는 맥락이나 텍스트는 존재하지 않는다. 다만 여기에는 아이러니가 있다. 이와 같은 비구체성은 이 작품이 '동양적 모티브'를 거칠게 나열해 그 '분위기'만을 착취하는 오리엔탈리즘적인 혐의를 부가한다. 하지만 대상에 대한 '구체적인 재현'을 행하게 되면 이 작품은 정말로 '창작' '씻김굿'을 연행하는 것 이외의 어떠한 돌파구가 존재할 수 있을까?



그림 18. 장동인의 “이곳을 통하여”

4.2. 복제·재생의 순환과 라이브니스

임승혁의 《“짧아짐 V” for violin & live audio-visual media》는 독주 바이올리니스트가 연주를 하면 그 소리가 프로그램을 거쳐 변형된 채 실연과 동시에 재생되며, 무대 뒤로는 연주자를 녹화한 영상이 실시간으로 상연된다. 작품 안에 등장하는 전자음악적 조각은 딜레이(Delay)를 중심으로 하는데, 한 명의 연주자가 낸 소리는 딜레이를 거쳐 시차를 두고 재생되되 뒤따르는 소리의 출현 간격, 음향의 변조 여부, 연이어 등장하는 성부의 개수 등이 변형되어 풍부한 음향을 만들어낸다. 따라서 바이올린 실연과 그 뒤를 따르는 음향의 관계는 주선율과 그 성부의 모방으로 청취되거나, 대조적인 모티브의 겹침으로, 더 나아가 돌림노래와 같은 폴리포니 사운드로 인지된다. 또한 바이올리니스트가 무대 왼편에서 있다면, 딜레이를 거친 소리는 오른편에서 들려오거나 객석의 구석에서부터 소리나는 것과 같은 공간적 효과를 만들어낸다.

한편 이 작품에서는 관객이 작품 속 선율의 변형이나 반복, 성부의 구성, 짜임새의 레이어 등을 투명하게 청취할 수 있는데, 이와 같은 ‘청취 가능한 구조(audible structure)’는 연주자의 신체, 무대 뒤에 투사되는 이미지, 실연되는 소리, 전자적으로 조작된 소리 등 무대를 이루는 네 가지 요소를 명확하게 인식함으로써 가능해진다. 이를테면 연주자는 스피카토, 강한 비브라토, 콜 레그노 바투토(col legno battuto), 브릿지 위에서 소리내기 등 음향적·시각적으로 뚜렷하게 구분되는 연주 방식을 몇몇 번갈아가며 들려준다. 그리고 이러한 기법은 시차와 그 잔향을 다채롭게 설정한 딜레이 효과와 결합된다. 예컨대 무대 위의 바이올리니스트는 현을 두드리고 있지만 실제 관객의 귀에는 현을 강하게 긁는 소리가 겹쳐 들리는데, 이는 ‘현재 연주되는 소리’와 ‘직전에 연주됐던 소리’를 명확히 구분하게 한다. 또한 고음역대에 미세한 노이즈를 삽입하거나 잔향을 덧입히는 등 그 음정이나 기법을 분간할 수 있는 수준에서 음향을 변조했기에, 앞서 나왔던 바이올린의 모티브를 기억하고 그것의 변형방식을 확인할 수 있다.

무엇보다도 흥미로운 점은 이 작품이 주로 사용하고 있는 ‘딜레이’라는 기술에 관한 것이다. 사실상 딜레이는 소리를 순간적으로 ‘저장’하고 이것을 다시 ‘재생’하는 기술로, “공연의 유일한 생명은 현재”에 있으며, “공연은 저장되고, 녹화되고, 기록될 수 없으며, 반복적인 재현(representations of representations)의 순환 체계에 참여할 수 없다”고 정의되는 공연예술의 현전성(liveness)에 완전히 배치된다. 이런 상황에서 소리의 순간적인 저장과 복제에 둘러싸인 바이올리니스트의 ‘라이브 무대’는 그 자체로 ‘라이브니스’를 만들어내는 것인지 아니면 복제와 재생의 순환 안에서 라이브니스를 ‘퍼포먼스’하는 것인지, 라이브니스를 ‘전복’시키는 것인지에 대한 애매모호한 감각을 불러일으킨다. 어디까지가 ‘실연’이고 어디부터가 ‘녹화된 것’인가라는 질문을 넘어, 어디까지가 ‘실재’이고 어디부터 ‘가상’인지 그리고 우리에게 쏟아져 들어오는 수많은 시청각 정보의 홍수 중 ‘실시간’이라는 속성으로 설명할 수 있는 것이 과연 무엇인가를 고민하게 되는 것이다.

