

슈톡하우젠 *Mixtur*에서의
링 모듈레이션(Ring Modulation)에 따른
음향효과 연구

고 수 진

(침례신학대학교 강사)

목 차

I. 서론

1. 슈톡하우젠의 *Mixtur*
2. 링 모듈레이션

II. 본론

1. 지속되는 주파수의 링 모듈레이션 효과
2. LFO(Low Frequency Oscillator) 효과
3. 이동하는 주파수의 링 모듈레이션 효과

III. 결론

참고문헌

Abstract

I. 서론

오랜 기간 많은 작곡가들은 전통적인 음악 패턴 아래 다양한 방법을 시도하면서 음악을 발전시켜왔다. 그러나 20세기가 도래하면서 보다 새로운 음악을 찾게 되고 그에 따라 조성, 리듬, 음색 등 기존의 음악을 탈피하려는 시도를 보이게 된다. 전자음악도 이러한 시도 중 하나로 실제 존재하는 소리가 아닌 기계적으로 조작된 새로운 사운드를 발견해 나가기 시작했다. 1950년대 무렵 전자 발진기를 사용하여 사운드를 만들고 이를 테이프에 녹음하여 합성해서 음악을 만들었고, 이에 더 나아가 새로운 전자음향을 창출하기 위하여 다양한 실험을 시도하기에 이르렀다. 슈톡하우젠의 *Mixtur*은 그러한 결과의 하나로 실제 악기 소리를 발진기에서 만들어진 사인파를 사용하여 링 모듈레이션을 가해 새롭고 다양한 전자음향을 만들어 냈다. *Mixtur*는 링 모듈레이션을 통해, 제한된 범위를 가질 수 밖에 없었던 실제 악기 음향을 음색, 리듬, 또 음의 범위를 확장하여 보다 새로운 사운드를 창출해 내었다. 그리하여 본 연구에서는 *Mixtur*의 링 모듈레이션을 통한 전자음향의 사용을 분석하여 실제 작곡적 효과가 어떻게 나타나는지 연구해본다. 또 실제 악기 음향에 링 모듈레이션을 적용하여 기존의 작곡적 한계성을 어떻게 깨트리고 확장하였는지 알아보고, 현대의 전자음악에 어떠한 방법으로 적용할 수 있는지 생각해본다.

1. 슈톡하우젠의 *Mixtur*

피에르 셰퍼(Pierre Schaeffer, 1910~1995)¹⁾가 이끄는 프랑스 방송 협회의 구체음악(Concrete Music)²⁾을 접한 칼하인츠 슈톡하우젠(Karlheinz Stockhausen, 1928~)은 전자음악에 관심을 가지게 되어 *Studie I, II*, *Kontakte* 등의 전자음악 또는 전자음악과 악기를 위한 작품들을 작곡하였다.

1) 피에르 셰퍼(Pierre Schaeffer, 1910~1995) : 파리음악원 교수이자 국영방송국 전기기사. 전자음악의 전신인 구체음악(Concrete Music)을 창시했다.

2) 구체음악(Concrete Music) : 존재하는 모든 음향을 소재로 하여 전기적 · 기계적으로 가공, 테이프 몽타주 방법에 의하여 구성한 음악.

*Mixtur*는 슈톡하우젠의 중기 작품으로 전자음향과 오케스트라를 위하여 작곡되었고, 1965년 11월 9일 NDR³⁾에서 초연되었다. 이 작품은 아래와 같이 5그룹의 오케스트라 파트로 구성된다.

< 표 1 > *Mixtur*의 오케스트라 악기군

SCH (Schlag)	타악기 그룹. 3명의 주자가 가죽끈으로 묶인 1개의 심벌, 1개의 탐탐을 연주한다.
H (Holzblas)	목관악기 그룹. 3대의 플룻, 3대의 오보에, 3대의 클라리넷, 3대의 바순으로 구성된다.
B (Blech)	금관악기 그룹. 3대의 트럼펫, 3대의 트롬본, 3대의 높은 음의 호른, 2대의 낮은 음의 호른, 1개의 튜바로 구성된다.
P (Pizzikato)	현의 피치카토 그룹. 6대의 제1바이올린, 6대의 제2바이올린, 5대의 비올라, 3대의 첼로, 3대의 더블베이스, 1~2대의 하프로 구성된다.
S (Streich)	현악기 그룹. 6대의 제1바이올린, 6대의 제2바이올린, 5대의 비올라, 4대의 첼로, 3대의 더블베이스로 구성된다.

이 작품에서 사용된 전자음향은 오케스트라 그룹의 실제 연주가 링 모듈레이터(Ring Modulator)를 거쳐 실시간으로 변조된 소리로, 오케스트라 그룹과 함께 어우러져 연주된다. 다섯 개의 오케스트라 그룹은 30대의 마이크(Microphone)으로 수음되고⁴⁾, 8개의 믹싱 콘솔(Mixing Console)⁵⁾로 조정된다. 또 1대의 사인 웨이브 제네레이터(sine-wave generator)⁶⁾로 사인파를 만들어 링 모듈레이터에 보내고, 믹싱 콘솔로 들어온 실제 악기 음향들은 4대의 링 모듈레이터에 입력된 사인파로 변조된다. 이러한 악기음향들은 실제 연주와 혼합되어 7대의 라우드스피커(Loudspeaker)로 출력하게 된다.

