

신체 움직임-시·청각 정보 상호변환 시스템의 구현

Implementation of Mutual Conversion System between Body Movement and Visual·Auditory Information

배 명 진 *, 김 성 일**★

Myung-Jin Bae*, Sung-Ill Kim**★

Abstract

This paper has implemented a mutual conversion system that mutually converts between body motion signals and both visual and auditory signals. The present study is based on intentional synesthesia that can be perceived by learning. The Euler's angle was used in body movements as the output of a wearable armband(Myo). As a muscle sense, roll, pitch and yaw signals were used in this study. As visual and auditory signals, MIDI(Musical Instrument Digital Interface) signals and HSI(Hue, Saturation, Intensity) color model were used respectively. The method of mutual conversion between body motion signals and both visual and auditory signals made it easy to infer by applying one-to-one correspondence. Simulation results showed that input motion signals were compared with output simulation ones using ROS(Root Operation System) and Gazebo which is a 3D simulation tool, to enable the mutual conversion between body motion information and both visual and auditory information.

요 약

본 논문은 학습으로 공감각 현상을 지각할 수 있는 의도적인 공감각을 기반으로 신체의 움직임에서 시각과 청각 정보로의 변환 및 역변환 시스템을 구현하였다. 신체의 움직임은 웨어러블 암밴드인 Myo의 출력인 오일러 각을 사용하였고, 근감각 정보로서 롤(Roll), 피치(Pitch), 요(Yaw) 신호를 사용하였다. 또한, 시각과 청각 정보로서 미디(MIDI, Musical Instrument Digital Interface)신호와 HSI 컬러 모델을 사용하였다. 근감각 신호와 시·청각 신호 사이의 상호변환 방법은 일대일 대응 관계를 적용함으로써 직관적으로 쉽게 유추할 수 있도록 하였다. 시뮬레이션 결과에서 신체의 움직임 정보와 시·청각 정보의 상호변환이 가능함을 ROS(Root Operation System)와 3D 시뮬레이션 툴인 Gazebo를 사용하여 입력과 출력을 비교하였고 변환 오차가 작음을 확인하였다.

Key words : Visualization, Sonification, Mutual Conversion, Human Movements, ROS, MIDI, HSI

* Dept. of Convergence IT Engineering, Kyungnam University

** Dept. of Electronic Engineering, Kyungnam University

★ Corresponding author

E-mail: kimstar@kyungnam.ac.kr Tel: +82-55-249-2632

※ Acknowledgment

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF)funded by the Ministry of Education(2016R1D1A1B03932688)

Manuscript received Jun. 12, 2018; revised Jun. 14, 2018; Accepted Jun. 20, 2018

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.

I. 서론

인간이 인지하는 감각은 시각과 청각 외에 후각, 미각 및 촉각으로 다섯 가지 감각으로 이루어져 있다. 하지만 사람이 인지하는 감각 중 또 다른 중요한 감각으로 신체의 움직임을 감지하는 감각으로 제6의 감각이 있다. 이 감각은 근감각(Muscular Sense) 또는 고유감각(proprioception)으로 불리며, 근육의 길이, 관절의 위치 등에 대한 신체 내부의 감각으로 근육에 있는 근방추와 힘줄의 골지 힘줄 기관이 담당한다. 골지 힘줄 기관은 콜라겐 다발을 신경이 휘감고 있는 것으로 근섬유와 힘줄의 연결부에 위치한다[1]-[3]. 만약 근육과 뼈에 붙어있는 힘줄이 늘어나면 근섬유가 수축하고 늘어나게 되는데 이때 근방추에 연결되어 있는 1차 감각신경 말단도 늘어나 신경 신호를 발생한다. 이렇게 발생한 신호를 통해 근육의 길이가 얼마나 변하는지와 시간에 따른 변화율인 변화 속도를 알 수 있다. 2차 감각신경 말단은 몸의 틀어진 정도나 팔, 다리의 위치와 현재 방향을 알 수 있다. 현재까지 근감각은 공학 분야에서 많은 연구가 진행되지 않은 감각이다.

인간의 신체는 이러한 감각들을 동시다발적으로 수용할 수 있다. 감각의 동시다발적인 수용을 공감각(Synesthesia)이라 하고 공감각은 두 가지 이상의 감각이 상호작용하여 일어난다. 공감각을 통해 다른 감각을 느끼게 되면 한 가지 감각을 느낄 때 보다 더 많은 정보를 받아들일 수 있다. 최근 연구에 따르면 학습을 통해 공감각을 느낄 수 있다는 연구가 있다. 학습으로 공감각 현상을 만들어내는 것을 의도적인 공감각(Intentional Synesthesia)이라고 한다[4].

