

◆ 특집 ◆ 신경모방 소자 및 감각 도우미 시스템

복합 감각형 시각 및 청각도우미 기술

Eyesight and Hearing Assistant Technique using Multiple Sensory Display

박연규^{1,✉}, 최인묵¹, 김희국², 강대임¹
Yon-Kyu Park^{1,✉}, In-Mook Choi¹, Whee-Kuk Kim² and Dae-Im Kang¹

¹ 한국표준과학연구원 기술표준본부 (Division of Physical Metrology, Korea Research Institute of Standards and Science)

² 고려대학교 제어계측공학과 (Department of Control & Instrumentation Engineering, Korea Univ.)

✉ Corresponding author: ykpark@kriss.re.kr, Tel: 042-868-5240

Key Words: Ear-helper (청각도우미), Eye-helper (시각도우미), Sensory Assistant (감각 보조), Sensory Fusion (감각 융합), Emotion Display (감성 제시), Tactile Display (촉각 제시), Sound Visualization (음장 가시화), Recognition (사물 인식)

1. 서론

복지사회로 발전함에 따라, 장애우나 노약자 같은 소외계층을 위한 사회적 시스템에 대한 요구가 증대하고 있으며, 이를 기술적으로 뒷받침하기 위한 연구개발이 이루어지고 있다.

장애인 보조와 관련된 다수의 기술 개발은 주로 운동 장애인의 부족한 능력을 보완해 주는 방향으로 이루어졌다. 휠체어나 팔다리 보조 기구 등이 그것이다.

운동 장애우가 아닌 시각 장애우나 청각 장애우 같은 감각 장애우를 위한 기술 개발도 시도되었다. 이의 원시적인 형태는 안경이나 보청기라 할 수 있다. 보청기 같은 경우 제품 자체의 고성능화 및 다양한 부가 기능을 추가하는 연구가 이루어지고 있다. 그러나, 청각기능을 전실한 장애우에게는 적용이 불가능할 뿐 아니라, 소리가 갖는 다양한 감성 정보는 주지 못한다는 단점을 갖는다.

시각 장애우의 자유로운 이동을 위한 길안내 시스템이 서울 노원구청을 주도로 개발되어 성능 시험을 마친 바 있다.¹ 이 시스템은 GPS를 이용하여 장애우의 위치를 파악하고 미리 녹음된 보이스 레코더를 활용한 프로그램을 스마트폰에 설치해서 작동시키는 방식으로 일종의 네비게이션 시스템이

다.

그러나, 음성 길 안내 시스템은 GPS가 작동하는 실외에서만 작동하기 때문에 지하철, 쇼핑몰 등과 같은 실내 환경에서는 활용할 수 없다. 또한, 미리 입력된 정보를 바탕으로 동작하기 때문에, 돌발상황에 대응하지 못한다는 문제점을 갖는다.

이와 같은 문제점을 해결하고, 장애우를 위한 감각 보조라는 사회의 요구에 대응하고자 본 연구팀에서는 복합 감각 기능을 갖는 시각 장애우 도우미와 청각 장애우 도우미를 개발하는 연구를 시작하였다. 본 논문에서는 감각 도우미와 관련된 연구 동향을 소개하고 본 연구팀에서 개발하고자 하는 기술 내용을 서술하고자 한다.

2. 햅틱을 이용한 감각보조 연구동향

햅틱(haptic) 분야에 있어 피부 접촉을 통한 촉감재현에 관한 연구는 매우 활발하게 진행되어 왔으며 일부 기술은 상용화되는 단계에 이르러 실제로 상당한 규모의 부가가치 창출을 하고 있다. 일반적으로 사람의 피부는 기계적 자극, 전기적 자극, 열적자극을 감지할 수 있으며 특히, 압력(누르거나 당기는 경우), 진동, 온도(열의 흐름), 전압과 전류에 민감하게 반응한다. 따라서, 현재까지 개발

된 촉각 제시(tactile display) 형태는 압력(역감), 열감,^{2,4} slip(shear),^{2,5,6} 피부에 대한 전기자극(electron), 피부에 대한 진동(vibro-tactile display) 등에 치중되고 있으며 이들 시스템들의 촉각 재현 방식, 활용되는 구동기의 형태 또는 특징은 아래와 같이 요약된다.