슈톡하우젠은 소재와 형식의 일체성을 제1원칙으로 삼고 ‘모멘토 형식(Moment Form)⁷⁾’이란 개념을 사용하였는데, *Mixtur*에서도 잘 나타난다. *Mixtur*는 20개의

3) NDR : 북부 독일 방송국

4) H 악기군에 4대, S 악기군에 7대, P 악기군에 7대, B 악기군에 4대를 사용하고, 2대의 더블 베이스를 위해 연결된 2대의 마이크를, 또 타악기를 위해 6대의 연결된 마이크를 사용하였다.

5) 무대 위에 4대의 믹싱 콘솔을, 타악기를 위해 3대의 믹싱 콘솔을, 연주 홀에 1대를 설치하였다.

6) 사인파 제조기. 10000~10Hz와 100~0.2Hz 제조가 가능하며 이것은 하나의 스위치로 바꿔줄 수 있다.

모멘트로 구성되고, 각각의 모멘트(moment)는 주제를 가지고 있다. 모멘트의 연주 순서는 악보에 적힌 순서에 따라 각각 다른 순서로 연주할 수 있다.

< 표 2 > *Mixtur*의 모멘트 구성

1	Mixtur	2	Schlagzeug	3	Blöcke	4	Richtung	5	Wechsel
6	Ruhe	7	Vertikal	8	Streicher	9	Punkte	10	Holz
11	Spiegel	12	Translation	13	Tutti	14	Blech	15	Kammerton
16	Stufem	17	Dialog	18	Schochten	19	Pizzicato	20	Hohes C

자연배음적인 실제 연주와 노이즈에 가까운 변조된 악기 음향이 어우러져 새롭고 신비한 오케스트라 음악을 창조해 낸 *Mixtur*의 가장 큰 특징은 ‘링 모듈레이터의 사용’이라 할 수 있다.

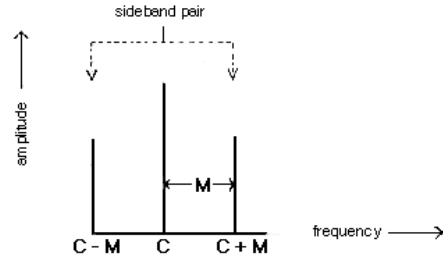
2. 링 모듈레이션

링 모듈레이션은 소리를 새로운 음향으로 변형시키는 장치로, 원래의 음향에 사인 주파수를 가하여 합한 값과 뺀 값의 주파수들을 만들어내는데, 이렇게 만들어진 주파수들은 자연배음적이지 않다. 여기서 모듈레이션이란 의미는 음량, 주파수, 위상 등 사운드의 어떠한 부분을 변화시키는 것을 의미하는데, 링 모듈레이션은 앰플리튜드 모듈레이션(Amplitude Modulation)과 비교되는 한 형식이다. 앰플리튜드 모듈레이션은 사인파에 의해 원래의 음향의 음량 부분을 변조시키는 것으로, 바이올린의 트레몰로가 이와 같은 것이라 할 수 있다. 이에 반해 링 모듈레이션은 원래의 음향에 사인파가 가하여져 합과 차의 두 개의 주파수를 만들어낸다.

$$\text{RingMod}_t = C_t \times M_t$$

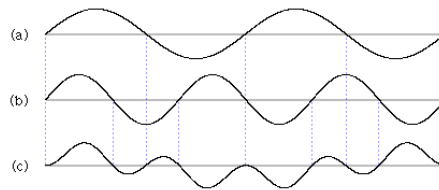
C : 실제 음향 M : 링 모듈레이터에서 가한 사인 주파수 t : 시간

7) 모멘트 형식 : 슈톡하우젠이 사용한 형식단위. 독자적 생각을 담고 있는 부분. 일종의 ‘형식적 구조’나 ‘시간적 과정’을 의미한다.



< 그림 1 > 실제 음향에 링 모듈레이션을 가할 때 생성되는 주파수

아래의 그림은 400Hz의 주파수(a)와 600Hz의 주파수(b), 그리고 두 개의 시그널에 의해 링 모듈레이터를 거쳐 만들어진 새로운 주파수(c)이다. 400Hz에 600Hz를 가한 시그널 (c)를 보면, 낮은 주파수 위에 높은 주파수가 더해진 것을 볼 수 있다.



< 그림 2 > 400Hz(a)와 600Hz(b), (a)에 (b)로 링 모듈레이션을 가하여 생긴 파형(c)

예를 들어 C에 1Hz의 모듈레이터 M을 가하면

$$C + 1\text{Hz}(M)\text{과}$$

$$C - 1\text{Hz}(M)\text{이}$$

생기게 되고, 이 두 개의 시그널이 맥놀이(beatting)⁸⁾를 일으켜, 1초에 두 번 비브라토(vibrato)가 생긴다. 이렇게 M의 주파수가 약 20Hz 이하일 경우에 M의 주파수 값의 두배로 C의 음량이 비브라토 효과를 얻게 되는데, 이를 LFO라 한다. 그러나 M의 주파수가 가청 영역의 주파수일 경우에는 맥놀이 현상은 없어지고 주파수로 들리게 되어 C의 음색이 변하게 된다.