시각과 청각은 인간이 가장 많이 사용하는 감각 기관으로서 정보 대부분을 시각과 청각에 의존하여 살아간다. 이러한 점 때문에 정보의 시각화 분야는 꾸준히 발전해 나가고 있으며 최근 IT 분야의 키워드가 되고 있는 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 기술은 시각정보에 더욱 많은 정보를 담아 사람들에게 전달할 수 있게 되었다. 반면에 청각화의 경우 아직 시각화와 비교하면 정보를 담아서 전달하는 기능은 아직 발달하지 않았으며 여러 가지 시도들이 이루어지고 있다[5]-[7].

본 논문에서는 의도적인 공감각을 기반으로 신체의 움직임에서 시각과 청각 정보로의 변환 및 역변환 시스템을 구현한다. 변환 방법은 사람이 학습해 쉽게 사용할 수 있어야 함으로 일대일 대응 관계를 적용함으로써 쉽게 유추할 수 있도록 하였다. 변환의 확인은 ROS(Robot Operation System)를 이용하여 조작 물체를 생성하고, 조작 물체의 제어를 입력되는 미디(MIDI, Musical Instrument Digital Interface) 신호 또는 HSI(Hue, Saturation, Intensity) 컬러 모델 데이터를 롤(Roll), 피치(Pitch), 요(Yaw) 데이터로 변환하여 ROS 모델을 구독하고 있는 Gazebo 3D 모델에 전달한다. Gazebo는 ROS에서 전달된 모델 및 롤(Roll), 피치(Pitch), 요(Yaw) 데이터를 실시간으로 구독하여 모델의 회전 값으로 변환하여 보여 줌으로써 3D 실시간 시뮬레이션을 구현하였다.

의도적인 공감각을 이용한 시각화 및 청각화 연구가 활성화된다면 시각 또는 청각 장애인을 위한 편의 장비의 개발, 개인 트레이닝 및 전문가의 도움 없이 물리치료를 할 수 있는 장치, 공감각 기반 새로운 로봇 시스템 및 휴먼 컴퓨터 인터페이스 등 광범위하고 다양한 응용 시스템의 개발 분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

II. 관련 연구

공감각과 관련 연구는 공감각자의 비율이 높은 감각 기관인 시각과 청각에서 다양한 연구가 있었다. 색과 음의 공감각적 변환은 색청 공감각이라 하며 색과 음의 관계는 다음과 같은 관계가 있다. 가시광선 파장 대역인 380~780nm에서 나타나는 색 중에서 650nm(빨간색), 520nm(초록색), 433nm(파란색)의 파장 비율이 1 : 4/5 : 2/3로 나타나는 것과 가청 주파수 대역인 20Hz~20kHz에서 음계 도, 미, 솔의 파장 비율이 1 : 4/5 : 2/3로 가청 주파수 대역과 가시광선의 파장 대역 비율이 같다. 동일한 파장대역 비율을 갖는 현상을 기반으로 색의 3요소(색상, 명도, 채도)와 음의 3요소(음계, 옥타브, 음의 세기)를 비슷한 속성으로 분류하여 변환한다[8].

태어날 때부터 공감각자일 경우도 있지만, 외부의 요인으로 학습으로 공감각을 습득할 수 있다는 연구가 최근 발표되었다. 이 연구에서는

비 공감각자들을 대상으로 9주 동안 공감각 학습 훈련을 한 뒤 지능 검사와 공감각 검사를 시행한 결과, 공감각 학습 훈련을 하지 않은 그룹에 비해 훈련을 한 그룹이 지능지수(IQ) 평균이 약 12점 더 높게 나왔고, 공감각자와 비슷한 경험을 할 수 있다는 결과가 나왔다. 문자-색상 공감각자에 대한 연구 중 문자-색상 인지 패턴이 비슷한 그룹을 대상으로 연구를 진행한 결과, 공감각자들이 어렸을 때 가지고 놀던 글자 장난감과 관련이 있다는 사실을 발견하였다. 글자 장난감은 영어 알파벳 모양의 블록으로 알파벳마다 특정한 색이 있는 장난감이다. 실험에 참여한 공감각자들은 비슷한 글자-색상 패턴을 나타내었고, 이 패턴이 어릴 때 가지고 놀던 글자 장난감과 대부분 일치했다. 같은 장난감을 사용한 공감각자들의 문자-색상 공감각 패턴이 유사하다는 연구결과는 자연스럽게 진행된 공감각 학습을 통해 공감각 능력이 발달했다고 볼 수 있다. 이와 같은 연구를 통해 공감각은 의도적으로 만들어낸 변환 방법을 학습한다면 타고난 공감각자가 아니더라도 공감각 전이 현상을 느낄 것이다[9][10]. 본 연구에서는 이와 같은 연구 결과를 응용하여 시스템을 구성하였다.