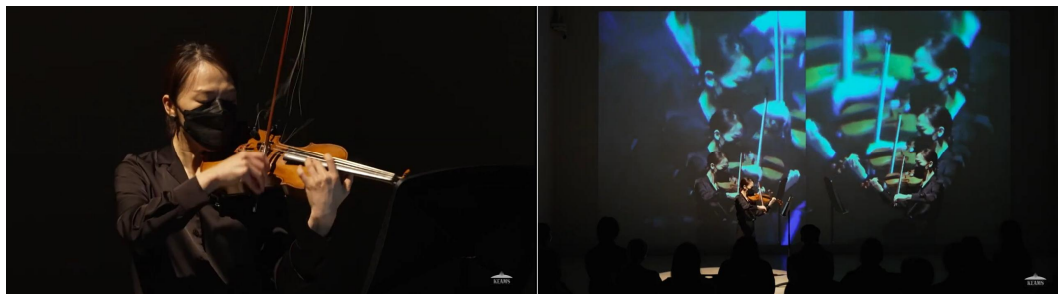


그림 19. 임승혁의 “짧아짐 V”

4.3. 그리고 남은 이야기

유태선의 《"Reflections of the Ego" for clarinet and live electronics》는 마치 클라리넷으로 하모니카를 불 듯 한 번에 여러 음고를 동시에 소리내는 멀티포닉 사운드로 시작한다. 그리고 이토록 다채로운 소리를 정말 한 명의 연주자가 만들어내는지 궁금해지려는 찰나, 무대 위 사운드가 프로그램을 거쳐 나온 자잘한 트레몰로 혹은 비브라토와 함께하고 있음을 알게 된다. 실연과 밀착되어 등장하는 이런 실시간 조작은 연주자와 전자음향을 2중주와 같은 형태로 보이게 만든다기보다는, 연주자를 중심에 둔 채 그의 소리를 기묘한 방식으로 증폭하며 마법 같은 잠재력을 가진 것으로 만든다. 실연의 표현 가능성을 보좌하는 방식으로 '라이브 일렉트로닉'이 활용되는 것이다. 바로 이 지점에서 작곡가가 의도했던 '내안(內眼)'이라는 작품의 아이디어가 설득력을 갖는다.

'내안'은 빛이 없는 곳에서는 눈 안쪽에서 스스로 빛이 쏟아져 나온다는 개념으로, 기대하고 예상했던 개체의 능력을 뛰어넘는 감각을 의미한다. 즉 이 작품에서는 '내안'이라는 아이디어가 '악기와 라이브 일렉트로닉스'라는 악기와 기술의 결합방식으로 의미화되고 있으며, 이런 맥락에서 클라리넷 연주자의 행위와 그에 뒤따르는 소리 형태의 다변화를 이해할 수 있다. 클라리넷의 능력을 훨씬 뛰어넘는 감각이 전자음향으로 표현되는 것이다. 다만, 이와 유사한 방식으로 '어쿠스틱 악기의 확장'을 보여준 작품이 '악기와 일렉트로닉스' 파트에 여럿 있었던 것을 떠올려 볼 필요가 있다. 객석에 앉은 관객의 입장에서 '실시간 조작'이라는 기술적 난해함 없이도 유사한 감상이 가능하다고 가정했을 때, 고도의 기술을 이용해 소리를 실시간으로 조작하면서 얻게 되는 퍼포먼스적·음악적 이점이 무엇인지에 대해 다시 고민해 보아야 할 것 같았다.



그림 20. 유태선의 "Reflections of the Ego"

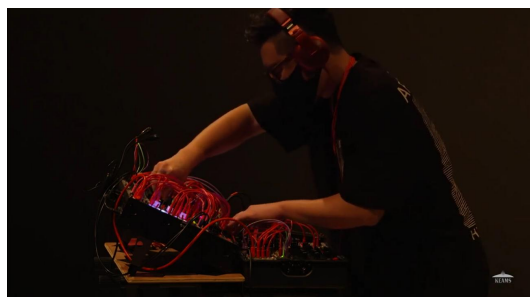


그림 21. 데자의 "Short & Long & Short"

데자(원성준)의 《"Short & Long & Short" for modular synthesizer》는 대중음악과 맞닿아 있는 작품으로, 작곡가이자 퍼포머가 무대에 직접 올라 모듈러 신디사이저를 조작하며 즉흥연주를 행한다는 점이 흥미로웠다. 작품 초반에는 극히 건조한 짧은 길이의 비트를 등장시키고 그 위에 사운드의 레이어를 쌓아가면서 점진적으로 음향과 리듬이 복잡해지는 프로세스를 보여줬고, 어느 지점에 이르러서는 여태까지 쌓아올린 레이어를 삭제하고 다시 기초적인 리듬에서부터 또 다른 프로세스를 시작했다. 여러 차례 소리를 쌓고 또 허물면서 음악 전체는 메타적인 클라이맥스로 진행하는 것처럼 보였는데, 그럼에도 리듬의 복잡성이나 음향의 새로움 등이 더 이상 과격해지지는 않았기에 중후반에는 곡 초반에 느껴졌던 기대감이 다소 감소하는 느낌도 들었다. 또한 이 작품은 SICMF에서 발표된 다른 작품과는 음악적 결이 달랐기에, 페스티벌 전체가 지향하는 음악적 스타일이나 아이덴티티를 가지고 있었는지에 대해서도 의문이 들었다.