8) 맥놀이(beatting) : 주파수의 차가 근소한 2개의 파동이 간섭을 일으켜, 두 주파수의 차에 따라서 진폭이 주기적으로 변하는 합성파가 이루는 현상.

$$\cos(C) \times \cos(M) = 0.5 \times [\cos(C-M) + \cos(C+M)]$$

C가 1000Hz이고 M이 400Hz일 경우 C에 M으로 링 모듈레이션을 가하면 1400Hz와 600Hz가 나온다. 만일 C가 100Hz이고 M이 400Hz일 경우 500Hz와 -300Hz가 나오는데 이렇게 음수가 나오는 경우 300Hz가 생기고 시그널의 위상이 바뀌게 된다.

Mixtur에서 링 모듈레이션은 다양한 방법으로 다양한 효과를 내고 있다. 특히 20개의 모멘트들 중 첫 곡인 [Mixtur]⁹⁾는 다섯 개의 악기군과 함께 링 모듈레이션의 여러 효과가 가장 다양하게 나타나고 있고, 각각의 효과가 서로 다른 음향학적인 특징을 가지고 있다.

II. 본론

Mixtur에서 사용된 링 모듈레이션은 다음과 같이 3가지로 구분되며, 20개의 모멘트에서 다음과 같이 분포한다.

< 표 3 > 「Mixtur」에서 사용된 링 모듈레이션의 구성

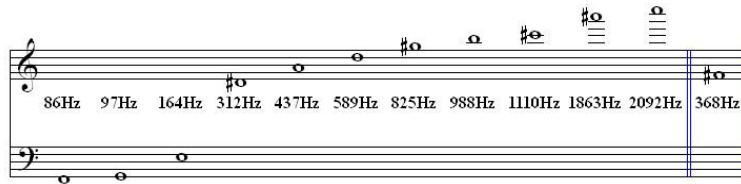
① 지속되는 주파수의 링 모듈레이션
Mixtur, Wechsel, Streicher, Blech
② LFO(Low Frequency Oscillator)
Mixtur, Blöcke, Richtung, Ruhe, Vertikal, Streicher, Kammerton
③ 이동하는 주파수의 링 모듈레이션
Mixtur, Blöcke, Dialog, Wechsel, Punkte, Spiegel, Translation, Blech

20개의 모멘트들 중 [Mixtur]는 분류한 세가지의 링 모듈레이션이 다 나타나고 있다. 이에 본 연구에서는 [Mixtur]에 나타난 링 모듈레이션의 음향 효과를 통해 그 특성을 알아보고, 이를 통해 생기는 새로운 음향이 어떠한 효과를 나타내고 있는지 분석해 보도록 한다.

9) 이후로 Mixtur의 첫 번째 모멘트 [Mixtur]를 위와 같이 표기하도록 한다.

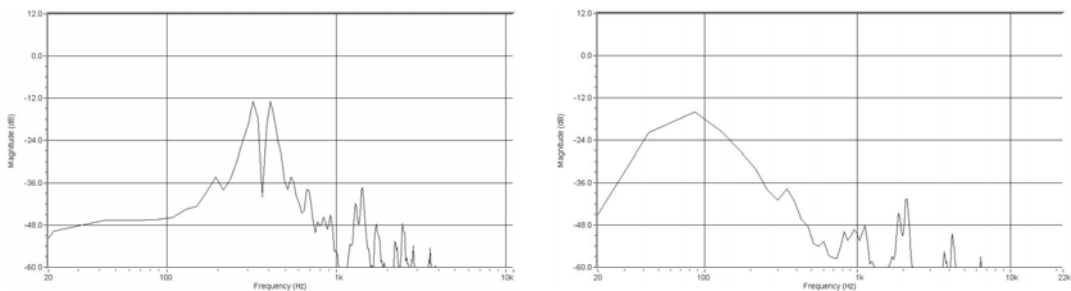
1. 지속되는 주파수의 링 모듈레이션 효과

[Mixtur]의 현의 피치카토 부분은 한 옥타브를 구성하는 12음 중 F#(368Hz)만을 뺀 11개의 음으로 구성되어 있고, 링 모듈레이터의 사인 주파수는 F#(368Hz)이다.



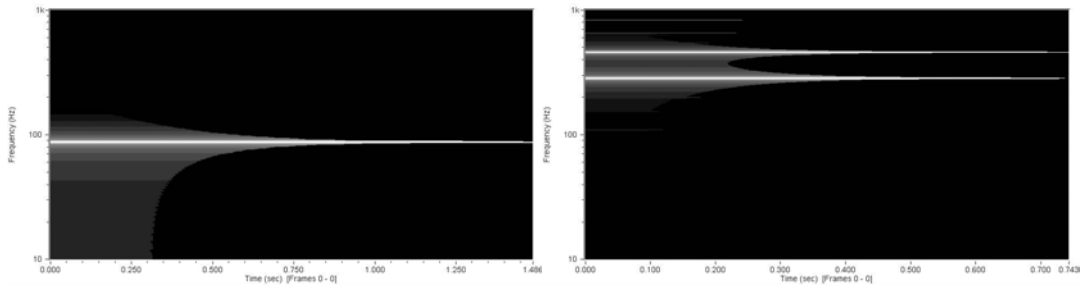
< 그림 3 > [Mixtur]의 피치카토 그룹의 구성음과 링 모듈레이터의 주파수