선행연구[11]에서 제안한 변환방법으로 움직임 데이터인 롤(Roll), 피치(Pitch), 요(Yaw)는 각각 롤(-180°~180°), 피치(-90°~90°), 요(0°~360°)와 같은 범위로 나타낼 수 있다. 이러한 범위 값을 0~127까지 7bit로 변환하여 음과 색의 정보로 각각 일대일 대응하는 방법으로 변환을 하였다. 롤은 MIDI의 팬포트(Pan-pot)와 색의 채도와 연결하였고, 피치는 색상과 미디 넘버와 연결하였다. 마지막으로 요는 채도와 미디의 소리 세기와 색의 채도와 연결하였다. 이렇게 일대일 대응한 정보를 알고 있으면 색상과 음의 변화를 통해 움직임을 유추할 수 있다. 사람에 따라서 변화 정도를 인식하는 범위는 다르겠지만 어떠한 요소가 변화되었는지 학습을 통해 익숙해진다면 쉽고 빠르게 변환정보를 인식할 수 있을 것이다.

III. 제안하는 변환 시스템

움직임 정보가 시·청각 정보로 변환되었다가 다시 움직임 정보로 변환되는 과정을 분석하기 위해

ROS와 Gazebo를 이용해 시뮬레이션 환경을 구성하였다.

ROS는 로봇 제어를 위한 플랫폼으로써, 다양한 응용을 위한 라이브러리를 제공하고, 로봇 디바이스의 추상화 기술을 적용한 대표적인 플랫폼이다.

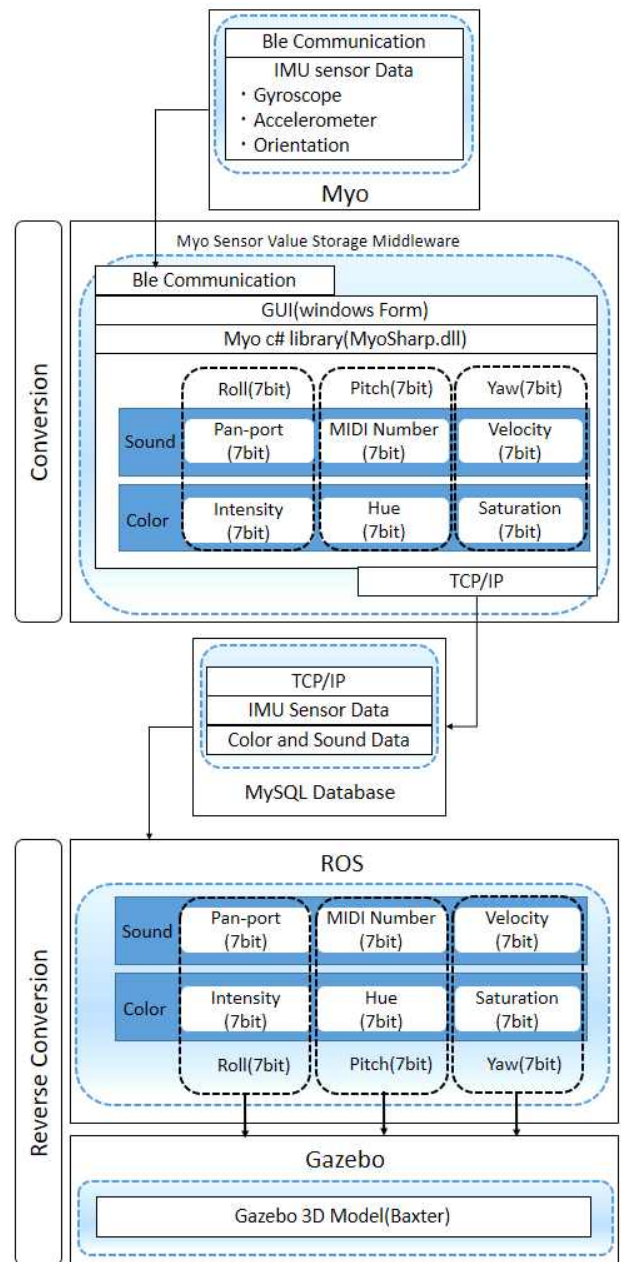


Fig. 1. System configuration.

