

Slate Digital ML-2와 Shure SM57 마이크로폰을 활용한 마이크로폰 복각 기술 연구

송하주¹ · 이철희^{2*}¹경희대학교 포스트모던음악학과 석사과정^{2*}경희대학교 포스트모던음악학과 조교수

Study on Microphone Emulation Technology Using Slate Digital ML-2 and Shure SM57 Microphones

Haju Song¹ · Chul-Hee Lee^{2*}¹Master's Course, Department of Postmodern Music, Kyung Hee University, Yongin 17104, Korea^{2*}Assistant Professor, Department of Postmodern Music, Kyung Hee University, Yongin 17104, Korea

[요약]

디지털 음향 기술의 발전으로 아날로그 하드웨어 아웃보드 장비 등을 디지털 플러그인으로 복각하려는 시도는 활발하게 이루어지고 있으나, 마이크로폰 복각 기술에 대한 연구는 비교적 최근에 시작되었다. 따라서 본 연구는 마이크로폰 복각 기술의 완성도를 파악하기 위해 모델링 마이크로폰인 Slate Digital ML-2에 에뮬레이션 플러그인인 Slate Virtual Microphone System의 Shure SM57 마이크로폰 복각 모드를 적용한 뒤, 플러그인 작동 알고리즘과 근접 효과 파라미터 조작에 따른 주파수 응답 유사도 변화를 측정하였다. 연구 결과, ML-2 마이크로폰의 기술력과 작동 알고리즘을 활용하여 SM57의 특성을 복각할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 이퀄라이저를 활용하여 일부 주파수 대역 특성을 변경하는 것으로 복각 완성도를 높일 수 있었다. 이에 본 연구는 마이크로폰 에뮬레이션 기술의 유효성을 입증하고, 해당 알고리즘의 기술적 발전 방향성을 제안할 수 있었다는 것에 의의가 있다.

[Abstract]

With advancements in technology, there have been several attempts to emulate analog hardware outboard equipment into digital plug-ins; however, digitally emulating microphones and preamplifiers are considered to be relatively recent developments. Therefore, this study aimed to determine the microphone modeler emulation technology readiness level by experimenting and analyzing frequency response similarity, plug-in operation, and a proximity parameter adjustment algorithm by applying the Shure SM57 microphone emulation mode with a Slate Digital ML-2 modeling microphone and a Slate Digital Virtual Microphone System emulation plug-in. The findings indicated that the current ML-2 microphone technology and operation algorithm is capable of emulating the characteristics of the SM57 microphone. Moreover, it was feasible to increase the emulation quality by adjusting certain frequency ranges via the equalizer. This study is significant as it not only verifies the effectiveness of the microphone emulation technology but also successfully proposes a direction for the algorithm's development.

색인어 : 마이크로폰, 에뮬레이션, 음향, 녹음, 주파수 응답성**Keyword** : Microphone, Emulation, Audio, Recording, Frequency Response<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.11.2745>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 20 October 2023; Revised 15 November 2023

Accepted 20 November 2023

***Corresponding Author; Chul-Hee Lee**

Tel: +82-31-201-2863

E-mail: ch@khu.ac.kr

1. 서론

녹음 작업에서 음향 엔지니어가 가창자 및 각종 악기에서 발생하는 소리 녹음에 사용할 마이크로폰을 고르는 기준은 현존하는 마이크로폰의 종류만큼이나 다양하다. 소리 에너지를 전기 에너지로 변환하는 전기 음향 장치[1]라는 마이크로폰의 정의에서 비롯된 기능적 및 구조적 특징부터 소리가 발생하는 근원의 음압 및 특징, 녹음이 이뤄지는 공간의 특징, 마이크로폰과 소리 발현지의 배치, 입체 음향 녹음의 필요성과 이 외에도 주어진 녹음 환경에서 타협이 불가피한 요인으로 인하여 음향 엔지니어는 상황과 용도에 적합한 마이크로폰을 선택한다.

녹음 시스템이 아날로그 중심에서 디지털 중심으로 변화하면서 음원의 녹음뿐 아니라 저장 및 편집 등이 용이해졌고, 실물 아웃보드(outboard)들이 소프트웨어 플러그인(software plug-in)으로 복각되어 대중적으로 사용되고 있다. 디지털 플러그인은 전기 신호가 아날로그 장비의 회로를 거쳐 출력될 때 발생하는 주파수 응답 특징과, 해당 아날로그 장비의 조작단 변화에 따른 출력 신호의 변화를 모방하여 작동한다. 1990년대 처음 개념이 성립되었으며, 등장 초기에는 기존 아날로그 장비를 복각한 소프트웨어로 의미가 국한되었으나 현재는 그 외에도 음원을 변화시킬 수 있는 모든 소프트웨어로 의미가 확장되었다[2]. 이러한 변화를 통해 새로운 음향적 특성과 기술을 활용한 독립적 시장이 구축되었다.

주파수 응답성을 변화시켜 목표하는 장비의 주파수 특성에 수렴하게끔 이퀄라이징하는 방식의 청각적 효과는 디지털 복각 기술의 주요 원리이며 다수의 연구에서 증명된 바 있다. 매튜 체셔(Matthew Cheshire) 외 2인의 연구에서는 12가지 서로 다른 주파수 특성을 가진 마이크로폰으로 스네어 드럼 타격음을 녹음한 표본을 활용하여 청취자의 선호도를 조사하였다. 이후 이퀄라이저(EQ; equalizer)를 통해 비선형 마이크로폰 집단의 주파수 특성을 선형 마이크로폰 집단의 주파수 특성과 수렴하게 변환하여 제조사한 결과, 청취자가 두 마이크로폰 집단을 구분할 수 없었음을 확인하였다[3].

아웃보드의 디지털 복각에 대한 연구는 해당 기술의 높은 활용도에 따라 국내외를 막론하고 활발하게 진행되어 왔다. 이태경은 Neve 1073 DPX 하드웨어 아웃보드와 이를 복각한 Universal Audio Neve 1073 & EQ Collection 플러그인과 Unison Technology가 적용된 프리앰프의 조합을 연구 대상으로 지정, 각 장비에 테스트 신호 표본을 송출하여 녹음된 음원의 주파수 응답 특성을 비교하였다. 해당 연구는 소프트웨어 플러그인이 실제 하드웨어 아웃보드의 주파수 응답성을 높은 유사도로 복각하였다는 결론을 내린 바 있으며 후속 연구를 통해 하드웨어와 소프트웨어가 연동되며 발생하는 경제적 이득에 대한 높은 기술적 수요를 충족하길 기대하였다[4]. 이는 본 연구에서 도모하는 기술적 발전과 연구의 방향성에 일치한다고 판단할 수 있다.

본 연구에서 논할 마이크로폰 복각 기술 역시 아날로그 신호를 처리할 도구의 필요성에서 프리앰프 복각 기술과 유사성을 찾을 수 있다.

2004년 장필정은 Antares Microphone Modeler 플러그인을 사용하여 마이크로폰 모델링 플러그인의 현 주소를 파악한 바 있다. 마이크로폰 모델러를 통해 복각 대상의 주파수 응답 특성을 유사하게 모방할 수 있었으나 세밀한 부분에서 차이가 존재하였기에, 완벽한 복각이라 정의할 수 없었으며 당시의 기술력으로는 주파수 응답 특성을 묘사할 수 있는 정도라 평가한 바 있다[5]. 현재는 이러한 한계점을 극복하는 방안으로 디지털 플러그인의 하이브리드(hybrid) 기술이 적극 사용되고 있다. 하이브리드 기술은 아날로그 신호를 수음하는 마이크로폰에 디지털 신호 변환 기능을 결합한 것이며, Slate Digital사, Townsend Lab사, Antelope Audio사 등 대부분의 모델링 마이크로폰 제조사가 채택하는 방식이다. 따라서 디지털 소프트웨어의 하이브리드 기술에 대한 연구를 통해 현대 기술력의 현상 파악이 요구된다.

본 연구의 목적은 디지털 소프트웨어 하이브리드 기술을 활용한 모델링 마이크로폰 기술의 복각 정확성을 확인하는데 있다. 음원 녹음 역사에서 넓은 범용성으로 다방면의 악기 녹음에 활용된 Shure의 SM57 마이크로폰과 이를 복각하기 위하여 Slate Digital에서 개발한 악기용 마이크로폰인 ML-2을 연구 대상으로 선정하고, 이를 위해 ML-2에 에뮬레이션 플러그인인 Slate Virtual Microphone System (VMS)의 SM57 복각 모드 마이크로폰의 주파수 응답성을 확인할 수 있는 화이트 노이즈(white noise)를 활용하여 비교군과 대조군의 주파수 응답성을 시각화하고 데이터를 수치화하는 작업을 진행하였다. 이어 현 시점 모델링 마이크로폰 알고리즘의 정확도 개선 방안을 제안하기 위해 세부 음역대 이퀄라이징을 시도하였다.

