

# Wavelet 분석을 통한 시뮬레이션 음향 효과 개선에 관한 연구

\*김영식, 김용일, 배명수  
(주) 유니텍 지휘지원체계개발사업단 2팀  
e-mail: {kimys, yikim, msbae}@unitech.co.kr

## The Study of Sound Effect Improved Simulation through Wavelet analysis and Fourier transform

Young-Sik Kim, Yong-Il Kim, Myeong-Soo Bae  
Command and support system development Enterprise Organization, UNITECH Co.,Ltd.

### 요 약

본 논문에서는 군사 훈련 및 교육에 사용될 수 있는 시뮬레이션에 사용될 수 있는 음원 파일들을 주파수 별로 분리하고 각 대역 별로 필터링해 사용하는 방법을 제안한다. 주파수 별 분리를 위해 Wavelet 분석을 통하여 주파수를 단계별로 분리하고 변환하여 각 분리된 주파수별 잡음제거를 한다. 이와 같은 작업이 이루어 질 수 있는 관련 저작도구를 구현 한다.

### ABSTRACT

This thesis suggests method that How sound sources used to simulation that can be used to military training and education divide each frequency and each bandwidth filtering method. method for frequency dividing and denoising are suggested into Wavelet analysis. And We materialize authoring tool about filtering that design for wavelet job

는 결론 및 향후 연구에 대하여 논의한다.

## 1. 서론

멀티미디어 기술이 발전함에 따라서 가상현실이라는 단어가 큰 이슈가 되고 있다. 가상현실이란 어떤 특정한 환경이나 상황을 컴퓨터를 이용하여 시뮬레이션 함으로써 그것을 사용하는 사용자가 가상적으로 재현된 공간 안에 실제로 존재하는 것처럼 만들어 주는 일을 의미한다.

이러한 가상현실에는 오감 중 시각과 청각이 가장 중요한 역할을 차지하고 있으며, 그 중 청각을 통해 더욱 현실감 있는 시뮬레이션을 구현할 수 있게 된다.

그러나 이러한 가상현실에 들어갈 사운드 음향 기술 중 HRTF를 사용한 기술의 경우 가청 주파수 영역의 정보를 왜곡으로 전제를 하고 있으며, 이러한 왜곡을 줄일 수 있는 방법으로 목소리의 명료도를 향상시키기 위해 2~3 포먼트(formant)에 해당하는 대역의 에너지를 1 포먼트에 비해 크게 해주는 것이 주파수 스펙트럼의 대비를 바꾸는 것보다 더 효과적이라는 것이 입증되어서[1,2] 관련 선명도 향상 필터를 사용하는 부분이 늘고 있는 것이 확인이 되었다.

이러한 상황 속에서 우리 팀은 가청 주파수 영역의 왜곡을 전제로 하고 있는 부분을 wavelet 분석을 통해 더욱 세밀하게 주파수 영역을 분리하고 필터링을 하여 시뮬레이션에 적용이 될 음성 품질을 향상 시키고 관련 저작도구를 구현하는 것을 목표로 한다.

본 논문의 주요 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 wavelet 분석이 어떻게 이루어지고 있는지 살펴보고, 각 변환 단계별 이론에 대해 살펴본다. 3장에서는 관련된 분석 기법과 필터를 구현하기 위한 클래스 다이어그램을 살펴보고 이를 통해 구현된 UI를 설명하고 Wave 파일을 입력하여 분석과 필터링된 결과를 확인한다. 4장에서

## 2. Wavelet transform and denoising이란?

### 2.1 Wavelet transform

웨이브릿 변환에서의 기저함수들은 원형 웨이브릿을 편이(translation) 및 확장/수축(dilation)을 시킴으로써 만들어진다. 이에 대한 웨이브릿 기저함수들의 선형 결합은

$$\psi_{m,n}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad b \in \mathbb{R}, a \neq 0 \quad (1)$$

이다. 여기서  $\psi(\cdot)$ 는 웨이브릿을 나타내고,  $a$ 는 웨이브릿을 확장/수축시키는 스케일링 변수이고,  $b$ 는 이동을 나타내는 편이변수이다. 어떤 신호(t)에 대한 웨이브릿 변환은

$$\psi_{m,n}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad b \in \mathbb{R}, a \neq 0 \quad (2)$$

로 정의된다. 여기서 매개변수  $a, b$ 가 정수일 때 이산 웨이브릿 변환이라고 하였다. 특히  $a=2^m, b=n2^n$  일 때 정규기저직교를 구성할 수 있고, 기저 함수는

$$\begin{aligned} \psi_{m,n}(t) &= 2^{m/2} \psi(2^m t - n) \\ \Phi_{m,n}(t) &= 2^{m/2} \Phi(2^m t - n) \end{aligned} \quad (3)$$

가 된다.