그림 1. 시스템 구성도

ROS 플랫폼은 추상화된 모듈을 기반으로 로봇을 제어에 요구되는 개발 환경 및 실행 환경을 제공하고 있다. 다양한 로봇을 제어하기 위해서는 ROS 패키지를 개발하여 각종 센서에서 수집한

정보를 기반으로 로봇의 행동을 제어하는 곳에도 적용이 가능하다.

Gazebo는 ODE, Bullet 등의 물리 엔진을 포함하며 OGRE를 이용하는 실시간 동역학 3D 시뮬레이션이다[12]-[15].

그림 1은 전체 시스템의 구성도이다. 시스템의 첫 동작은 Myo Armband를 통해 실시간으로 움직임 정보를 블루투스로 윈도우에 설치되어 있는 미들웨어 프로그램으로 전송한다. 미들웨어 프로그램은 C#으로 프로그래밍 하였으며 블루투스로 전송된 데이터를 수신해 롤, 피치, 요의 값을 범위를 7bit(0~127)로 변경한 후 HSI 컬러모델과 미디 넘버로 각각 일대일 대응 변환하여 MySQL 데이터베이스에 저장하는 역할을 하는 프로그램이다. 미들웨어 프로그램을 통해 저장된 정보 중 HSI 컬러모델과 미디 넘버는 ROS에서 데이터베이스를 실시간으로 조회하여 변경된 데이터가 있으면 데이터를 가져와 변환했던 방식의 역으로 미디 넘버 또는 컬러 데이터를 롤, 피치, 요 값으로 변환한다. 이렇게 변환된 데이터를 시뮬레이션 프로그램인 Gazebo의 3D 모델인 Baxter로 전송하여 실시간 움직임을 확인한다.

IV. 실험 및 분석

실험 방법은 Myo Armband를 오른팔에 착용하고 그림 3과 같은 형태로 움직였을 때 Gazebo에서 3D 모델인 Baxter 로봇의 팔이 같은 형태로 출력되는지 확인하고 실제 입력 값과 출력 값을 서로 비교한다.

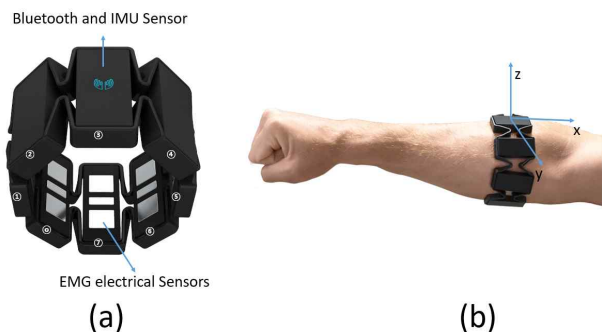


Fig. 2. Myo Armband, (a) Schematic description (b) Direction description of IMU Sensor.

그림 2. Myo 암밴드, (a) 구조 설명 (b) IMU 센서 방향

그림 2(a)는 움직임을 측정하는 Myo Armband이다. 웨어러블 디바이스로 팔에 착용하여 9축 IMU 정보 및 8개의 EMG 데이터를 블루투스로 실시간 전송받을 수 있다. 본 논문에서는 9축 IMU를 이용해 오일러 각으로 변환된 값을 이용한다. 그림 2(b)는 팔에 착용한 모습으로 센서의 방향과 위치를 나타낸다.