하지만 2021 SICMF에서 발표된 작품 중 메트릭한 짜임새의 음악, 특히 또렷한 비트를 가진 음악은 전무했기에, 이 작품은 음악회의 분위기를 환기시켰고 서늘한 어둠 속에 앉아 실험실의 과학자처럼 앞을 응시하던 '엘리트 청중'에게 어느 정도의 숨 쉴 틈을 만들어주었다. 음악회에 온 청중에게 감상의 순수한 재미를 더하는데 긍정적인 역할을 한 것이다. 이와 같은 측면은 간과해서는 안 될 사항으로, SICMF가 아카데미를 중심으로 하는 냉혹한 분위기를 추구한다 할지라도 결국 페스티벌을 찾아온 이들에게 그들의 발걸음에 보답하는 음악회의 '즐거움'을 안겨주어야 한다는 점을 상기시킨다.

글을 마치며

본 글은 SICMF에서 발표된 서른 작품을 매체에 따라 총 네 가지 카테고리로 분류하고, 각 부류에 속한 작품들이 갖고 있는 음악적 특성과 미학을 고찰하였다. 보다 구체적으로 첫째, 오디오비주얼 미디어아트는 테잎 음악에 비해 비교적 음악적 정보량이 적었으며, 이미지의 형태에 따라 작품 전체의 성격이 규정되었다. 그 중 글리치 기법을 이용하여 가상과 실재를 넘나드는 감각을 만들어낸 작품이 인상적이었다. 둘째, 테잎 음악의 경우 짧은 샘플로 긴 흐름을 만드는 작업, 인성 등 독특한 음소재를 활용하여 작품 전체를 구성한 작업이 많았다. 특히

상당수의 작곡가들이 샘플을 화려하게 조작하며 고도의 기술을 보여줬지만 결과적으로는 유사한 흐름을 갖는 작품을 만들어 낸 경우가 많았다. 오히려 단일한 음색을 기반으로 샘플의 변형 방식을 제한한 경우가 더 흥미로웠다. 셋째, 악기와 일렉트로닉스는 악기와 전자음향이 서로 대등한 비중을 이루거나 악기의 보조로 전자음향이 사용되는 것을 넘어 다양한 구도를 보여줬다. 특히 어쿠스틱 악기의 영역과 한계를 전자음향이 확장하거나, 아직은 구현되지 않은 기술을 인간 연주자가 퍼포먼스 하는 작품이 눈에 띄었다. 넷째, 실시간 일렉트로 어쿠스틱 음악 카테고리에서는 '퍼포먼스'에 대한 다양한 미학적 논의를 숙고해볼 수 있었다. 특히 파편적인 재료를 '퍼포먼스'라는 장 안에 펼쳐놓은 작품, 복제 및 재생기술을 활용하면서 현장의 '라이브니스'를 보여준 작품이 기억에 남았다.

이처럼 3월에 걸쳐 열린 2021 SICMF는 국내에서 자주 개최되는 작곡 동인 위주의 음악회나 전형적인 아카데미 기반의 현대음악제와는 달리 동시대 전자음악의 흐름을 다각도에서 보여주는 동시에, 해당 음악을 작곡하는 전세계적인 추세를 조망할 수 있게 해 주었다는 점에서 의의가 있다. 덧붙여 이 페스티벌이 여러 해에 걸쳐 작품 공모 카테고리를 조금씩 수정한다든가, 매해 프로그램의 구성방식을 변주하는 점도 긍정적으로 보인다. 관객의 반응과 매체의 발전 양상을 미세하게 반영하고 있다는 증거이기 때문이다. 이런 모든 측면은 SICMF가 단지 허울뿐인 페스티벌이 아니라 작업자와 연구자, 관객 그리고 동시대의 기술 및 환경과 꾸준히 공진화^{共進化}하는 격렬한 장임을 증명한다. 다양한 연구자들과 작곡가들이 SICMF를 통해 사유를 확장하고 동시대의 기술과 매체, 그리고 기술의 고전적인 면모를 체험해야 하는 이유다.

ⁱ Glen Creeber, Royston Martin(eds.), 나보라 번역, 『디지털을 읽는 10 가지 키워드』, 서울: 이음, 2011, 220.

ⁱⁱ Rosa Menkman, *The glitch moment(um)* (Amsterdam: Institute of Network Cultures, 2011), 9.

ⁱⁱⁱ 이민희, "디지털 미니멀 음악(Digital Minimal Music)의 양상과 미학 연구: 세계의 끝, 그리고 새로운 세계의 시작점에 선 음악", 서울대학교 박사학위논문, 2021, 133.

^{iv} Peggy Phelan, *Unmarked: the politics of performance* (London: New York: Routledge, 1993), 146, 150, 백로라, "미디어 테크놀로지 시대에서의 퍼포먼스의 '라이브니스'", 『인문연어』 13/2 (2011), 295-296 에서 재인용.