[Mixtur]를 들어보면 원래의 악기 음향은 현의 피치카토 소리가 들리지만, 링 모듈레이션을 가한 음향은 마치 마림바를 클러스터로 연주한 것처럼 타악기적인 소리로 변했음을 알 수 있다. 이것은 링 모듈레이션을 가한 악기 음향이 다양한 주파수를 발생하여, 이것들이 배음역할을 수행하여 타악기적인 소리를 내기 때문이다. 현의 피치카토 소리와 링 모듈레이션을 가한 소리가 합해져서 음정이 분명한 타악기적인 소리를 생성하게 된다. 12음열 중 11개의 음이 무질서하게 연주되어 클러스터(cluster)적인 효과를 낼 수 있는데, 이 음들이 링 모듈레이션을 거침으로 더 많은 무질서한 배음들이 연주되어 보다 잡음(noise)에 가깝게 들린다.



< 그림 4 > 현의 피치카토 악기 음향(좌)과 368Hz의 링 모듈레이션을 가하여 변조된 현의 피치카토 악기음향(우) FFT(Fast Fourier Transform)¹⁰⁾

원래의 악기음향이 링 모듈레이션을 거치면 위와 같이 사운드가 변조되어 나타나는데, 다음은 주파수에 링 모듈레이션을 가했을 경우에 어떻게 변조되는지 스펙트로그램(Spectrogram)¹¹⁾의 분포를 통해 알아보도록 한다. 먼저 원래의 악기음향의 음들 중 하나를 취해 링 모듈레이션을 가하여 보았다.

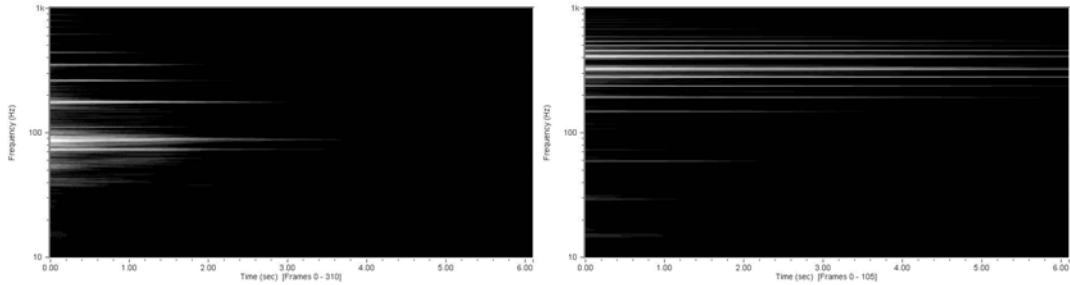


**< 그림 5 > 87Hz의 사인 주파수와
368Hz의 링 모듈레이션을 가한 주파수의 스펙트로그램**

왼쪽 그림은 87Hz의 사인 주파수이고, 오른쪽 그림은 87Hz에 368Hz의 링 모듈레이션을 가하여 변조된 주파수의 스펙트로그램이다. 87Hz의 사인 주파수는 368Hz의 링 모듈레이션을 거치면서 87Hz와 368Hz의 합인 455Hz와, 87Hz와 368Hz의 차인 281Hz를 새롭게 생성하게 된다. 이렇게 링 모듈레이션을 가하면 원래의 주파수는 없어지고 새로운 두개의 주파수가 나타나게 된다.

이와 같은 원리로 악기로 연주된 현의 피치카토 악기음향에 링 모듈레이션을 가하면 다음과 같다.

-
- 10) FFT(Fast Fourier Transform) : 푸리에 변환의 일종. 시간이나 공간상에서 얻어진 자료를 주파수 또는 파장의 함수로 변환시켜주는 역할을 한다.
 - 11) 스펙트로그램 : 시간에 따른 주파수 성분의 변화를 나타내주는 그림으로 가로축은 시간, 세로축은 주파수를 나타낸다. 주로 음성신호, 음향신호, 음악신호를 나타낼 때 사용한다.