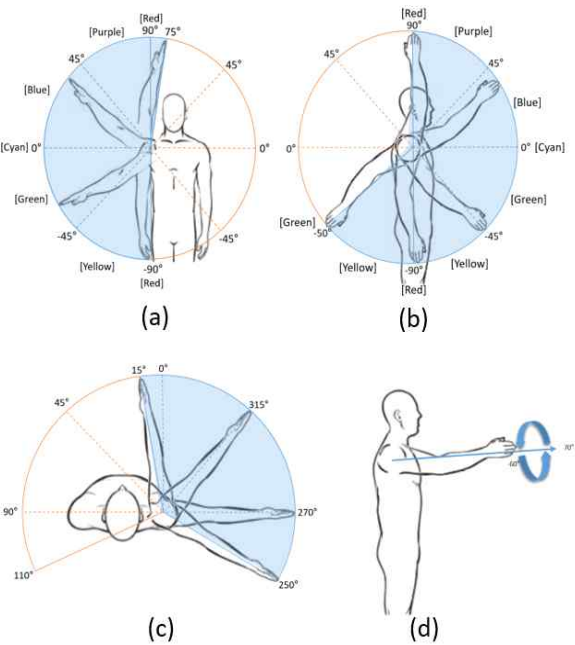


Fig. 3. Right Arm movements range, (a) Coronal plane (b) Sagittal plane (c).Horizontal plane (d) Rotation.

그림 3. 오른팔의 움직임 범위, (a) 전후면 (b) 좌우면 (c) 수평면 (d) 돌림



Fig. 4. Baxter Joint Names.

그림 4. 박스터 관절

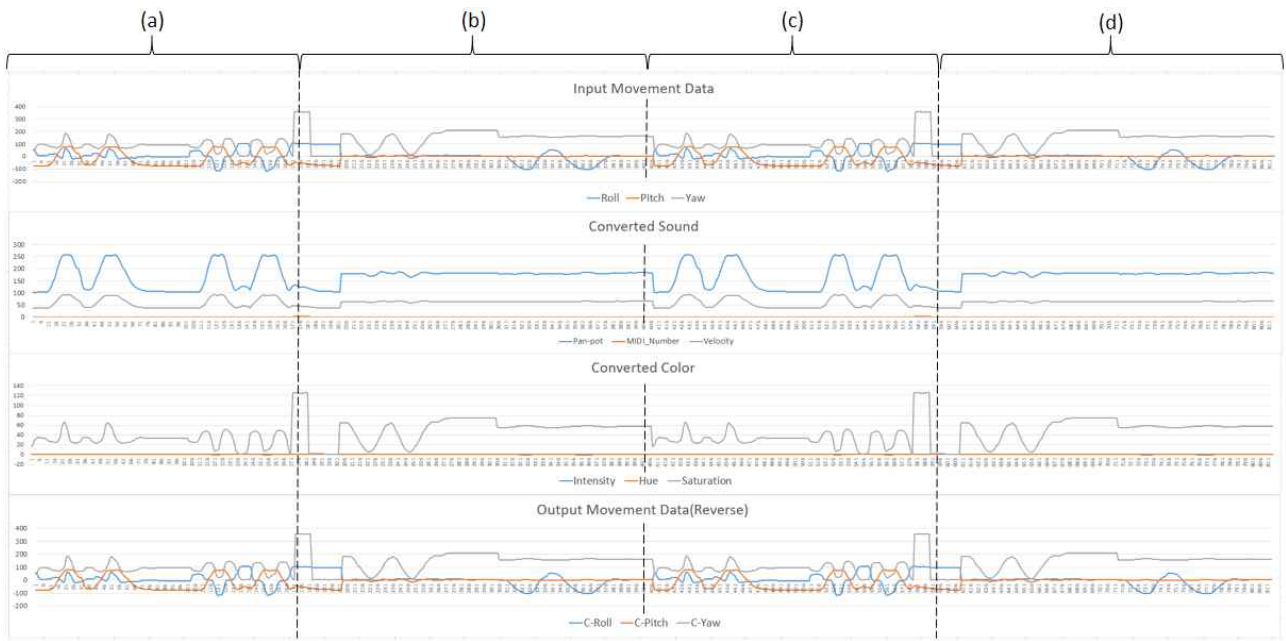


Fig. 6. Roll, Pitch, Yaw Input and Output Graph.

그림 6. 롤, 피치, 요 입력과 출력 그래프

그림 3은 실험에서 움직일 오른팔의 움직임과 범위를 나타내며 그림 3(a)는 팔을 아래서 위로 우측으로 들어 올리는 동작이다. 그림 3(b)는 그림 3(a)와 같은 상태에서 팔을 전면과 후면으로 들었다가 내리는 형태다. 그림 3(c)는 팔을 앞으로 올린 상태에서 좌우로 움직이는 동작이다. 마지막으로 그림 3(d)는 팔을 앞으로 올린 상태에서 팔목만 좌우로 돌리는 움직임이다.