- Piezoelectric actuator (stack, strip, ultrasonic type)
- Voice coil actuator 또는 solenoid (electro-magnet)
- Shape Memory Alloy (SMA)
- Pneumatic actuator
- Electro-Rheological(ER) fluid (전기유동 유체)
- Electro-active polymer (EAP)
- Magneto-Rheological(MR) fluid(자기유동 유체)
- Thermoelectric(Peltier) module (열감소자)
- Electrodes (electrostatic or electrocutaneous tactile display) 활용 등.

그리고 현재까지 개발된 다양한 국내외 촉각 재현 기기 및 상용제품들의 구동방식은 피부의 감지능력에 따라 설정된 pin-array 형의 촉각 제시 햅틱기기에 요구되는 사양(예를 들면, 50 Hz 의 bandwidth, 1 mm 당 한 개 이상의 구동기, 최대압력 50 N/cm², pin 의 이동 길이는 4 mm 등)을 충족시키기 위한 과정의 산물들이다.

햅틱 분야의 촉각 제시 시스템의 운동은 크게 운동은 접촉표면과의 수직방향 운동방식(주로 pin-array 를 활용)과 수평방향 운동방식(shear display 재현)인^{2,5,6} 두 가지의 형태로 구분된다. 이러한 촉각 재현 시스템의 운동은 주로 물체의 질감과 표면거칠기에 중점을 두고 있으므로(일부 물체의 형상 감촉을 제시하는 경우를 제외한다면) 운동크기가 미소 크기를 가지는 특징으로 나타나고 있다.

그러나, 피부의 경우 V.G. Chouvardas⁵ 등이 요약한 바와 같이 stroking, fluttering, pressure, texture, vibration, skin scratch 와 같은 다양한 형태(sense modality)의 자극을 감지할 수 있으므로 넓은 부위의 피부에 다양한 형태의 자극을 제공할 수 있는 기능을 가지는 햅틱 장치의 개발은 촉각 제시의 활용범위를 확장할 수 있을 것이다.

실제로, 햅틱 촉각 제시 기술을 전신의 피부 감각을 활용하고자 하는 노력의 일환으로서 다수의 vibrotactile actuator 를 신체의 적절한 위치에 부착하고 다양한 형태의 기계적 신호(kinesthetic 및 진동신호 또는 아이콘 활용)를 제공하여 가상현실

정보, 실제 주변환경 정보 또는 사람에 대한 과중한 입력 정보의 분산목적, 시각 또는 청각 정보의 보완 또는 대체 기능을 가지는 분산형 또는 wearable tactile display 시스템에 관한 다양한 연구가 진행되어 왔다.⁷⁻¹¹

Pin-array 방식의 촉각 제시 기기들은 시각 장애인들을 위한 Braille display 기기로서의 응용이 쉽게 가능하다. 마찬가지로, 일부 청각 장애인들에게도 pin-array 방식의 촉각 제시 기기들을 통하여 일반 speech 정보를 촉각 아이콘(또는 tactons: rhythm 을 활용한 tactile pattern)의 형태로 변환하여 제공하기 위한 노력이 있어 왔다.^{12,13} 그러나, 이러한 기기들은 감지하지 못하는 단순한 시각 정보를 제공하는 단계로 소리 또는 음악세계의 다양하고 심오한 청감을 전달하기에는 매우 미흡한 상황이다. 특히, 청각 장애인들에게 음악세계에 대한 느낌(감)을 제공하기 위한 노력으로 촉감으로만 표현되는 작곡(tactile composer)과 같은 연구가 시도되고 있으나 주로 다수의 vibro-tactile actuators 만을 활용하여 신체의 특정한 부분에 제공하는 구조로서 피부의 모든 자극 감지 기능을 활용하지 못하고 있어 많은 개선의 여지가 있다 하겠다.

Table 1 Comparison of tactile application for music

Organization	Research Topic	Application
McGill University	Tactile representation of digital sound source ^{15,16}	Basic research
MIT Media Lab	Development of tactual composer ¹⁷	Development of tactile device to represent rhythm
Univ. of British Columbia	Basic haptic icon representing rhythm ¹⁸	Information transfer of musical rhythm

이상과 같이 국외에서는 햅틱 분야의 촉각 기술을 다른 감각과의 연계 또는 다른 감각을 대체하기 위한 다양한 연구가 진행되어 오고 있다. 이와 더불어, 청각 장애인들의 음악 인지에 대한 원천 연구 및 청각 장애우의 음악에 대한 인지를 높이기 위한 연구가 꾸준히 수행되어 오고 있으며,¹⁴ 촉감을 음악에 적용(또는 활용)하려는 연구 역시 진행되어 왔다.¹⁵⁻¹⁸ Table 1 은 이와 관련된 주요 연구내용 및 활용현황을 나타내며, Fig. 1 은

Marshall¹⁵ 등에 의해 구현된 가진기를 나타낸다.