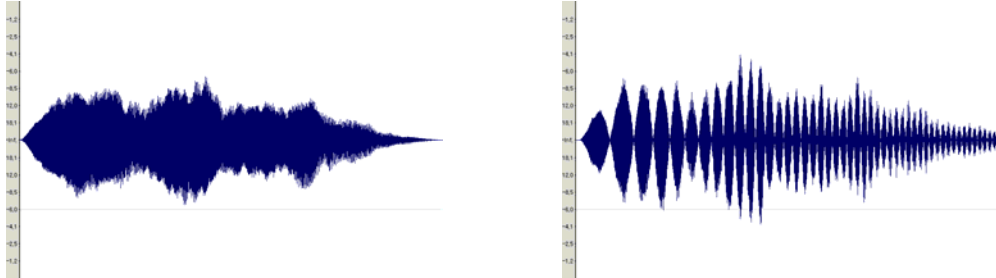


**< 그림 6 > 실제 연주된 피치카토 악기음향과
368Hz의 링 모듈레이션을 가하여 변조된 악기음향의 스펙트로그램**

왼쪽의 그림을 보면 연주된 11개의 피치카토 음들이 나타나 있고, 이에 368Hz의 링 모듈레이션을 가한 오른쪽 그림은 더 많은 다양한 배음들이 나타나고 있다. 각각의 음들은 기본음 외에 여러 개의 배음으로 구성되어 있어 피치카토 고유의 자연 배음적인 음색을 나타내고 있다. 여기에 368Hz의 링 모듈레이션을 가하면, 기본음 뿐만 아니라 각각의 배음 주파수에도 링 모듈레이션이 가해져 합한 값과 뺀 값의 각각 2개의 주파수씩 생성되기 때문에 자연배음적이지 않은 인하모닉(inharmonic) 한 음향을 갖게 된다. 마림바의 클러스터같은 소리를 갖게 된 것은 이때문이며, 이렇게 생성된 전자 음향이 원래의 연주된 악기음향과 합쳐져서 분명한 음을 가진 피치카토의 소리도 갖고 있으면서 타악기적인 울림을 갖는 새로운 사운드를 창출하게 된다.

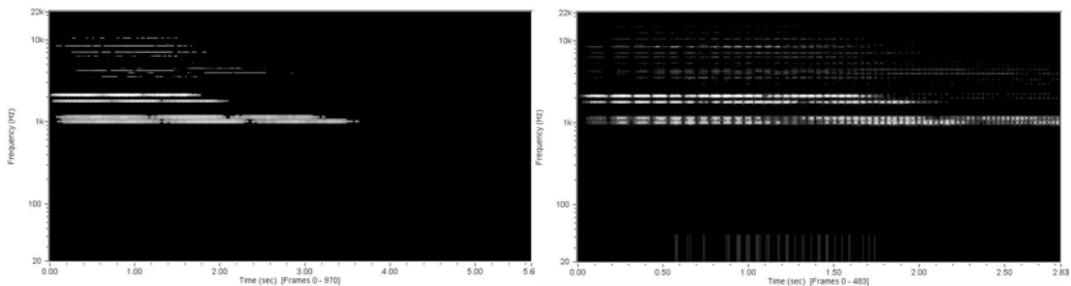
2. LFO 효과

[*Mixtur*]의 현 부분에서 악기의 연주는 구성된 음들이 즉흥적으로 잠시동안 무질서하게 나타난다. 각각의 음들은 고음역대에 몰려 있다. 이 악기음향은 1Hz에서 10Hz로 천천히 증가되는 주파수의 링 모듈레이터에 의해 와와(wahwah) 효과 같은 강한 비브라토가 생기게 된다. [*Mixtur*]의 금관 부분에서는 저역대에서 손으로 악기의 소리출구 부분을 열었다 막았다 하면서 와와 효과를 느리게 내고 있는데, 그 반대로 현 부분에서는 고역대에서 링 모듈레이터를 사용하여 전자음향적으로 와와 효과를 점점 빠르게 내고 있어 서로 대조를 이루고 있다.



< 그림 7 > 현 악기음향과 1~10Hz의 변화하는 링 모듈레이션을 가한 현악기음향

현 부분의 각 음들은 1~10Hz로 점점 빨라지는 사인과 주파수에 의해 링 모듈레이션이 가해지고 이에 따라 그림과 같이 비브라토가 생기게 된다. 다음은 현 부분의 악기음향과 링 모듈레이션을 가해 변조된 악기음향을 스펙트로그램으로 비교해 보았다.

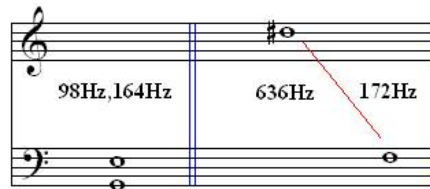


< 그림 8 > 현의 악기음향과 링 모듈레이션을 가하여 변조된 현의 악기음향

링 모듈레이터의 주파수가 1~10Hz이기 때문에 원래의 악기음향에서 음역대는 변하지 않는다. 그러나 낮은 주파수의 링 모듈레이션에 의해 LFO 역할을 하면서 음량값이 강한 비브라토를 갖게 된다. 이러한 효과는 금관 악기에서 손으로 연주하는 와와 효과와 대조를 이루면서 연주자가 연주할 수 없을 정도로 빠른 와와 효과를 전자음향으로 연주하여 비브라토 빠르기의 한계성을 깨뜨렸다.

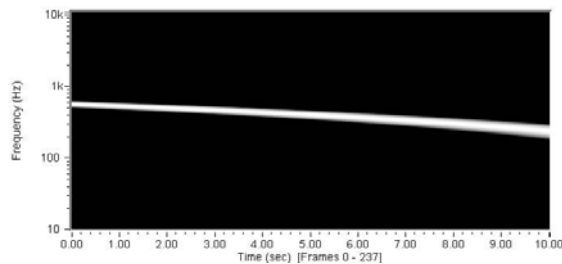
3. 이동하는 주파수의 링 모듈레이션 효과

[Mixtur]의 금관부분은 두 개의 음으로 구성되어 있고, 각 음마다 다양하게 손으로 와와 효과를 주고 있고 이 효과는 연주되는 음에 음량의 변화를 줄 수 있다. 금관 부분의 전자음향적 특징은 636Hz에서 172Hz로 낮아지는 주파수로 링 모듈레이션을 가한 악기음향은 원래의 악기음향보다 두배로 많은 배음들과 함께 차례로 음역대가 낮아져, 전체적으로 전자음향적인 글리산도(glissando)의 효과를 내어주고 있다.