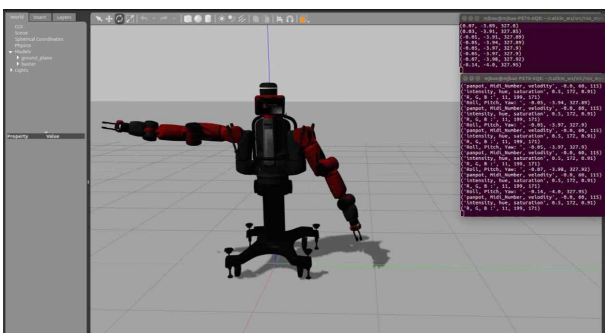


Fig. 5. Gazebo Simulation.

그림 5. Gazebo 시뮬레이션

Baxter의 관절은 그림 4와 같이 총 7개로 이루어져 있다. 그중 S0는 수평면 움직임을 조절하기 위한 관절이고, S1은 전후면 또는 좌우면의 움직임을 조절하기 위한 관절로 되어 있다. S1의 움직임은 아래쪽으로 움직일 때 기구적 간섭이 있으므로 E0 관절을 사용하여 움직임을 늘렸다.

관절을 돌리는 부분은 W0이다. 이번 실험에서는 S0는 롤, S1은 피치, W0는 요 각도로 움직이며 S1의 경우 기구적 간섭으로 움직이지 못하는 부분은 E0와 함께 움직인다.

그림 5는 Gazebo 시뮬레이션을 실행하면 출력되는 화면이다. Baxter 3D 모델이 가운데 출력되며 오른쪽 위에는 최종적으로 변환된 롤, 피치, 요 값이 출력되고, 오른쪽 아래에는 입력으로 들어오는 색과 음의 각각 3요소값이 출력된다. Myo Armband를 착용하고 있는 손을 움직이면 실시간으로 Baxter의 오른쪽 팔도 같은 움직임을 한다.

그림 6은 입력되는 롤, 피치, 요 값과 변환과정을 거쳐서 출력되는 색과 음의 데이터 출력과 역변환되어 Gazebo에서 출력되는 롤, 피치, 요 값을 그래프로 나타내었다. 입력과 출력 값의 범위는 롤(-180°~180°), 피치(-90°~90°), 요(0°~360°)이다. 색 출력의 세 가지 값의 범위는 컬러(Hue: 0~360), 채도(Saturation: 0~1), 명도(Intensity: 0~1)이고, 음 출력의 세 가지 값의 범위는 팬포트(Pan-pot: -1~1), 미디 넘버(MIDI Number: 0~127), 음의 세기(Velocity: 0~1)이다[11]. 그래프의 처음부터 그림 4의 순서대로 움직임을 두 번씩 차례대로 움직였다. 입력 값과 출력 값의 차이가 양자화 오차로 인해 최대 3% 이상 나지 않으므로 입력과 출력의 차이를 육안으로 구분하기 힘들다.

그림 6(c)와 (d)의 값 중 최대와 최소값이 급변하는 것은 요 값으로 0°에서 360° 사이의 움직임이 나타난 것이다.

V. 결론

본 논문은 신체의 움직임을 시각과 청각정보로 상호 변환하는 시스템을 ROS와 Gazebo를 이용해 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 신체의 움직임 정보인 Myo의 자세 정보를 시각과 청각정보로 변환하였다가 다시 역 변환한 결과를 3D 모델인 Baxter로 확인하였고, 입력과 출력 값을 그래프로 나타내어 비교하였다. 비교 결과, 상호변환에서 데이터가 크게 변하거나 오차가 크게 나타나는 문제는 없었다. 실험에서 최대 3% 정도의 오차가 출력되는 것을 확인하였다. 3%의 오차는 MIDI 넘버에서 음계가 3~4개 사이의 차이가 날 가능성이 있다. 실험 결과로 볼 때 상호변환을 해서 나타나는 오차로 인해 사람이 인지해서 유추하는 움직임에 영향을 주지 않을 것이다.