II. ML-2와 SM57 유사도 확인을 위한 연구 설계

모델링 마이크로폰과 에뮬레이션 플러그인의 작동 알고리즘 및 에뮬레이션 적용 시 원본 비교 유사도를 파악하기 위해 의사난수의 화이트 노이즈를 사용하는 기술인 MLS(Maximum-Length Sequence) 및 IRS(Inverse Repeated Sequence) 등을 참고하여[6] 화이트 노이즈를 테스트 신호로 활용하였다. 해당 신호를 에뮬레이션 플러그인에 삽입하고 파라미터에 변화를 가하여 제작된 출력값으로 이루어진 음원을 분석하여 에뮬레이션 플러그인의 작동 알고리즘을 파악하는 실험을 계획하였다. 이어 모델링 마이크로폰을 비교군, 모델링 마이크로폰이 복각하려는 원본 마이크로폰을 대조군으로 선정하고 스피커에서 출력된 테스트 신호를 비교군과 대조군으로 수음하여 제작된 음원을 비교분석하여 유사도를 파악하였다. 에뮬레이션 플러그인 파라미터 조정 여부에 따른

대조군과의 유사도 차이를 파악하기 위해 비교군으로 수음된 음원은 여러 버전으로 제작되었다.

2-1 연구 도구 및 환경

1) 비교군

본 연구에 사용된 모델링 마이크로폰 및 에뮬레이션 플러그인은 Slate Digital사의 ML-2 소형 다이어프램(diaphragm) 콘덴서(condenser) 마이크로폰 및 동 회사의 Virtual Mix Rack (VMR)을 구성하는 Classic Instruments 플러그인을 비교군으로 규정하였다. Slate Digital사는 이와 같은 모델링 마이크로폰 제품과 이에 연동되어 작동하는 모델링 마이크로폰 에뮬레이션 기술을 VMS라 통칭한다.

Slate Digital사의 ML-2 마이크로폰은 단일지향성 패턴을 가진다. 마이크로폰 본체에 탑재된 Dynamic 스위치는 소형 다이어프램 마이크로폰으로 드럼 근접 녹음 상황처럼 매우 큰 음압 혹은 트랜지언트가 풍부한 음원을 녹음할 때 발생하는 마이크로폰의 과부하 및 착색을 방지하기 위하여 수음되는 음압을 감쇄하고 마이크로폰 캡슐을 재극성화하는 기능을 수행한다[7]. 하지만 복각을 목표로 하는 SM57에서 동일한 기능을 구현하지 않은 관계로 본 연구에서 Dynamic 스위치는 변인 요소에서 제외한다.

Slate Digital사의 VMR은 자사에서 개발한 마이크로폰 및 아웃보드 복각 플러그인들을 통합하여 관리 및 적용하는 허브(hub)의 역할을 하는 플러그인이다. 본 연구에서는 ML-2에 연동되는 마이크로폰 복각 플러그인인 Classic Instruments 만을 활용한다. 여러 마이크로폰 모델러 중 S-57 Vintage, S-Custom Snare, S-57 Modern 등 SM57 모델러를 활용하고 해당 모델러에서 조정 가능한 파라미터인 근접 효과(proximity)를 Near, Mid, Far 3단계로 조정하는 방식으로 본 연구에서는 해당 플러그인의 일부 기능만을 필요에 의하여 제한적으로 활용한다. 실험에 활용된 ML-2와 SM57과 같이 지향성을 가진 마이크로폰이 발음지에 근접하였을 때 주파수 응답성에 생기는 변화를 근접 효과라 정의하기에[8], 근접 효과 파라미터 조정 여부를 연구의 변인으로 설정함이 타당하다.

2) 대조군

본 연구에 사용된 모델링 마이크로폰의 복각 목표로 지정한 원본 마이크로폰인 SM57 다이내믹(dynamic) 마이크로폰을 대조군으로 규정하였다.

Shure사의 SM57 마이크로폰은 단일지향성 패턴을 가진 무빙코일(moving coil) 다이내믹 마이크로폰이다. ML-2와 달리 별도 부착된 조작부는 존재하지 않는다. 제조사에 따른 마이크로폰의 주파수 응답 범위는 40 Hz부터 15,000 Hz이다[9].

3) 실험 및 분석 도구

본 연구의 실험 단계에서 테스트 신호 생성 및 재생과 마이크로폰 수음 신호 녹음 및 편집을 담당할 디지털 음성 워크스

테이션(DAW; digital audio workstation)으로 Avid사의 Pro Tools를 선정하였다. 테스트 신호인 화이트 노이즈를 재생하는 장치로 DAW에서 기본 제공하는 플러그인인 Signal Generator를 활용하였다. 이어 제작된 음원 표본을 분석 단계에서 스펙트럼(spectrum) 분석하기 위해 스펙트럼 분석기(spectrum analyzer)인 Voxengo사의 SPAN Plus를 선정하였다. 본 연구의 분석 및 비교분석 단계에서 활용된 분석 도구인 SPAN Plus의 설정값은 아래 표 1과 같다.

표 1. Voxengo SPAN Plus 설정

Table 1. Voxengo SPAN Plus configuration

Parameter (unit)	Value or Status
FFT Window Type	HANN
Filled Display	Disabled
2nd Spectrum	Disabled
Spectrum Analysis Type	Average
Spectrum Analysis Block Size (samples)	2048
Spectrum Analysis Window Overlap (%)	95
Spectrum Averaging/Falling Time for Real-Time Analysis (milliseconds)	N/A
Anti-Aliasing	Enabled
Align 0 dB	Disabled
Visual Offset	Off
Visual Smooth (octaves)	Off
Lowest Accessible Frequency (Hz)	20.0
Highest Accessible Frequency (Hz)	20.0k
Lowest Accessible Power Value (dB)	-80.0
Highest Accessible Power Value (dB)	0.0
Slope (dB/oct)	0.00

비교분석 후 도출된 원본 마이크로폰과 가장 유사한 주파수 응답성을 보이는 복각 플러그인과 파라미터 설정 알고리즘에서 실제하는 한계를 파악하고 해당 알고리즘의 약점을 보완하기 위한 도구로 EQ 매칭 기능을 탑재한 FabFilter사의 Pro-Q 3 이퀄라이저를 선정하였다. Pro-Q 3 이퀄라이저의 설정값은 아래 표 2와 같다.

표 2. FabFilter Pro-Q 3 설정

Table 2. FabFilter Pro-Q 3 configuration

Parameter (unit)	Value or Status
Pre	Engaged
Post	Engaged
Analyzer Freeze	Enabled
Spectrum Grab	Enabled
Show Collisions	Enabled
Range (dB)	90
Resolution	Medium
Speed	Very Fast
Tilt (dB/oct)	0
Number of Bands	7

4) 실험 환경 설계

본 연구는 전문적인 녹음 환경이 갖추어지고 컨트롤 룸(control room)과 레코딩 부스(recording booth)가 물리적으로 이격된 녹음 스튜디오에서 진행되었다. 연구에 사용된 소프트웨어 및 하드웨어 설정은 아래 표 3과 같다.

표 3. 소프트웨어 및 하드웨어 설정

Table 3. Software and hardware configuration

Type	Description	
System configuration	OS	macOS Ventura 13.4
	CPU	Apple M2 Max
	RAM	SK Hynix LPDDR5 32 GB
DAW	Pro Tools Studio 2023.9	
Sample rate	48,000 Hz	
Bit depth	24-Bit Fixed Point	
Spectrum analyzer	Voxengo SPAN Plus	
Matching equalizer	FabFilter Pro-Q 3	
Audio interface	Universal Audio Apollo x4	
Studio monitors	ADAM A5X (Pair)	
Test signal output speaker	Fluid Audio FX80 (Single, Co-Axial)	
Microphones	Comparison group	Slate Digital VMS ML-2 Microphone
	Control group	Shure SM57 Microphone

녹음 실험에 앞서 녹음 부스에 테스트 신호를 출력하기 위한 동축 스피커 1대를 배치하고, 스피커 콘 중심으로부터 지면에 평행한 일직선으로 1미터 거리를 둔 지점에 마이크로폰 캡슐이 위치하게끔 마이크로폰 스탠드를 설치하였다. 마이크로폰 연결 단과 프리앰프 단자 등을 동시에 다수 활용함으로써 발생할 수 있는 잡음 등에 의한 변인 요소를 통제하기 위해 동시녹음을 배제하였다. 이로 인해 발생할 수 있는 시간차 및 위상차를 통제하기 위해 테스트 신호 발생 2초 전 임펄스(impulse) 신호를 삽입하여 표본 편집 시 기준점으로 활용하였다.