주어진 스케일링 함수의 평행이동과 척도변환을 이용해 생성한  $\psi_{m,n}(t)$ 에 의해 생성한 벡터공간을  $V_m$ 이라하면  $\psi_{m,n}(t)$ 는  $V_{m-1}$ 에서  $V_m$ 의 직교 보수 공간(Orthogonal complement space)  $W_m$ 의 직교 기저를 이룬다.

$$V_{m-1} = V_m \oplus W_m, W_m \perp V_m \quad (4)$$

이때 스케일링 함수  $\Phi(t)$ 와 웨이블릿 함수  $\psi(t)$ 는

$$\Phi(t) = \sqrt{2} \sum_n h_0(n) \Phi(2t-n) \quad (5)$$

$$\psi(t) = \sqrt{2} \sum_n h_1(n) \psi(2t-n) \quad (6)$$

이다. 여기서  $h_0(n)$  및  $h_1(n)$ 는 스케일링 함수 및 웨이블릿의 필터계수 (filter coefficients)이다.[3]

### 2.2. Wavelet Denoising Theory

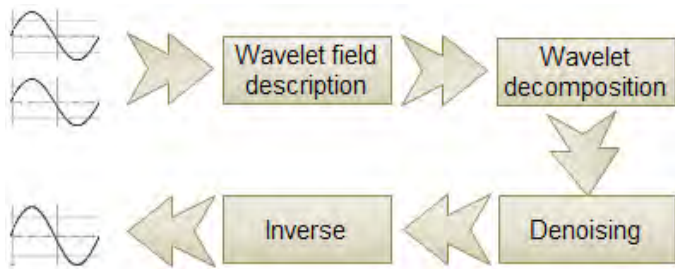
Mallat 알고리즘을 기반의 웨이블릿 변환에 따르면, 신호  $S(t)$ 는 다음과 같은 식으로 분해된다.

$$f(t) = \sum_k C_{j,k} 2^{-j/2} \Phi(2^{-j}t-k) + \sum_k d_{j,k} 2^{-j/2} \psi(2^{-j}t-k) \quad j,k \in Z \quad (7)$$

그러면, 아래의 공식과 같이 신호가 분해된다.

$$s(t) = \sum_k C_{j,k} \Phi_{j,k}(t) + \sum_k d_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad j,k \in Z \quad (8)$$

그 후, 신호  $s(t)$ 는 주파수가  $2^j$  이면서 주파수가  $2^j$ 와  $2^{j+1}$  사이에 있는  $H(t)$ 의 부분인  $L(t)$ 로 분해가 됩니다. 일반적으로 유용한 신호는 저주파와 저주파 계수부분인  $A_j$ 를, 잡음은 높은 주파수와 높은 주파수 계수인  $D_j$ 를 가집니다. 유용한 주파수와 잡음은 웨이블릿 변환에서 서로 다른 특성을 가집니다. 즉, 스케일의 증가에 따라, 유용한 신호의 웨이블릿 계수는 소음의 감소함에 따라 증가한다. 따라서 몇 번의 웨이블릿 변환 이후, 잡음의 웨이블릿 변환 계수는 사라지거나, 매우 작아진다. 그러면 유용한 신호의 계수는 계속 유지될 것이다. Wavelet denoising의 순서를 다음과 같이 나타낼 수 있다.[4, 5, 6]