향후 연구과제로서, 신체의 움직임 정보에서 색과 음의 기본 요소로의 시·청각화로부터 나아가 영상의 3요소인 컬러(Color), 질감(Texture), 형태(Shape)와 음악의 3요소인 리듬(Rhythm), 멜로디(Melody), 하모니(Harmony)의 각 속성의 연관성을 기반으로 하는 시·청각화 정보로 상호 변환하는 방법을 연구할 예정이다.

References

[1] K. Jun. "Synesthetic Expression of Sounds and Colors," Master's Thesis of Ewha Womans University, 2004.
 [2] Y. Kim, "A Study on the Factors That Create Synesthesia," Doctor's Thesis of Hong-Ik University, 2005.
 [3] M. Bae, S. Kim, "Implementation of Muscular Sense into both Color and Sound Conversion System based on Wearable Device," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 3, pp.642-649, 2016.DOI: 10.9717/kmms.2016.19.3.642

[4] Suslick, S Kenneth. "Synesthesia in science and technology: more than making the unseen visible," *Current opinion in chemical biology* Vol. 16, No. 5, pp. 557-563, 2012.DOI:10.1016/j.cbpa.2012.10.030
 [5] J. Jang, "The Study on Visual Language for Visualizing Taste," Master's Thesis of Yonsei University, 2017.
 [6] S. Cho, "Developing Digital Contents Using Multimedia Tehnology", *Digital Contents Society*, Vol. 1, No. 1, pp. 103-110, 2000.
 [7] J. Baek, "Media Art Musical Sonification based on Cityscope," Master's Thesis of Chung-Ang University, 2015.
 [8] S. Kim, "Conversion of Image into Sound Based on HSI Histogram," *The Journal of the Acoustical Society of Korea*, Vol. 30, No. 3, pp. 142-148, 2011.DOI:10.7776/ASK.2011.30.3.142
 [9] D. Bor, N. Rothen, D. Schwartzman, S. Clayton, A. Seth, "Adults Can Be Trained to Acquire Synesthetic Experiences," *Scientific Reports* 4, No. 7089, 2014.DOI:10.1038/srep07089
 [10] Witthoft, Nathan, and Jonathan Winawer. "Learning, memory, and synesthesia." *Psychological science*, Vol. 24, No. 3, pp. 258-265, 2013.DOI:10.1177/0956797612452573
 [11] M. Bae, S. Kim, "Implementation of the Visualization and Sonification System of Human Movements based on Intentional Synesthesia," *Journal of Korean institute of intelligent systems*, Vol. 28, No. 1, pp. 83-90, 2018.DOI:10.5391/JKIIS.2018.28.1.83
 [12] J. Messias, R. Ventura, P. Lima, and J. Sequeira, "ROS in the MONarCH Project: A Case Study in Networked Robot Systems," *Robot Operating System (ROS) Springer International Publishing*, pp.375-395, 2016.DOI:10.1007/978-3-319-26054-9_14
 [13] K. Nathan and A. Howard, "Design and use paradigms for gazebo, an open-source multi-robot simulator," *Proc. Intelligent Robots and Systems*, vol3, 2004.DOI:10.1109/IROS.2004.1389727

[14] I. Zamora, N. G. Lopez, V. M. Vilches, and A. H. Cordero, "Extending the OpenAI Gym for robotics: a toolkit for reinforcement learning using ROS and Gazebo," *arXiv:1608.05742v2 [cs.RO]*, Feb. 2017.

[15] T. Kenta, A. Toshinori et al. "Simulation Environment for Mobile Robots Testing Using ROS Gazebo," *System Theory, Control and Computing(ICSTTCC) IEEE*, pp.96-101, 2016.DOI:10.1109/ICSTTCC.2016.7790647

BIOGRAPHY

Myung-Jin Bae (Member)



2013 : BS degree in
Electronic Engineering,
Kyungnam University.

2016 : MS degree in
Conversions IT
Engineering, Kyungnam
University.

2016~ : PhD course in Conversions IT
Engineering, Kyungnam University.

Sung-Ill Kim (Member)



1994 : BS degree in
Electronic Engineering,
Yeungnam University,
Korea

1997 : MS degree in
Electronic Engineering,
Yeungnam, Korea

2000 : PhD degree in Computer Science &
Systems Engineering, Miyazaki University,
Japan

2000~2001 : Research Engineer, National
Institute for Longevity Sciences, Japan

2001~2003 : Research Engineer, Center of
Speech Technology, Tsinghua University,
China

2003~ : Professor, Electronic Engineering,
Kyungnam University, Korea