2-2 연구 방법

1) Slate Digital VMS 알고리즘 실험 및 분석

Slate Digital VMR Classic Instruments 중 S-57 Vintage, S-Custom Snare, S-57 Modern 플러그인 적용 및 파라미터 조정 시 작용되는 주파수 대역별 신호량 가감 알고리즘을 분석하기 위해 테스트 신호인 화이트 노이즈에 해당 플러그인들을 삽입하여 각기 다른 주파수 대역별 음압 변화량이 발생한 표본들을 생성하였다. DAW에서 별개의 오디오 트랙(audio track)을 생성, 해당 트랙에 Signal Generator 플러그

인을 삽입 후 화이트 노이즈를 0.0 dB로 출력하여 20초 간 녹음하였다. 녹음된 테스트 신호 표본은 각기 다른 설정값을 적용한 VMR 플러그인이 삽입된 오디오 트랙들로 복사되었다.

이후 해당 표본들을 분석하기 위해 Slate Digital VMR 플러그인을 적용한 모든 트랙의 플러그인 삽입단 하단에 분석 도구인 SPAN Plus를 삽입 후 구동하였다. 녹음이 완료된 20초 길이의 화이트 노이즈를 3회 반복 재생, 총 1분 간 재생하여 분석기의 스펙트럼 변화가 더 이상 관찰되지 않게 하고 주파수 응답 평균값을 구한 후 해당 스펙트럼의 시각적 정보와 수치 정보를 추출하였다. 추출된 수치 정보는 도표화되어 테스트 신호 대비 플러그인 적용 시 수치 변화량과 파라미터 미적용 대비 파라미터 적용 시 수치 변화량을 계산하는 작업에 활용되었다.

2) 비교군과 대조군 녹음 실험 및 비교분석

비교군인 ML-2에 Slate Digital VMR Classic Instruments 중 S-57 Vintage, S-Custom Snare, S-57 Modern 플러그인 적용 및 파라미터 조정 시 대조군인 SM57과의 주파수 응답 특성의 유사성을 실험하기 위하여 비교군과 대조군 마이크로폰으로 수음한 테스트 신호 녹음 표본을 제작하였다. 실험은 비교군 마이크로폰으로 우선 녹음하고 이어 대조군 마이크로폰으로 교체하는 방식으로 이루어졌다. 비교군으로 수음한 테스트 신호 녹음 표본은 각기 다른 설정값을 적용한 VMR 플러그인이 삽입된 오디오 트랙들로 복사되었다.

이후 플러그인을 적용하지 않은 비교군 표본, 플러그인을 적용하고 파라미터를 조정한 비교군 표본들과 대조군 표본을 비교 분석하기 위하여 모든 트랙의 플러그인 삽입단 하단에 분석 도구인 SPAN Plus를 삽입 후 구동하였다. 녹음이 완료된 20초 길이의 화이트 노이즈를 3회 반복 재생, 총 1분 간 재생하여 분석기의 스펙트럼 변화가 더 이상 관찰되지 않게 하고 주파수 응답 평균값을 구한 후 해당 스펙트럼의 시각적 정보와 수치 정보를 추출하였다. 추출된 수치 정보는 도표화되어 대조군 표본 대비 플러그인 적용 여부 및 파라미터 조정 여부에 따라 생성된 다양한 비교군 표본들에서의 수치 변화량을 계산하는 작업에 활용되었다.

III. 실험 결과

3-1 Slate Digital VMS 알고리즘 실험 결과

화이트 노이즈에 S-57 Vintage, S-Custom Snare, S-57 Modern 플러그인을 삽입하고 근접 효과 파라미터를 각각 Near, Mid, Far로 조정된 표본의 스펙트럼은 그림 1부터 3과 같다. 흑색 직선이 테스트 신호로 사용한 화이트 노이즈, 황색 곡선이 Near, 청색 곡선이 Mid, 녹색 곡선이 Far 플러그인을 적용한 화이트 노이즈이다.

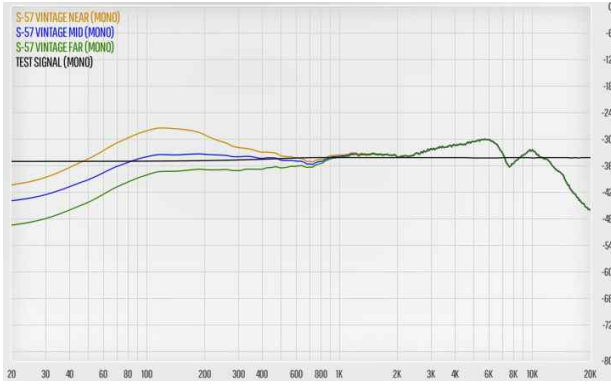


그림 1. S-57 Vintage 플러그인을 삽입하고 파라미터를 조정한 화이트 노이즈 스펙트럼

Fig. 1. White noise frequency response delta value curves, S-57 Vintage plug-in applied with parameter adjusted

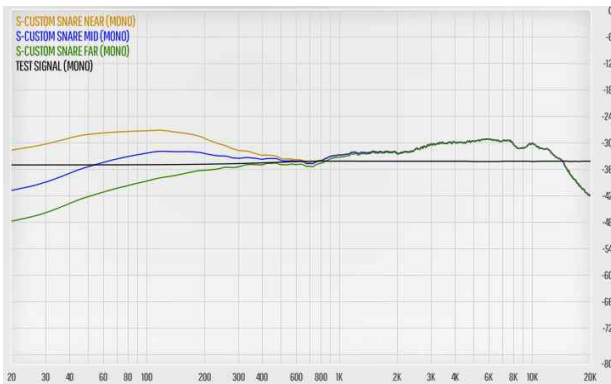


그림 2. S-Custom Snare 플러그인을 삽입하고 파라미터를 조정한 화이트 노이즈 스펙트럼

Fig. 2. White noise frequency response delta value curves, S-Custom Snare plug-in applied with parameter adjusted



그림 3. S-57 Modern 플러그인을 삽입하고 파라미터를 조정한 화이트 노이즈 스펙트럼

Fig. 3. White noise frequency response delta value curves, S-57 Modern plug-in applied with parameter adjusted

전반적으로 저음역대의 경우 근접 효과 파라미터 조정값에 따라 일부 저음역대와 중저음역대에 걸쳐 경사를 이루는데, 이는 비교군 마이크론이 소형 다이어프램 콘덴서 마이크임에 따라 20 Hz 이상 초저음역대에서도 비교적 평탄하고 넓은 범위의 주파수 응답 특성을 보이는 특징이 있어, 이를 40 Hz 이하 초저음역대에서 급격하게 롤오프(roll-off)되는 SM57 마이크론의 특성과 같이 복각하기 위해 이퀄라이징하였다고 추론할 수 있다. 이외에도 고음역대의 7~8 kHz 대역에서 공통적으로 나타나는 노치(notch) 현상 등이 플러그인 제조사인 Slate Digital에서 분석한 SM57의 특성 및 ML-2를 SM57 마이크론으로 복각하기 위해 참고가 필요한 주파수 응답성 차이로 추정할 수 있다.

3-2 화이트 노이즈 녹음 실험 결과

비교군인 ML-2와 대조군인 SM57로 스피커에서 출력된 화이트 노이즈를 녹음한 표본의 스펙트럼은 아래 그림 4부터 5와 같다. 황색 곡선이 각 마이크론으로 녹음한 화이트 노이즈이다.



그림 4. ML-2 마이크론으로 녹음한 화이트 노이즈 스펙트럼

Fig. 4. White noise spectrum recorded with ML-2 microphone



그림 5. SM57 마이크론으로 녹음한 화이트 노이즈 스펙트럼

Fig. 5. White noise spectrum recorded with SM57 microphone

비교군인 ML-2로 스피커에서 출력된 화이트 노이즈를 녹음한 음원에 S-57 Vintage, S-Custom Snare, S-57 Modern 플러그인을 삽입하고 근접 효과 파라미터를 각각 Near, Mid, Far로 조정한 표본의 스펙트럼은 그림 6부터 8과 같다. 각 곡선이 비교군 마이크로폰으로 녹음하고 플러그인을 적용한 화이트 노이즈 녹음본이며, 황색 곡선이 Near, 청색 곡선이 Mid, 녹색 곡선이 Far 파라미터를 적용한 녹음본이다.