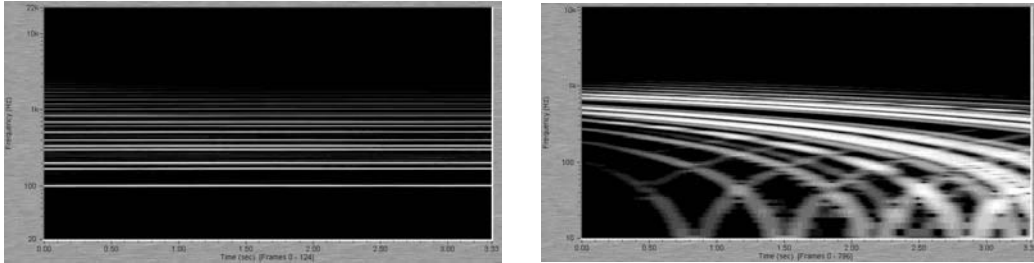
< 그림 9 > 금관 악기음향의 구성음(왼쪽)과 링 모듈레이션 주파수(오른쪽)

636Hz에서 172Hz로 이동하는 링 모듈레이션 주파수는 다음과 같은 스펙트로그램을 갖는다.



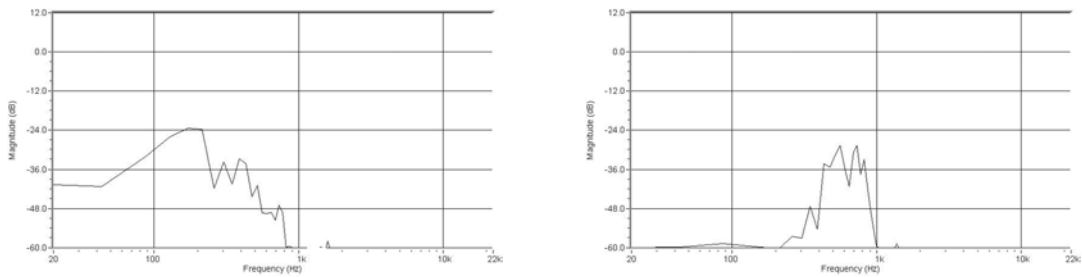
< 그림 10 > 636Hz~172Hz로 변화하는 링 모듈레이션 주파수

위의 주파수로 실제 연주되는 금관의 악기음향에 링 모듈레이션을 가할 때 다음과 같이 변화한다.



< 그림 11 > 금관의 악기음향과 링 모듈레이션을 가하여 변조된 금관의 악기음향

원래의 금관 부분의 악기음향은 636Hz에서 172Hz로 이동하는 주파수로 링 모듈레이션을 가하여 차례대로 시간축을 따라 음역대가 낮아졌다가 차례로 올라가고 있다.



< 그림 12 > 실제 연주되는 금관의 악기음향과
636Hz과 172Hz로 링 모듈레이션을 가하여 변조된 금관의 악기음향

< 그림 12 >의 우측 그림은 실제 금관 부분의 악기음향이 각각 636Hz와 172Hz의 링 모듈레이션을 가하여 변조된 악기음향이다. 금관부분의 전자음향은 천천히 < 그림 12 >의 왼쪽 FFT에서 오른쪽 FFT로 변화하게 된다.

스펙트로그램을 보면 원래의 악기음향은 연주된 음의 주파수가 분명하게 나타나고 시간의 흐름에 따라 연주되는 것을 알 수 있다. 그런데 링 모듈레이션을 가한 악기음향은 원래의 악기음향이 링 모듈레이터의 주파수에 의해 합과 차가 생기면서 2배의 배음들이 생기고 이에 따라 각 배음들의 주파수가 천천히 차례대로 내려갔다

가 올라가는 것을 알 수 있다.

금관 부분의 실제 연주되는 악기음향은 지속되는 음에 손으로 와와 효과를 주어 천천히 음량의 비브라토가 생긴다. 그런데 636Hz에서 172Hz로 내려가는 링 모듈레이션에 의해 원래의 악기음향의 배음을 포함한 주파수들이 합과 차의 관계로, 실제 금관의 음역대보다 훨씬 낮고 또 인간이 들을 수 있는 최저한계점 이하의 주파수까지(0Hz) 내려갔다 다시 올라옴으로 금관악기의 저음역대를 보다 확장하였다. 이로 인해 전자음향과 실제 연주된 금관의 악기음향이 합쳐진 사운드는 금관 악기의 와와 효과의 실제연주와 함께 자연배음적이지 않은 많은 배음들이 저음역대의 가청한계점까지 차례로 천천히 내려갔다 올라오는 효과를 준다.