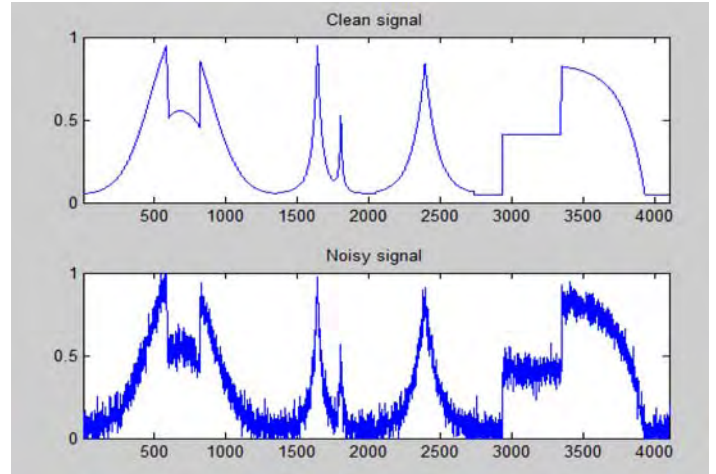


(그림 1) Wavelet denoising 순서도

## 3. 실험 및 UI 구성

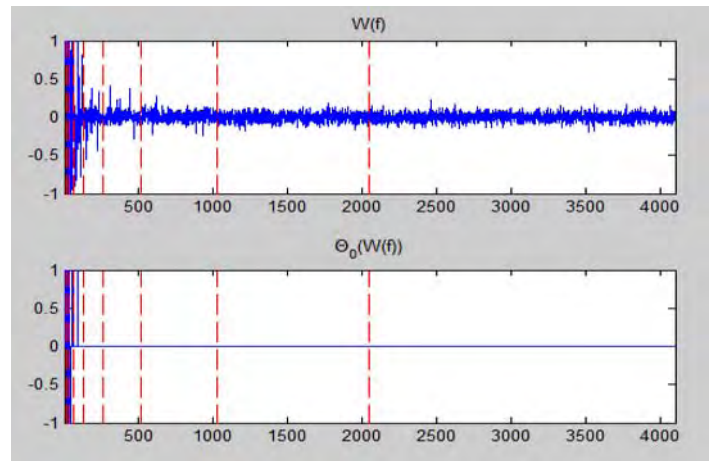
### 3.1. 신호처리와 관련된 실험

잡음 처리를 위한 신호 처리로써 실제 웨이블릿 변환을 거치고 잡음 제거하는 과정을 필터로 제작하기 위해 Matlab을 이용하여 먼저 실험에 착수하였다. 먼저 임의의 신호에 잡음을 넣어 실험 표본을 만들었다. 그림 2와 같이 비교할 수 있다.



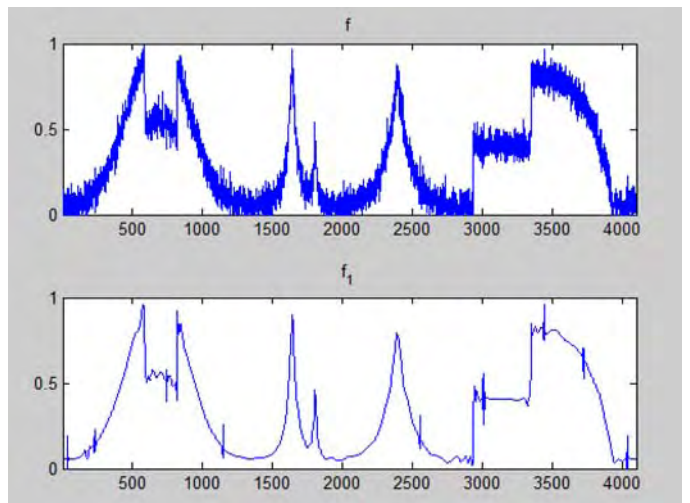
(그림 2) 초기 신호(위)와 잡음 신호(아래)

잡음이 들어간 신호를 웨이블릿 변환하고 각각의 분리된 주파수에 따라 denoising을 실시하였으며, 그 결과는 그림 3과 같이 나왔다.



(그림 3) Wavelet 변환 후 신호(위)와 denoising이 이루어진 신호(하)

denoising 후 원래의 신호로 다시 돌린 모습이 그림 4와 같이 결과도 도출 되었다. 잡음이 있던 신호와 제거 후 사진을 비교하였다.



(그림 4) 잡음이 있던 신호(위)와 제거 후 사진

실험 결과에 대해서는 결론 및 향후 연구에서 논하기로 한다.