그림 6. ML-2 마이크로폰으로 녹음 후 S-57 Vintage 플러그인을 삽입하고 파라미터를 조정한 화이트 노이즈 녹음본 스펙트럼

Fig. 6. White noise frequency response delta value curves, recorded with ML-2 microphone, S-57 Vintage plug-in applied with parameter adjusted



그림 7. ML-2 마이크로폰으로 녹음 후 S-Custom Snare 플러그인을 삽입하고 파라미터를 조정한 화이트 노이즈 녹음본 스펙트럼

Fig. 7. White noise frequency response delta value curves, recorded with ML-2 microphone, S-Custom Snare plug-in applied with parameter adjusted



그림 8. ML-2 마이크로폰으로 녹음 후 S-57 Modern 플러그인을 삽입하고 파라미터를 조정한 화이트 노이즈 녹음본 스펙트럼

Fig. 8. White noise frequency response delta value curves, recorded with ML-2 microphone, S-57 Modern plug-in applied with parameter adjusted

IV. 비교분석 결과

4-1 Slate Digital VMS 알고리즘 분석

각 플러그인 별 근접 효과 파라미터를 기본값인 Mid에서 각각 Near와 Far로 조정하였을 때의 주파수 대역별 신호량 차이 변화곡선은 아래 그림 9부터 11과 같다. Mid를 기준으로 청색 곡선이 파라미터를 Near로 조정하였을 때의 신호량 차이 변화곡선, 적색 곡선이 파라미터를 Far로 조정하였을 때의 신호량 차이 변화곡선이다.

변화곡선을 시각적으로 분석하였을 때 S-57 Vintage와 S-57 Modern의 곡선이 매우 흡사함을 확인할 수 있다.

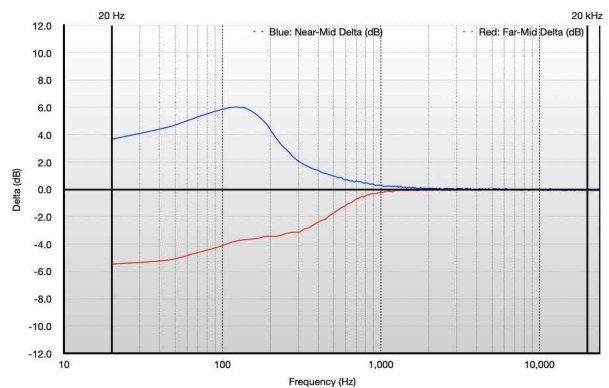


그림 9. 근접 효과 파라미터 조정값 별 S-57 Vintage 플러그인을 적용한 화이트 노이즈의 주파수 대역별 신호량 차이 변화곡선

Fig. 9. Delta value curve by frequency of white noise spectrum with S-57 Vintage plug-in applied and proximity parameter adjusted

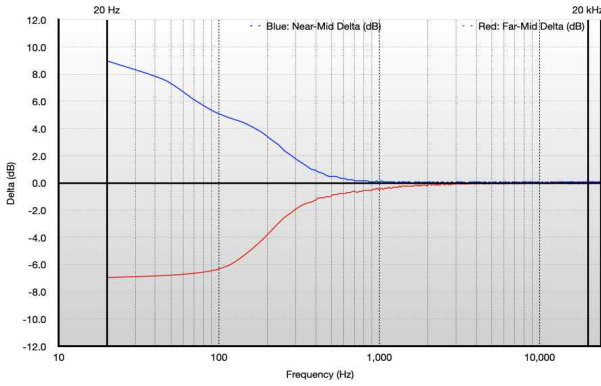


그림 10. 근접 효과 파라미터 조정값 별 S-Custom Snare 플러그인을 적용한 화이트 노이즈의 주파수 대역별 신호량 차이 변화곡선

Fig. 10. Delta value curve by frequency of white noise spectrum with S-Custom Snare plug-in applied and proximity parameter adjusted

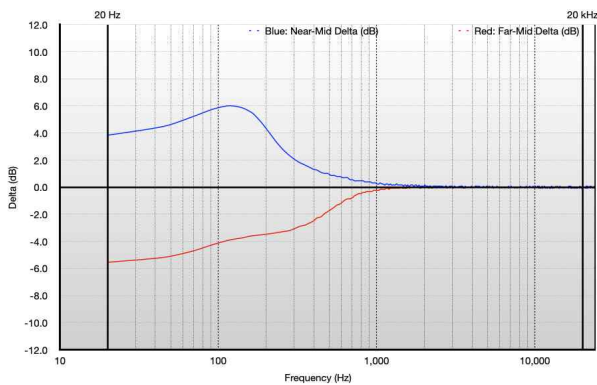


그림 11. 근접 효과 파라미터 조정값 별 S-57 Modern 플러그인을 적용한 화이트 노이즈의 주파수 대역별 신호량 차이 변화곡선

Fig. 11. Delta value curve by frequency of white noise spectrum with S-57 Modern plug-in applied and proximity parameter adjusted

상기한 변화곡선의 정보를 바탕으로 음역대별 분석을 실시하였다. 20 Hz 이상 100 Hz 미만 저음역대, 100 Hz 이상 1,000 Hz 미만 중음역대, 1,000 Hz 이상 10,000 Hz 미만 고음역대, 10,000 Hz 이상 20,000 Hz 이하 초고음역대로 음역대를 4단계로 구분 정의하였을 때, 분석 내용을 정리한 결과는 표 4 및 5와 같다.

S-57 Vintage와 S-57 Modern 플러그인은 근접 효과 파라미터 조정 시 매우 유사한 결과를 보였음을 확인 가능하였으므로 통합하여 표 3과 4에 정리하였다. 다만 비교적 유의미하게 다른 결과를 보인 S-Custom Snare 플러그인을 적용하고 근접 효과 파라미터를 조정하였을 때의 변화량 분석 결과는 별개의 표 6과 7에 정리한다.

표 4. S-57 Vintage와 S-57 Modern 플러그인의 근접 효과 파라미터 조정 'Near' 설정 시 음역대별 화이트 노이즈의 음압 변화량 분석 결과

Table 4. Analysis result of white noise delta value per frequency ranges when plug-in set to S-57 Vintage and S-57 Modern, with proximity parameter adjustment value set to "Near"

	Criteria	Analysis	Specifics
Low freq. range	Plug-in Effect	Present	Reference value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude compared to Parameter "Mid" setup	Higher	
	Average variance (dB)	4.502 (Vintage) 4.548 (Modern)	
	Delta contour	Rising	Approx. 2 dB increase
Mid freq. range	Plug-in effect	Present	Reference value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude compared to parameter "Mid" setup	Higher	
	Average variance (dB)	1.6 (Vintage) 1.5 (Modern)	
	Delta contour	Falling	Slight rise until approx. 120 Hz then fall
High, ultra high freq. range	Plug-in effect	No effect	Reference Value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude compared to parameter "Mid" setup	No effect	
	Average variance (dB)	0.0	
	Delta contour	Flat	

※ Frequency Range (Hz): Low (20 - 100), Mid (100 - 1,000), High (1,000 - 10,000), Ultra High (10,000 - 20,000)

표 5. S-57 Vintage와 S-57 Modern 플러그인의 근접 효과 파라미터 조정 'Far' 설정 시 음역대별 화이트 노이즈의 음압 변화량 분석 결과

Table 5. Analysis result of white noise delta value per frequency ranges when plug-in set to S-57 Vintage and S-57 Modern, with proximity parameter adjustment value set to "Far"

	Criteria	Analysis	Specifics
Low freq. range	Plug-in effect	Present	Reference value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude compared to parameter "Mid" setup	Lower	
	Average variance (dB)	-5.014 (Vintage) -5.05 (Modern)	
	Delta contour	Rising	Approx. 1.5 dB increase
Mid freq. range	Plug-in effect	Present	Reference value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude compared to parameter "Mid" setup	Lower	
	Average Variance (dB)	-1.7	
	Delta Contour	Rising	
High, ultra high freq. range	Plug-in effect	No effect	Reference Value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude compared to parameter "Mid" setup	No effect	
	Average variance (dB)	0.0	
	Delta contour	Flat	

※ Frequency Range (Hz): Low (20 - 100), Mid (100 - 1,000), High (1,000 - 10,000), Ultra High (10,000 - 20,000)

표 6. S-Custom Snare 플러그인의 근접 효과 파라미터 조정 'Near' 설정 시 음역대별 화이트 노이즈의 음압 변화량 분석 결과

Table 6. Analysis result of white noise delta value per frequency ranges when plug-in set to S-Custom Snare, with proximity parameter adjustment value set to "Near"

	Criteria	Analysis	Specifics
Low freq. range	Plug-in effect	Present	Reference value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude compared to parameter "Mid" setup	Higher	
	Average variance (dB)	7.534	
	Delta contour	Falling	Approx. 4 dB decrease
Mid freq. range	Plug-in effect	Present	Reference value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude compared to parameter "Mid" setup	Higher	
	Average variance (dB)	1.1	
	Delta contour	Falling	Approx. 5 dB decrease
High, ultra high freq. range	Plug-in effect	No Effect	Reference value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude compared to parameter "Mid" setup		
	Average variance (dB)	0.0	
	Delta contour	Flat	

※ Frequency Range (Hz): Low (20 - 100), Mid (100 - 1,000), High (1,000 - 10,000), Ultra High (10,000 - 20,000)