Ⅲ. 결론

1964년에 작곡된 슈톡하우젠의 *Mixtur*는 오케스트라와 전자음향을 위한 작품으로, 실제 연주되는 악기음향을 실시간으로 링 모듈레이션하여 오케스트라와 전자음향이 함께 연주되어 새로운 사운드를 만들어낸다. 이 작품에서 중요한 역할은 링 모듈레이션으로, 다양한 음향 효과를 만들어내고 있는데, 특히 첫 번째 모멘트 [*Mixtur*]에서 다양한 링 모듈레이션으로 다양한 전자음향을 만들어내고 있다. 이에 *Mixtur*는 링 모듈레이션의 사용으로 기존의 음악에서 볼 수 없었던 작곡기법의 새로운 확장을 제시하는데 다음과 같다.

첫 번째, 기존의 악기 음색과 링 모듈레이션을 거친 새로운 음색의 조화를 피하였다. 기존의 많은 작곡가들은 자연배음을 가진 악기의 음색을 사용하여 왔다. 그러나 시간이 지나면서 보다 새로운 사운드에 관심을 가진 많은 전자음악 작곡가들은 자연배음적이지 않은 노이즈나 타악기 음색에 관심을 가지고 이를 작품에 사용하여 왔다. 그러나 이 두가지 흐름은 각각 발전되어 왔다. 자연배음의 음색과 자연배음적이지 않은 음색의 조화에 관심을 가진 슈톡하우젠은 기존의 악기음색과 링 모듈레이션을 거친 새로운 전자음향의 음색을 각각 다르게 취급하지 않았고, 이 두가지 음색의 적절한 조화를 피하였다. 또 이에 더 발전하여 두 개의 다른 사운드를 마치 한 악기가 연주하는 것처럼 일치화하였다.

두 번째, 악기 연주에서 한계점을 가졌던 비브라토가 LFO를 통하여 보다 더 확장되었다. 악기 연주에서의 비브라토는 연주자에 따라 다를 수 있지만, 손으로 연주하는 관계로 어느 이상 더 빨리 할 수 없는 한계점을 가지고 있다. 금관 악기의 와와 효과는 빠르지 않은 손의 움직임으로 연주되어 왔고, 현악기의 비브라토도 어느 이상 더 빨리 연주할 수 없었다. 그러나 슈톡하우젠은 본 작품에서 이것을 LFO를 통하여 연주자의 연주 이상으로 빠른 비브라토를 만들어내어 비브라토의 한계를 깨뜨렸다. 또 비브라토의 지속적인 빠르기 증가와 감소도 가능하며, 이에 따라 보다 더 작품의 악상을 잘 살릴 수 있다.

세 번째, 악기 연주에서 한계점을 가졌던 음역이 링 모듈레이션을 거쳐 보다 더 확장되었다. 기존의 악기 연주는 악기의 특성상 한정된 음역을 갖고 있지만, 링 모듈레이션을 거치면 링 모듈레이션 주파수와 연주되는 음의 합과 차로 인해 새로운 주파수가 생겨나 음역이 보다 더 확장된다. 따라서 연주할 수 없는 음정이라도 링 모듈레이션의 주파수에 따라 만들어내는 것이 가능해졌다. 음역의 확장은 작품에서 보다 더 자유로운 효과를 줄 수 있고, 폭넓은 악상을 가지게 된다.

네 번째, 악기 연주에서 한계점을 가졌던 글리산도가 보다 더 확장되었다. 현악기의 경우 연속되는 글리산도는 한 개의 현에서만 연주가 가능하므로 상대적으로 음역이 줄어들 수 있다. 또 관악기의 글리산도는 운지되는 음정 사이사이의 미세한 음들이 연주될 수 없는 단점을 지니고 있다. 그러나 악기 음향에 이동하는 링 모듈레이션 주파수를 가하면 악기로 연주될 수 없는 음역까지 글리산도가 가능하며, 또 음정 사이의 미세한 음들까지도 연속하여 연주가 가능하게 된다. 계속 이어지는 폭넓은 음역의 글리산도는 작품에서 강한 효과를 줄 수 있다.

*Mixtur*는 연주되는 악기음향과 링 모듈레이션을 거친 전자음향의 조화를 나타낸 작품으로, 이제까지 나타났던 기존의 음악과 전자음악의 각각의 흐름을 하나로 조화시키고 일치시킨 작품이다. 기존의 전자음악 작곡가들은 전자음악은 기존의 음악과 별개인 새로운 분야로 생각했지만, 슈톡하우젠은 그렇지 않았다. *Mixtur*를 통해 슈톡하우젠은 악기로 연주되는 음악에 링 모듈레이션을 가해 전자음향을 만들었고,

이를 서로 하나의 악기처럼 조화되도록 하고 일치시켰다. ‘정(正)’과 ‘반(反)’의 관계
였던 악기음향과 전자음향은 *Mixtur*에서 서로 조화되면서 ‘합(合)’이 되었다고 볼
수 있다.