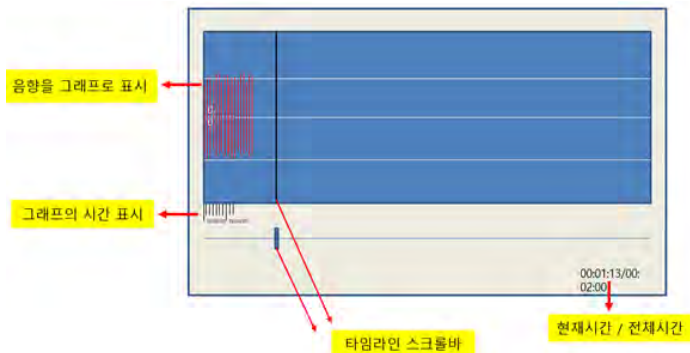
3.2. 필터 및 신호 처리를 위한 UI 구성 및 설명

시물레이션 음향 구성을 위해 그림 4와 같이 저작도구 UI를 구현하였다.



(그림 4) 저작도구 UI구성

UI 구성 중 메뉴 부분에 필터 부분이 존재하며 그 부분에서 필터링을 하는 메뉴 창이 팝업 되어 신호처리를 하게 된다. 관련 그림 5와 같이 창이 하나가 더 사용된다.



(그림 5) 해당 음원 주파수 편집 UI 구성

해당 주파수 편집 부분에서는 편집이나 변환을 할 음원을 불러서 변환을 하는 부분까지 가져오면서 해당 음원의 소음제거 및 더 나아가 편집할 주파수를 편집하고 다시 돌아감으로서 음원을 편집하는 것이 가능한 프로그램을 구현할 수 있었다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 wavelet 변환을 이용한 필터 설계 및 잡음을 제거하는 기본 형태를 설계해 UI로 구성하는 과정을 보여주었다. 우선 필터링 되고 다시 잡음을 제거하는 부분에 있어서는 wavelet 변환이 되어 3개 혹은 4개로 분리된 주파수 부분을 확인해 보면 알겠지만 앞부분의 주파수들의 잡음은 제거가 되어 나오나, 뒤에 주요 물려있는 대역폭에서는 미비하게 잡음이 제거 되는 부분이 미비한 모습을 보여서 실제로 다시 변환한 부분에서는 원곡하고의 약간의 차이가 있음을 볼 수 있다. 이 부분을 위한 추가 filtering 작업에 대한 연구를 계속하면 더 효과적인 소음 제거가 이루어 질 것으로 전망하고 있다.

또한 UI부분에서는 주파수 영역을 직접 눈으로 볼 수 있도록 시간

에 따른 주파수의 진폭으로 하여 그래프를 보여줌으로써 가시적인 효과를 노렸으나, 추가적으로 푸리에 변환과 같은 다른 기법을 사용하기 위한 그래프 역시 풀어야 할 과제로 남아있음을 확인하였다.

하지만 우선적으로 가장 시급한 것은 이 UI작업은 실제 시물레이션 하는 부분에 들어갈 음악 저작도구로써 앞으로 다른 사업체와의 통합 작업을 거치면서 실제로 시물레이션 효과에 어울리는 음원을 추출하고 불러와서 편집한 것이 그대로 전송되는 공동 모듈 개발이 큰 연구과제로 남아 있기에 그 부분도 연구를 하면 사용자들이 Open Market Place 환경에서 직접 음원을 올리고 편집할 수 있는 그러한 환경이 조성될 것으로 전망하고 있다.

References

- [1] Mark Kahrs & Karlheinz Brandenburg, Applications of Digital Signal Processing to Audio and Acoustics, Kluwer Academic Publisher, pp266-267,2001
- [2] Bunnell, H.T, "On enhancement of spectral contrast in speech for hearing-impaired listeners." J. Acoust. Soc. Am., 88(6): 2546-2556
- [3] 오형진, 정태일, 이태오, "2진 청각필터를 이용한 웨이브릿 편이변조 시스템", 한국해양정보통신학회논문지 제12권 제11호 (2008년 11월) pp.1933-1938
- [4] S. Mallat, A wavelet tour of signal processing[M]. Academic Press, USA, (1998).
- [5] Tang Yuanyan,Wang Ling.Wavelet Analysis and Text Character Recognition[M], Science Press , (2004).
- [6] Ruidan Su, "Research on Virtual Reality Sound Effects for High-Speed Train Simulation System", JOURNAL OF SOFTWARE, VOL. 7, NO. 8, AUGUST 2012, pp1919-1923,2012