표 7. S-Custom Snare 플러그인의 근접 효과 파라미터 조정 'Far' 설정 시 음역대별 화이트 노이즈의 음압 변화량 분석 결과

Table 7. Analysis result of white noise delta value per frequency ranges when plug-in set to S-Custom Snare, with proximity parameter adjustment value set to "Far"

	Criteria	Analysis	Specifics
Low freq. range	Plug-in effect	Present	Reference value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude compared to parameter "Mid" setup	Lower	
	Average Variance (dB)	-6.754	
Mid freq. range	Plug-in Effect	Present	Reference value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude Compared to Parameter "Mid" Setup	Lower	
	Average Variance (dB)	-1.5	
	Delta Contour	Rising	Sharp rise until approx. 300 Hz then slight rise
High, ultra high freq. range	Plug-in Effect	No Effect	Reference Value of 1 dB or higher average variance
	Amplitude Compared to Parameter "Mid" Setup		
	Average Variance (dB)	0.0	
	Delta Contour	Flat	

※ Frequency Range (Hz): Low (20 - 100), Mid (100 - 1,000), High (1,000 - 10,000), Ultra High (10,000 - 20,000)

4-2 비교군과 대조군 녹음 표본 스펙트럼 시각화 비교분석

비교군인 Slate Digital ML-2와 대조군인 SM57로 스피커에서 출력된 화이트 노이즈를 녹음한 표본의 주파수 응답성 신호량 차이 변화는 아래의 그림 12와 같다. 청색 곡선이 대조군 대비 비교군 마이크론의 신호량 차이 변화곡선이다.

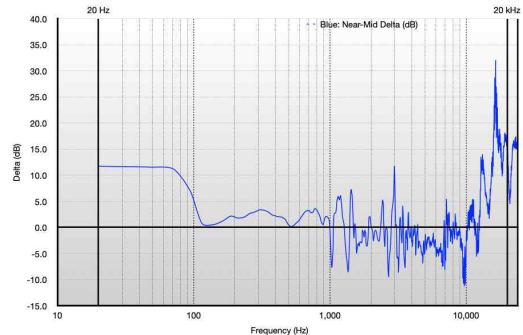


그림 12. 대조군 대비 비교군 마이크론의 주파수 응답성 신호량 차이 변화곡선

Fig. 12. Frequency response delta value curve of comparison group microphone compared to control group microphone

대조군인 SM57을 기준으로 비교군인 ML-2로 스피커에서 출력된 화이트 노이즈를 녹음한 음원에 각 플러그인을 적용하고 근접 효과 파라미터를 조정된 표본의 응답성 신호량 차이 변화곡선은 그림 13부터 15와 같다. 대조군을 기준으로 적색 곡선이 비교군 표본의 파라미터를 Near로 조정하였을 때의 신호량 차이 변화곡선, 청색 곡선이 비교군 표본의 파라미터를 Mid로 조정하였을 때의 신호량 차이 변화곡선, 녹색 곡선이 비교군 표본의 파라미터를 Far로 조정하였을 때의 신호량 차이 변화곡선이다.

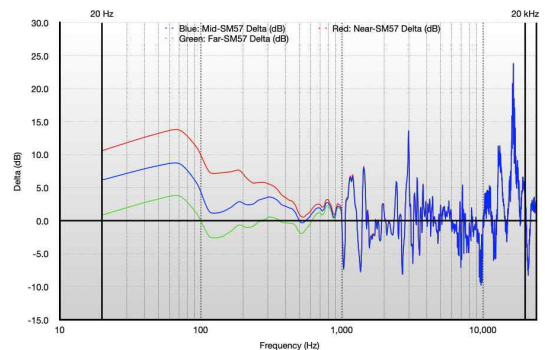


그림 13. 근접 효과 파라미터 조정값 별 S-57 Vintage 플러그인을 적용한 대조군 대비 비교군 마이크론의 주파수 응답성 신호량 차이 변화곡선

Fig. 13. Frequency response delta value curve of comparison group microphone compared to control group microphone, S-57 Vintage plug-in applied and proximity parameter adjusted

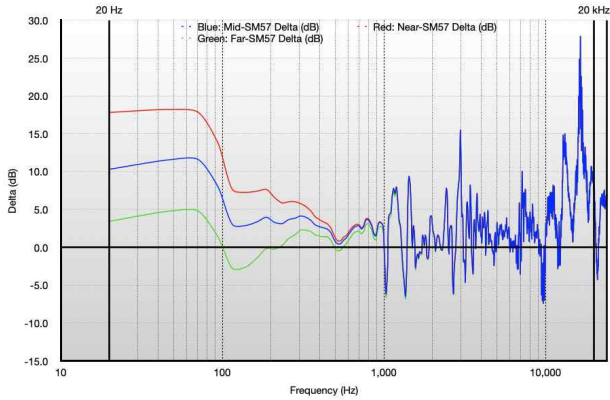


그림 14. 근접 효과 파라미터 조정값 별 S-Custom Snare 플러그인을 적용한 대조군 대비 비교군 마이크론의 주파수 응답성 신호량 차이 변화곡선

Fig. 14. Frequency response delta value curve of comparison group microphone compared to control group microphone, S-Custom Snare plug-in applied and proximity parameter adjusted

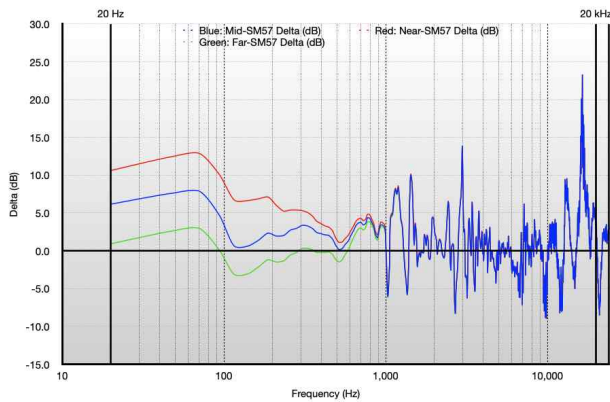


그림 15. 근접 효과 파라미터 조정값 별 S-57 Modern 플러그인을 적용한 대조군 대비 비교군 마이크론의 주파수 응답성 신호량 차이 변화곡선

Fig. 15. Frequency response delta value curve of comparison group microphone compared to control group microphone, S-57 Modern plug-in applied and proximity parameter adjusted

위 변화곡선들을 시각적으로 분석한 결과는 다음과 같다. 변화곡선이 X축에 수렴할수록 조건을 달리 한 비교군 마이크론이 대조군 마이크론을 유사하게 복각하였다고 분석할 수 있다. 음압 신호가 2배로 증가할 때 약 6 dB의 차이가 있음을 고려하고[10] 복각 유사성을 판단하는 기준점으로 두었을 때, 세 종류의 플러그인 모두 저음역대에서는 비교군에 근접 효과 파라미터를 Far로 조정하였을 때, 중음역대에서는 Mid와 Far로 조정하였을 때 대조군에 비교적 유사하게 복각되었음을 확인할 수 있다. 고음역대 이상에서는 다수 구간에서 변화곡선이 산발적으로 요동하여 세부 주파수 대역별 변화량의 평균값을 계산하여 유사성을 파악해야 한다. 시각적으

로는 육안으로 확인이 어려운 고음역대 이상을 제외하고 저음역대와 중음역대 변화곡선이 전반적으로 가장 X축에 수렴하는 플러그인은 S-57 Modern이며, 이와 유사한 곡선 형태를 보이지만 X축과의 거리가 약간 더 벌어진 S-57 Vintage 플러그인과 이들 플러그인에 비해 유의미한 오차를 보이는 S-Custom Snare 플러그인이 뒤를 잇는다.

4-3 비교군과 대조군 녹음 표본 스펙트럼 수치화 비교분석

플러그인 종류와 근접 효과 파라미터 설정값에 따른 복각 유사도를 시각적으로 분석하기에 제약이 있던 고음역대 이상의 복각 유사성 파악과 각 세부 주파수 대역별 정밀분석을 위해 그림 13부터 15의 변화곡선에서 도출된 변화량 수치를 음역대와 세부 주파수 대역별로 평균화하여 표 8부터 10에 정리하였다.

