

스피커 진동을 활용한 유사 청감 재현 시스템

Audio Tactile Display System Using Vibro-tactile Speakers

김성목¹, *#김희국¹, 정주노¹, 박연규², 강대임²

S. M. Kim¹, *#W.K. Kim(wheekuk@korea.ac.kr)¹, J. Cheong¹, Y.K. Park², D.I. Kang²

¹고려대학교 제어계측공학과, ²한국표준과학연구원

Key words : aural sense, vibro-tactile speaker, spectrum modulation, equal sensation, perceivable tactile frequency

1. 서론

청각 장애인에게 인지할 수 없는 소리로부터의 정보는 청각이외의 다른 감각기능인 시각이나 설정된 진동 패턴을 활용하는 tactile icon과 같은 촉각 신호를 통하여 전달될 수 있다.¹⁵ 그러나, 정상인들이 음악과 같은 소리로부터 느낄 수 있는 청감을 청각 장애인에게 전달하기 위한 시도로서 스피커 진동을 사람의 피부에 전달하는 방안들이 시도되고 있다.⁶⁷ 그러나, 이러한 방법들의 경우 현실적으로 사람의 가청 주파수 영역이 대략 10Hz에서 1kHz의 범위로 제한되기 때문에 스피커를 통하여 전달된 1kHz이상의 높은 주파수 대역에 속하는 소리정보는 거의 전달되지 않는다.

따라서, 소리 신호에서 느낄 수 있는 유사 청감을 촉각을 통하여 전달하고자 하는 경우 청각과 촉각 사이의 다양한 인지 기능 차이를 고려한 청각-촉각 신호 변환 기술이 요구된다. 본 연구자들은 이전 연구에서 넓은 가청 주파수 영역의 청각 신호를 상대적으로 매우 좁은 가청 주파수 영역으로 압축하는 주파수 변조 방식을 제안하였으며 다수의 주파수 영역으로 분할된 변조 신호를 각각 다수의 스피커 진동을 통하여 대상자의 팔 부위에 제공하는 시스템 모듈을 구현하였다. 그리고 정상인을 대상으로 한 실험을 통하여 이러한 유사 청감 재현 시스템이 영상정보와 같이 제공되는 경우 생동감의 측면에서 매우 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.⁸

그러나, 청각과 촉각 인지 기능에는 주파수 영역의 크기 차이 이외에도 가청 주파수 민감도와 가청 주파수 민감도의 차이, 그리고 등청감(equal loudness), 가청 주파수 민감도, 가청 주파수 민감도, 등진동세기감(equal sensation magnitude for vi-

bration) 등의 다양한 특성차이가 존재한다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 차이를 고려하여 소리신호에 관련된 정보를 변환하되 최대한의 정보가 촉각을 통하여 전달하는 청각-촉각 신호 변조 방식을 제안하고 이를 활용한 유사청감재현 시스템을 구현하였다.

2. 유사청감 재현 시스템

그림 1은 스피커 진동을 활용한 유사 청감 재현 시스템이다. 구현된 시스템은 팔부위에 고정할 수 있는 벨크로(Velcro) 천위에 고정된 다수의 소형 스피커들과 실험자의 등 부위에 부착할 수 있는 중형 스피커가 추가 되었으며 중형 스피커는 의자의 등받이 쿠션과 같이 의자의 등면에 놓여지도록 전체 유사 청감 재현 시스템이 구성되었다.



Fig. 1 Implemented Pseudo aural-sensation display system consisting of vibro-tactile speakers and thermal display module

그림 2는 청각 신호를 촉각 신호로 변환하는 주파수 변조과정을 나타낸다. 입력된 소리신호를 주파수 영역에서 등청감에 근거하여 정규화한 후 주파수 압축변조(pitch shifting에 해당)을 수행한다. 변조된 신호는 다시 촉각영역에서의 등청감 세기에 맞추어

정규화된 후 전체 주파수 영역은 촉각 주파수 민감도에 따라 스피커를 통하여 균일한 정보가 실험대상자에게 전달되도록 여러 영역으로 분할된다. 분할된 신호는 역푸리에 변환을 통하여 시신호로 변환된 후 스피커를 통하여 출력된다.