검색어 : 슈톡하우젠(Stockhausen), 믹스처(Mixtur), 전자음악(Electronic Sound)

E-Mail : takeluck@hanmail.net

참고문헌

1. 단행본

Jonathan Harvey, *The music of Stockhausen : an introduction*(Berkeley : University of California Press, 1975)

Karlheinz Stockhausen, *Conversations with Stockhausen*(Oxford : Clarendon Press, 1987)

Karl H Woener 외, *Stockhausen : life and work*(Berkeley : University of California Press, 1973)

Richard Toop 역(Michael Kurtz외 저), *Stockhausen : a biography*(London ; Boston : Faber and Faber, 1994)

강순미 역(Robin Maconie 저), 『슈톡하우젠 : 그의 음악세계』 (서울 : 이화여자대학교 출판부, 1995)

2. 학위논문

김효주, 『슈톡하우젠의 초기 전자음악 작품을 통한 구체음악과 전자음악 연구』 (서울 : 이화여자대학교 실용음악대학원 음악공학전공, 2003)

백수현, 『Karlheinz Stockhausen의 이론적 paradigm에 근거한 음악어법연구』 (서울 : 이화여자대학교 대학원 음악학과, 2001)

3. 악보

Karlheinz Stockhausen, *Mixtur fuer Orchester Nr.16, Sinusgeneratoren und Ringmodulatoren*(Wien : Universal, 1966)

Karlheinz Stockhausen, *Mixtur Nr.16 1/2 fuer Orchester, Sinusgeneratoren und Ringmodulatoren*(Wien : Universal, 1968)

4. 단편논문

Karlheinz Stockhausen, "Electracoustic performance practice" *Perspectives of new music* Vol.34 No.1(Princeton University Press, 1996)

Richard Toop, "Stockhausen's Secret Theater : Unfinished Projects from the Sixties and Early Seventies" *Perspectives of new music* Vol.36 No.2(New Music, INC, 1998)

5. 음반

Karlheinz Stockhausen, *MIXTUR / MIXTURE for orchestra, sine wave generators and ring modulators*, 1964.

6. 인터넷

< Karlheinz Stockhausen Homepage >

<http://www.stockhausen.org/>

< The Unofficial karlheinz Stockhausen page >

<http://www.bernardp.dsl.pipex.com/>

< Stockhausen Mixtur >

<http://home.earthlink.net/~almoritz/mixtur.htm>

< Karlheinz Stockhausen - Edition No.8 : Mixtur >

<http://home.swipnet.se/sonoloco2/Rec/Stockhausen/08.html>

Abstract

Research on the Sound Effects of Ring Modulation in Stockhausen's 「Mixtur」

Sujin Ko

Stockhausen's *Mixtur* composed in 1964 is the work for the orchestra and electric sound, and creates new sound when sound of the musical instrument played is dealt with real time ring modulation and the orchestra and electric sound are played together. Ring modulation takes the most role and makes a various sound effect in this work. Especially, the first moment of [Mixtur] makes a various sound effect with various ring modulations. So *Mixtur* presents new extension of new composition methods, which have never been found in existing music by using ring modulations as followings.

Firstly, the composer tried to harmonize the new tone generated from the tone of existing musical instruments and ring modulations. Many existing composers have used the tone of the musical instruments of which the back sound is natural. But after time went by, the composers of electronic music who had the concernment on a new sound had the concernment on and used the noise and the tone of percussion instruments of which the back sound is non-natural in the work. But two streams have

developed respectively. Stockhausen, who had a concernment on the harmony of the tone of natural back sound and non-natural back sound, didn't handle the tone of existing musical instrument and that of new electronic sound generated from ring modulations differently, and tried to harmonize two tones suitably. In addition to it, he made two different sounds heard to be one as if they were played by one instrument.

Secondly, the vibrato blocked by the limitation of play was extended by LFO. Players' vibrato in play of the musical instrument can be different respectively. But, it was blocked by the limitation because a player could not play the musical instrument with the hand more fast than defined tempo.

The wah wah effects have been played by the hand which was not so fast, and the vibrato of a string instrument, also, could not be played more faster than defined tempo. But, Stockhausen created vibrato faster than that of the play by LFO, and transcended the limitation of the vibrato in this work. In addition, a player can increase or decrease tempo continuously, and by this process, the player can elevate the musical image more strongly.

Thirdly, the sound scale blocked by the limitation in play of the musical instrument was extended by the ring modulation. The existing play of the instrument has defined sound scale due to the distinctive quality of the musical instrument. But if it goes through the ring modulation, the sound scale is extended due to the new frequency generated by the sum and the difference of the frequency and played sound. So even though it is impossible to play a musical interval, it can be possible to make a musical interval based on the frequency of the ring modulation. The extension of musical scale can give free effectiveness to the work, and can have the expanded musical image.

Fourthly, Glissando, which had the limitation in the play of the musical instrument, was extended more. In the case of the string instrument, the consecutive glissando can be played only on one string. So the

comparative sound scale can decrease. In addition, the wind instrument has the weakness that the minute sounds among the musical interval operated by the finger can not be played. But, if the moving ring modulation frequency is added to the sound of the musical instrument, the player can play glissando even in the sound interval the musical instrument can not play, and the player can play even the minute sounds among the musical intervals successively. Glissando which has the wide sound scale can display the strong effectiveness in the work.

Mixtur is the work which expresses harmony of the electronic sound going through the sound of the musical instrument and ring modulation. It is the work which harmonized and unified the existing music and electronic music into one. The composers of existing electronic music considered the electronic music to be the new sphere which was different from the existing one. But Stockhausen didn't. Stockhausen made the electronic sound adding ring modulation to the music played by the musical instrument, and harmonized and unified music into one as if they were played by one musical instrument. The sound of the musical instrument and the electronic sound of which the relation was 'righteous' and 'contrary' became mixed into unification when they were harmonized in *Mixtur*.