표 8. 대조군 마이크론 대비 비교군 마이크론으로 녹음하고 S-57 Vintage 플러그인을 적용한 화이트 노이즈 신호 변화량의 세부 주파수 대역별 평균값

Table 8. White noise delta value average per detailed frequency range recorded with comparison group microphone compared to control group microphone, plug-in set to S-57 Vintage

Frequency range (Hz)	Delta average (dB)			Min. abs. value parameter	Max. abs. value parameter	
	Mid-57	Near-57	Far-57			
Low	0 - 100	6.92	11.75	1.89	Far	Near
Mid	100 - 500	6.00	11.16	2.27	Far	Near
	500 - 1 k	5.03	10.49	2.58	Far	Near
High	1 k - 2 k	3.79	9.36	2.27	Far	Near
	2 k - 3 k	2.64	8.14	1.64	Far	Near
	3 k - 4 k	1.98	7.22	1.63	Far	Near
	4 k - 5 k	2.23	6.90	1.30	Far	Near
Ultra high	5 k - 6 k	2.59	6.61	0.85	Far	Near
	6 k - 7 k	2.86	6.28	0.57	Far	Near
	7 k - 8 k	3.00	5.86	0.55	Far	Near
	8 k - 9 k	3.20	5.61	0.44	Far	Near
	9 k - 10 k	3.31	5.41	0.31	Far	Near
Ultra high	10 k - 11 k	3.17	5.04	0.33	Far	Near
	11 k - 12 k	2.94	4.58	0.36	Far	Near
	12 k - 13 k	2.61	4.10	0.33	Far	Near
	13 k - 14 k	2.28	3.64	0.31	Far	Near
	14 k - 15 k	1.92	3.17	0.41	Far	Near
	15 k - 16 k	1.50	2.64	0.67	Far	Near
	16 k - 17 k	1.12	2.06	1.00	Far	Near
	17 k - 18 k	0.78	1.55	1.27	Mid	Near
	18 k - 19 k	0.45	1.14	1.42	Mid	Far
	19 k - 20 k	0.29	0.91	1.44	Mid	Far

표 8을 통해 도출된 S-57 Vintage 플러그인 적용 시 변화량의 최소절댓값을 가지는 파라미터 조정값은 모든 음역대에서 Far로 확인되었다. 특히 세부 주파수 대역별로 분석하였을 때 초고음역대에서 7개 세부 주파수 대역, 저음역대부터 고음역대까지는 전 세부 주파수 대역에서 최소 절댓값 변화량을 가지는 것으로 나타나 대조군 대비 복각 유사성이 가장 높았다. 대조군인 SM57의 주파수 응답성 범위인 40 Hz 이상 15,000 Hz 이하 세부 주파수 대역에서 최대 절댓값 변화량을 가지는 파라미터 설정에 비해 최소 약 3 dB, 최대 약 10 dB까지 변화량 차이를 보이는 것으로 나타났다.

표 9. 대조군 마이크로폰 대비 비교군 마이크로폰으로 녹음하고 S-Custom Snare 플러그인을 적용한 화이트 노이즈 신호 변화량의 세부 주파수 대역별 평균값

Table 9. White noise delta value average per detailed frequency range recorded with comparison group microphone compared to control group microphone, plug-in set to S-Custom Snare

Frequency range (Hz)	Delta average (dB)			Min. abs. value parameter	Max. abs. value parameter	
	Mid-57	Near-57	Far-57			
Low	0 - 100	10.20	17.00	3.41	Far	Near
Mid	100 - 500	8.89	15.05	3.47	Far	Near
	500 - 1 k	7.41	12.94	3.30	Far	Near
High	1 k - 2 k	5.77	10.78	2.63	Far	Near
	2 k - 3 k	4.23	8.73	1.69	Far	Near
	3 k - 4 k	3.28	7.28	1.46	Far	Near
	4 k - 5 k	3.33	6.95	0.93	Far	Near
	5 k - 6 k	3.48	6.70	0.64	Far	Near
	6 k - 7 k	3.58	6.42	0.69	Far	Near
	7 k - 8 k	3.61	6.05	1.11	Far	Near
	8 k - 9 k	3.75	5.81	1.52	Far	Near
Ultra high	9 k - 10 k	3.84	5.61	1.89	Far	Near
	10 k - 11 k	3.70	5.22	1.99	Far	Near
	11 k - 12 k	3.48	4.75	1.95	Far	Near
	12 k - 13 k	3.17	4.27	1.78	Far	Near
	13 k - 14 k	2.86	3.81	1.61	Far	Near
	14 k - 15 k	2.53	3.36	1.37	Far	Near
	15 k - 16 k	2.14	2.86	1.06	Far	Near
	16 k - 17 k	1.69	2.30	0.86	Far	Near
	17 k - 18 k	1.27	1.80	0.65	Far	Near
	18 k - 19 k	0.97	1.44	0.39	Far	Near
	19 k - 20 k	0.83	1.24	0.29	Far	Near

표 9를 통해 도출된 S-Custom Snare 플러그인 적용 시 변화량의 최소절댓값을 가지는 파라미터 조정값은 모든 음역대에서 Far로 확인되었다. 특히 세부 주파수 대역별로 분석하였을 때 저음역대부터 초고음역대까지 전 세부 주파수 대역에서 최소 절댓값 변화량을 가지는 것으로 나타나 대조군 대비 복각 유사성이 가장 높았다. 대조군인 SM57의 주파수 응답성 범위인 40 Hz 이상 15,000 Hz 이하 세부 주파수 대역에서 최대 절댓값 변화량을 가지는 파라미터 설정에 비해 최소 약 2 dB, 최대 약 14 dB까지 변화량 차이를 보이는 것으로 나타났다.

표 10. 대조군 마이크로폰 대비 비교군 마이크로폰으로 녹음하고 S-57 Modern 플러그인을 적용한 화이트 노이즈 신호 변화량의 세부 주파수 대역별 평균값

Table 10. White noise delta value average per detailed frequency range recorded with comparison group microphone compared to control group microphone, plug-in set to S-57 Modern

Frequency range (Hz)	Delta average (dB)			Min. abs. value parameter	Max. abs. value parameter	
	Mid-57	Near-57	Far-57			
Low	0 - 100	6.34	11.17	1.34	Far	Near
Mid	100 - 500	5.38	10.53	1.95	Far	Near
	500 - 1 k	4.27	9.73	2.38	Far	Near
High	1 k - 2 k	3.03	8.63	2.28	Far	Near
	2 k - 3 k	1.92	7.47	1.92	Far, Mid	Near
	3 k - 4 k	1.37	6.66	2.21	Mid	Near
	4 k - 5 k	1.67	6.38	1.83	Mid	Near
	5 k - 6 k	2.09	6.13	1.33	Far	Near
	6 k - 7 k	2.40	5.83	0.96	Far	Near
	7 k - 8 k	2.61	5.47	0.78	Far	Near
	8 k - 9 k	2.88	5.28	0.55	Far	Near
	9 k - 10 k	3.06	5.16	0.31	Far	Near
Ultra high	10 k - 11 k	3.00	4.86	0.25	Far	Near
	11 k - 12 k	2.86	4.50	0.25	Far	Near
	12 k - 13 k	2.61	4.10	0.24	Far	Near
	13 k - 14 k	2.36	3.70	0.20	Far	Near
	14 k - 15 k	2.08	3.31	0.27	Far	Near
	15 k - 16 k	1.73	2.86	0.46	Far	Near
	16 k - 17 k	1.31	2.36	0.70	Far	Near
	17 k - 18 k	0.95	1.94	0.89	Far	Near
	18 k - 19 k	0.72	1.64	0.95	Mid	Near
	19 k - 20 k	0.66	1.52	0.88	Mid	Near

표 10을 통해 도출된 S-57 Modern 플러그인 적용 시 변화량의 최소절댓값을 가지는 파라미터 조정값은 모든 음역대에서 Far로 확인되었다. 특히 세부 주파수 대역별로 분석하였을 때 고음역대에서 7개 세부 주파수 대역, 초고음역대에서 8개 세부 주파수 대역, 저음역대와 중음역대에서는 전 세부 주파수 대역에서 최소 절댓값 변화량을 가지는 것으로 나타나 대조군 대비 복각 유사성이 가장 높았다. 대조군인 SM57의 주파수 응답성 범위인 40 Hz 이상 15,000 Hz 이하 세부 주파수 대역에서 최대 절댓값 변화량을 가지는 파라미터 설정에 비해 최소 약 1 dB, 최대 약 10 dB까지 변화량 차이를 보이는 것으로 나타났다.

4-4 비교군 최종 후보와 대조군 녹음 표본 스펙트럼 비교분석

비교군과 대조군 녹음 표본 스펙트럼 수치화 비교분석 결과, 최종적으로 각 플러그인 적용 시 근접 효과 파라미터 조정값이 Far일 때 대조군 대비 복각 유사성이 가장 높게 측정되었다. 이어 근접 효과 파라미터를 Far로 조정된 S-57 Vintage, S-Custom Snare, S-57 Modern 플러그인 적용 수치만을 정리하여 3개 플러그인 중 어느 플러그인 적용 시 대조군 대비 가장 높은 복각 유사성을 보이는지 분석하였다. 분석 내용을 표 11에 정리하였다.