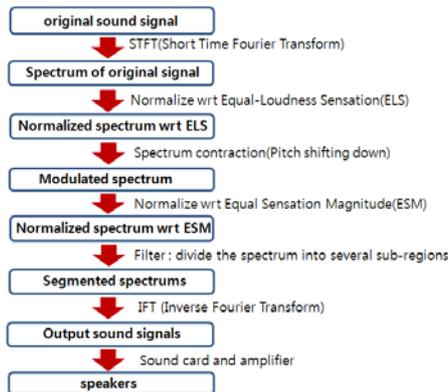


Fig. 2 Spectrum modulation procedure

3. 기초 성능 실험

이상과 같이 구성된 유사 청각 재현 시스템의 성능 및 효능을 확인하기 위하여 소수의 실험대상자를 통하여 기초실험을 수행하였다. 모니터를 통하여 i) 영상과 소리신호가 제공되는 경우와 ii) 영상과 진동촉각신호가 제공되는 경우에 대한 응답결과를 요약하면 첫째, 제시된 변조방식은 기존의 단순한 주파수 변조 방식과 비교하여 큰 차이가 없으나 둘째, 낮은 주파수 영역의 진동 촉각 신호를 담당하는 중형 스피커의 역할은 청감을 개선하는데 있어 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나, 소형 스피커와 중형 스피커사이의 진동세기감의 가중치는 유사청각 재현 효능을 높이기 위해 적절하게 선정되어야 하는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 소리정보를 촉각 정보로 변환할 수 있는 주파수 변조 방식을 제시하였으며 높은 주파수 영역에는 소형 스피커를 낮은 주파수 영역에는 중형 스피커를 사용한 의자형 유사 청각 재현 시스템을 구성하여 기초 성능을 조사하였다. 예리한 촉감을 제공하는 소형 스피커와는 달리 중형 스피커의 경우 둔탁한 촉감을 제공하는 것을 확인할 수 있었으며 소수의 실험자를 대상으로 한 가 실험을 통하여 다른 크기의 스피커를 청감의 주파

수 영역에 따라 적절히 배치되는 경우 더 효과적인 청감을 재현할 수 있다는 가능성을 확인하였다.

후기

.이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 휴먼인지환경사업본부-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010K001163)

참고문헌

1. Hayward, V. and Maclean, K. E., "Do It Yourself Haptics : Part I," IEEE Robotics and Automation Magazine, **14**(4), 88-104, 2007.
2. Gunther, E., Davenport, G. and O'Modhrain, S., "Cutaneous Grooves: Composing for the Sense of Touch," Proceedings of Conf. on New Instruments for Musical Expression(NIME-02), 37-42, 2002.
3. Park, Y.-K., Choi, I.-M., Kim, W.-K. and Kang, D.-I., "Eyesight and Hearing Assistant Technique using Multiple Sensory Display," J. of KSPE, **26**, 7-11, 2009.
4. Brown, L. M., Brewster, S. A. and Purchase, H. C., "A First Investigation into the Effectiveness of Tactons," Proceedings of the First Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for virtual Environment and Teleoperator Systems, 167-176, 2005.
5. Ternes, T. and MacLean, K. E., "Designing Large Sets of Haptic Icons with Rhythm," Haptics: Perception, Devices and Scenarios, **5024**, 199-208, 2008.
6. Karam, M., Russo, F., Branje, C., Price, E. and Fels, D. I., "Towards A Model Human Cochlea: Sensory substitution for crossmodal audio-tactile displays," Graphics Interface Conference, 267-274, 2008.
7. Nanayakkara, S., Taylor, E., Wyse, L. and Ong, S. H., "An Enhanced Musical Experience for the Deaf: Design and Evaluation of a Music Display and a Haptic Chair," Proceedings of the 27th International Conference on Human Factors in Computing Systems, 337-346, 2009.
8. 광현구, 김희국, 정주노, 박연규, 강대임, 구민모, "스펙트럼 변조를 이용한 청각 정보의 촉각 재현 가능성 연구," 한국정밀공학회지, **28**(5), 1-10, 2011.