표 11. 대조군 마이크론 대비 비교군 마이크론으로 녹음하고 플러그인 적용 및 근접 효과 파라미터를 Far로 조정한 화이트 노이즈 신호 변화량의 세부 주파수 대역별 평균값

Table 11. White noise delta value average per detailed frequency range recorded with comparison group microphone, proximity parameter set to "Far"

Frequency range (Hz)	Delta Average (dB)			Min. abs. value parameter	Max. abs. value parameter	
	Vintage	Custom snare	Modern			
Low	0 - 100	1.89	3.41	1.34	Modern	CS
Mid	100 - 500	2.27	3.47	1.95	Modern	CS
	500 - 1 k	2.58	3.30	2.38	Modern	CS
High	1 k - 2 k	2.27	2.63	2.28	Vintage	CS
	2 k - 3 k	1.64	1.69	1.92	Vintage	Modern
	3 k - 4 k	1.63	1.46	2.21	Vintage	Modern
	4 k - 5 k	1.30	0.93	1.83	Vintage	Modern
	5 k - 6 k	0.85	0.64	1.33	Modern	Modern
	6 k - 7 k	0.57	0.69	0.96	Vintage	Modern
	7 k - 8 k	0.55	1.11	0.78	Vintage	CS
	8 k - 9 k	0.44	1.52	0.55	Vintage	CS
	9 k - 10 k	0.31	1.89	0.31	Vintage, Modern	CS
Ultra high	10 k - 11 k	0.33	1.99	0.25	Modern	CS
	11 k - 12 k	0.36	1.95	0.25	Modern	CS
	12 k - 13 k	0.33	1.78	0.24	Modern	CS
	13 k - 14 k	0.31	1.61	0.20	Modern	CS
	14 k - 15 k	0.41	1.37	0.27	Modern	CS
	15 k - 16 k	0.67	1.06	0.46	Modern	CS
	16 k - 17 k	1.00	0.86	0.70	Modern	Modern
	17 k - 18 k	1.27	0.65	0.89	Vintage	Modern
	18 k - 19 k	1.42	0.39	0.95	Vintage	Modern
19 k - 20 k	1.44	0.29	0.88	Vintage	Modern	

표 11을 통해 도출된 각 플러그인 적용 시 변화량의 최소절댓값을 가지는 파라미터 조정값은 주파수 대역별로 다양하였다. 저음역대, 중음역대, 초고음역대에서는 S-57 Modern 플러그인, 고음역대에서는 S-57 Vintage 플러그인을 적용하였을 때 대조군 대비 복각 유사성이 가장 높게 측정되었다. S-57 Modern 플러그인의 경우 세부 주파수 대역별로 분석하였을 때 저음역대와 중음역대에서는 전 세부 주파수 대역에서, 초고음역대에서는 7개 세부 주파수 대역에서 최소 절댓값 변화량을 가지는 것으로 나타나 대조군 대비 복각 유사성이 가장 높았다. 대조군인 SM57의 주파수 응답성 범위가 40 Hz 이상 15,000 Hz 이하임을 고려하였을 때, 초고음역대에서 S-57 Modern 플러그인이 전 세부 주파수 대역에서 최소 절댓값 변화량을 가지는 것으로도 해석할 수 있다. S-57 Vintage 플러그인의 경우 세부 주파수 대역별로 분석하였을 때 고음역대의 8개 세부 주파수 대역에서 최소 절댓값 변화량을 가지는 것으로 나타났다.

비교군 중 대조군과 가장 유사한 주파수 응답 특성을 보여 원본 마이크론을 비교적 가장 흡사하게 복각하였다는 평가를 받은 ML-2로 녹음하고 S-57 Modern 플러그인을 작동, 근접 효과 파라미터를 Far로 설정한 화이트 노이즈 표본과 대조군인 SM57로 녹음한 화이트 노이즈 표본을 스펙트럼 비교

하기 위해 단일 분석 도구 화면에 병합하여 시각적이고 직관적인 비교분석을 위한 결과는 아래의 그림 16과 같다. 황색 곡선이 비교군 최종 후보인 ML-2로 녹음하고 S-57 Modern 플러그인을 작동, 근접 효과 파라미터를 Far로 설정한 화이트 노이즈 표본 스펙트럼이며 흑색 곡선이 대조군인 SM57로 녹음한 화이트 노이즈 표본 스펙트럼이다.

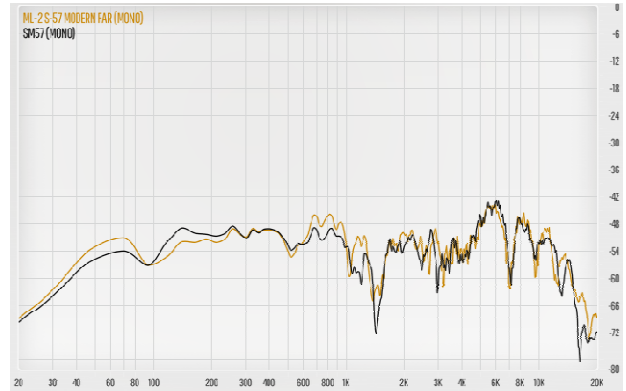


그림 16. 비교군 최종 후보와 대조군 마이크론으로 녹음한 화이트 노이즈 스펙트럼

Fig. 16. White noise spectrum recorded with shortlisted comparison group microphone and control group microphone

두 곡선을 시각적으로 비교하였을 때 전반적으로 유사한 모양의 곡선임을 파악할 수 있다. 비록 세부 주파수 데이터를 축으로 두었을 때 절대적인 음압 수치 차이를 보이는 구간이 산발적으로 존재하나, 양 곡선이 상승과 하강하는 수치에 차이가 있더라도 그 모양이 매우 유사하다. 수치화 비교분석을 위해 상기 정리한 표를 통해 확인할 수 있듯 세부 주파수 데이터를 일정 단위로 묶어 음역대 단위로 평균 절댓값을 구했을 때 전체적인 값은 기준이 되는 6 dB를 초과하지 않았고 평균 절댓값의 최고값은 2.38 dB에 불과했을 정도이며, 이가 의미하는 바는 곧 일부 데이터의 피크 레벨(peak level)을 중요시하기보다 마이크론의 사용자가 녹음에 모델링 마이크론 기술을 활용할 때 명확히 인지할 수 있는 평균값에 기반한 수치적 유사성에 주목해야 할 의미가 있다는 해석에 이른다.

V. 알고리즘 발전 방향성 제안

5-1 이퀄라이저를 활용한 알고리즘 수정

앞서 원본 대조군 마이크론 대비 비교군 최종 후보의 주파수 응답성이 전반적으로 유사하였으나 일부 주파수 영역에서는 편차가 존재하여 알고리즘의 한계를 확인할 수 있었다. 이러한 주파수 응답성 차이를 최소화한 원본 마이크론의 특성 복각을 위해 알고리즘의 발전 방향성을 제안한다. 그 방법은 EQ 매칭 기능을 탑재한 이퀄라이저 활용이다. FabFilter

사의 Pro-Q 3에 대조군 마이크로폰으로 녹음한 화이트 노이즈를 참고 데이터로 반영하여 비교군 최종 후보로 녹음한 화이트 노이즈에 EQ 매칭 기능을 적용하였다. 7밴드 파라메트릭 이퀄라이저(parametric equalizer)를 활용하여 Pro-Q 3의 EQ 매칭 결과를 시각화한 자료는 다음 그림 17과 같다.

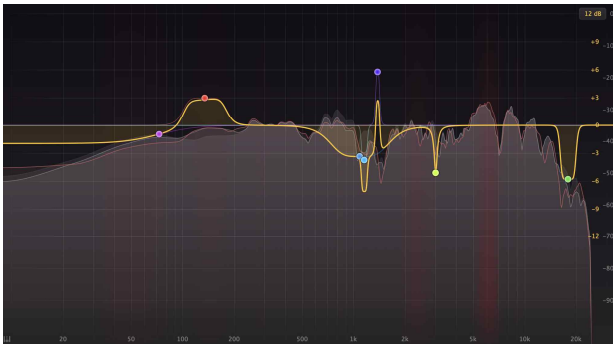


그림 17. 7밴드 파라메트릭 이퀄라이저 설정을 적용한 EQ 매칭 결과

Fig. 17. EQ matching result, 7-Band Parametric Equalizer setup applied

이어 각 밴드의 세부 설정값을 분석한 결과는 아래의 표 12와 같다.

표 12. EQ 매칭이 완료된 7밴드 파라메트릭 이퀄라이저의 밴드별 세부 설정값

Table 12. Detailed setup value per band of 7-Band Parametric Equalizer with EQ matching completed

Band number	Parameter (unit)			
	Frequency (Hz)	Gain (dB)	Q	Shape
1	72.765	-1.95	1.000	Low shelf
2	134.75	+2.97	2.293	Bell
3	1083.0	-3.34	1.621	Bell
4	1152.5	-3.75	16.82	Bell
5	1381.1	+5.76	23.78	Bell
6	3008.3	-5.11	28.28	Bell
7	17917	-5.81	6.484	Bell

비교군 최종 후보에 7밴드 파라메트릭 이퀄라이저를 적용하고 EQ 매칭으로 생성한 이퀄라이저 조정값을 반영했을 때 원본 대조군 대비 주파수 응답성이 얼마나 유사해졌는지 비교하기 위해 SPAN Plus로 스펙트럼 비교분석을 재 실시하였다. 비교분석 결과는 그림 18과 같다. 황색 곡선이 이퀄라이저가 적용된 비교군 최종 후보, 흑색 곡선이 원본 대조군 스펙트럼이다.



그림 18. 이퀄라이저를 적용한 비교군 최종 후보와 대조군 마이크로폰으로 녹음한 화이트 노이즈 스펙트럼

Fig. 18. White noise spectrum recorded with equalized shortlisted comparison group microphone and control group microphone

위 그림 18과 앞의 그림 16을 비교했을 때, 이퀄라이저를 적용한 알고리즘 수정 방법이 그렇지 않은 주파수 응답 특성이 기존 주파수 응답 특성에 비해 원본 대조군의 주파수 응답 특성과 보다 유사해졌음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 도출한 원본 유사도가 가장 높은 플러그인 및 파라미터 적용 복각 알고리즘(S-57 Modern/근접 파라미터 Far)에 표 12의 이퀄라이저 설정값을 적용하면 복각 대상 원본 마이크로폰의 주파수 응답 특성과 근접한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 알고리즘 수정 작업이 Slate Digital사의 복각 알고리즘을 더욱 발전시킬 수 있음을 제언할 수 있다.

VI. 결 론

본 연구를 통해 ML-2과 VMS의 SM57 복각 모드 사용 시, S-57 Modern 플러그인 적용과 근접 효과 파라미터를 Far로 조정한 설정에서 SM57에 가장 근접한 결과가 도출되었다. 해당 조합의 복각 유사성 역시 수치화하여 확인하였을 때 매우 유사함을 확인할 수 있었다.

제시한 9가지 비교군 변인 조합 중 근접 효과 파라미터 조정값을 기준으로 묶어 3분류하였을 때, 모든 플러그인 적용 상황에서 Far, Mid, Near 순으로 저음역대 및 중음역대의 복각 유사성이 높았다. 이는 파라미터의 알고리즘에 의해 마이크로폰 근접 효과 플러그인 작동 방식이 Far 이외에는 과도하게 적용되는 점이 원인임을 추론할 수 있다.

이어 제시한 9가지 비교군 변인 조합 중 플러그인 종류를 기준으로 묶어 3분류하였을 때, S-57 Vintage와 S-57 Modern의 주파수 응답성 재현력이 유사하였고 이에 비해 S-Custom Snare는 유의미하게 주파수 응답성 특징이 상이함을 확인할 수 있다. 이는 제조사가 플러그인을 명명하고 홍보하는 방식에서도 확인할 수 있듯, 복각의 유사성을 목적으로 한 것이 아닌 제조사가 추구하는 주파수 응답성 특징을 반영한 것이기에 시중에 판매되는 SM57과는 그 특성이 다를 수 있다. S-57 Vintage와 S-57 Modern의 주파수 응답성

스펙트럼은 미세한 차이를 보이거나, SM57과 세부 수치를 비교하였을 때 S-57 Modern에서 비교적 높은 유사도를 보임을 확인할 수 있었다.

마지막으로 본 연구를 통해 도출한 원본 복각에 가장 최적화된 플러그인 및 파라미터 적용값을 확정하고, 이를 더욱 발전시킬 수 있는 이퀄라이저 설정값을 제안하여 추후 Slate Digital사의 복각 기술 발전 방향성을 제시할 수 있었다.

본 연구는 Slate Digital사의 모델링 마이크로폰 에뮬레이션 기술이 원본 마이크로폰을 유사하게 복각할 수 있었던 이유를 추정하였다. 우선 두 마이크로폰 제품 자체의 크기와 트랜스듀서(transducer)의 크기가 유사하여 마이크로폰이 민감하게 받아들이는 주파수 대역의 파형 길이가 비슷하다는 점을 주목할 수 있었다. 이와 같은 추측을 증명하기 위해 복각 대상 마이크로폰의 크기와 형태가 상이하였을 때 복각 유사성에 대한 후속 연구가 필요하다.

또한 주파수 대역 특성이 전반적으로 평탄하고 높은 감도를 갖고 있는 콘덴서와[11] 이에 비해 상대적으로 주파수 대역이 좁고 감도가 낮은 무빙 코일이라는 별개의 기술을 탑재한 트랜스듀서의 차이로 인해 음역대 별 응답성이 상이할 수 있다. 이를 플러그인으로 조정하려면 제품별 전반적 주파수 응답성 특징에 대한 다량의 연구가 동반되어야 하는데, SM57은 1965년부터 오랜 기간 동안 대량 판매된 제품이며 제품 자체의 균일한 품질 유지가 가능하여 개별 제품의 주파수 응답 특성 평균치를 계산하기 수월했을 것이라 추측된다.

이에 비해 Slate Digital사의 모델링 마이크로폰 에뮬레이션 기술이 미비했던 점을 분석하면, 근접 효과 파라미터 조절 값이 비록 세분화되어 있으나 조정량에 따라 재현한 발음 근원지와 마이크로폰 간 거리를 국제단위표준(SI; international unit) 규정에 의거하여 표기하지 않고 부가적인 설명 역시 미비하여 사용자로 하여금 사용에 혼란을 줄 수 있다는 점을 꼽을 수 있다.

모델링 마이크로폰 에뮬레이션 기술을 활용하면 여러 종류의 마이크로폰을 경제적으로 접근할 수 있을 뿐만 아니라 녹음 및 믹싱 단계에서도 기술적 편리함을 추구할 수 있다. 이러한 기술을 활용한 타 마이크로폰 제품 및 에뮬레이션 플러그인에 대한 후속 연구가 활발하게 진행되길 희망한다.

참고문헌

- [1] G. M. Ballou, *Handbook for Sound Engineers*, 4th ed. Burlington, MA: Focal Press, p. 493, 2008.
- [2] J. Bull, "Overview of Computer Technology in the Professional Audio Market," in *Proceedings of the 20th AES(Audio Engineering Society) UK Conference*, 5, March 2005.
- [3] M. Cheshire, R. Stables, and J. Hockman, "Microphone Comparison: Spectral Feature Mapping for Snare Drum

Recording," in *Proceedings of the 147th AES(Audio Engineering Society) Convention*, New York: NY, 10263, October 2019.

- [4] T. K. Lee, The Research on Reproducibility of Unison Technology through Comparative Analysis between the Neve 1073 DPX Hardware and Neve 1073 Plug-in with Unison Technology, Master's Thesis, Sangmyung University, Seoul, February 2018.
- [5] P. J. Jang, The Study of Microphone Simulation Plug-in Performance for DAW Environment, Master's Thesis, Suwon University, Hwaseong, August 2004.
- [6] H.-Y. Kim, F. Asano, Y. Suzuki, and T. Sone, "Measurement of Long Impulse Response by Using a Time-Stretched Pulse," in *Proceedings of the 5th Western Pacific Regional Acoustics Conference*, Seoul, pp. 867-872, August 1994.
- [7] Slate Digital. ML-2 Modeling Microphone [Internet]. Available: <https://slatedigital.com/ml-2-microphone/#thehardware>.
- [8] N. E. Milanov and B. E. Milanova, "Proximity Effect of Microphone," in *Proceedings of the 110th AES(Audio Engineering Society) Convention*, Amsterdam, Netherlands, 5342, May 2001.
- [9] Shure USA. SM57 - Instrument Microphone [Internet]. Available: <https://www.shure.com/en-US/products/microphones/sm57>.
- [10] Y. Kim, *Digital Audio Guide Book 1.4 Edition*, Guri: Boneun Sori, p. 56, 2017.
- [11] S. S. Suh, J. G. Suh, M. J. Jho, and H.-S. Kwon, "Long-Term Stability of the Pressure Sensitivity of the Standard Microphones at the Korea Research Institute of Standards and Science," *New Physics: Sae Mulli*, Vol. 46, No. 1, pp. 41-46, January 2003.



송하주(Haju Song)

2021년 : Berklee College of Music (Bachelor of Music)
2023년 : 경희대학교 대학원 (포스트모던음악학과 석사과정)

※ 관심분야 : 음악 제작(Music Production), 음향 공학(Audio Engineering), 음향학(Acoustics) 등



이철희(Chul-Hee Lee)

2009년 : 경희대학교 Post Modern음악전공 (음악학사)
2013년 : 경희대학교 아트·퓨전디자인 대학원 (음악학석사)
2020년 : 경희대학교 대학원 (응용예술학박사)

2007년~2021년: 마인드오픈너 음악감독

2021년~현 재: 경희대학교 포스트모던음악학과 조교수

※ 관심분야 : 컴퓨터음악(MIDI), 작곡(Composition), 사운드디자인(Sound Design) 등