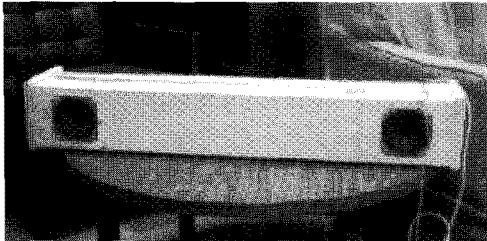


Fig. 1 Vibrator for digital music instrument

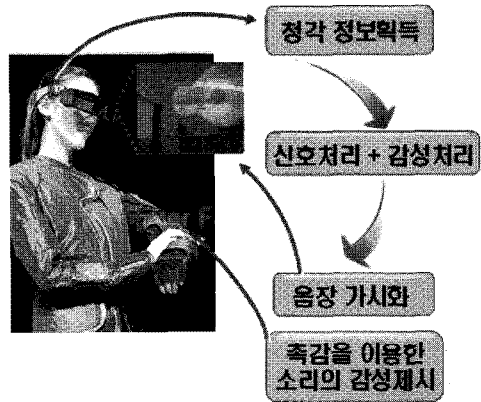


Fig. 2 Concept of ear-helper

3. 감각도우미 연구 내용

제 2 장에서 기술한 바와 같이 다양한 형태의 햅틱 디스플레이 장치에 대한 연구가 있었으며, 이를 활용한 응용연구들이 있어왔다. 그러나, 햅틱 디스플레이를 활용한 감각 도우미에 대한 기술 개발은 전무하다시피 할 정도로 미미한 수준이다. 따라서, 이에 대한 필요성에 따라 교육과학기술부 신기술 융합형 성장동력사업의 일환으로 감각도우미를 개발하는 연구가 시작되었다.

본 장에서는 시각과 청각 장애우를 대상으로 한 감각도우미 기술 개발과 관련된 연구 내용을 기술하고자 한다.

3.1 청각 도우미

본 연구팀에서 개발하고자 하는 청각 도우미 (이어헬퍼, ear-helper)의 개념을 Fig. 2 에 나타내었다. 이어헬퍼는 청각 장애우에게 시각과 촉각정보를 제공함으로써 장애우를 도와주는 시스템이다.

이어헬퍼는 장애우 대신 소리 정보를 취득한다. 이 때, 다수의 마이크로폰을 사용하여 소리가 발생하는 방향과 크기에 대한 정보를 취득한다. 마이크로폰은 MEMS 공정을 통해 제작되는 초소형 크기를 가지게 되며, 장애우가 착용하는 안경에 배열된다. 안경에 장착된 마이크로폰 어레이로부터 취득된 신호는 시스템의 신호처리 회로에서 시각화 정보로 변환된 후, 소리가 발생하는 위치와 소리의 크기가 안경에 내장된 디스플레이를 통해 표시된다. 소리정보의 시각화를 위해 음장가시화 기법과 음원 포커스 기법 등이 사용된다.

소리는 많은 감성적인 요인들을 포함한다. 음악을 들으면 아름답다고 느끼고 교통소음을 들으면 시끄럽다고 느낀다. 이와 같은 소리의 감성을

촉각 제시를 통해 보조하는 기능 역시 구현하고자 한다. 감성의 제시는 장애우의 손목 부착 형태의 소형 햅틱 디스플레이 장치를 통해 구현된다. 이어헬퍼의 마이크로폰에서 측정된 소리 신호는 시스템의 감성처리 시스템을 통해 소리 감성 정보로 변환된 후 다시 각각의 감성에 해당하는 촉각 제시 정보로 바뀌어 햅틱 디스플레이로 전달된다.

이어헬퍼를 통해 청각 장애우에게 소리의 위치/크기와 같은 물리적인 정보 외에 소리의 감성 정보까지 제시함으로써 그 동안 불가능하였던 소리의 감성 정보를 보조할 수 있는 시스템을 구현할 수 있다. 이어헬퍼 구현을 위한 핵심 기술들은 다음과 같다.

- 이어헬퍼 플랫폼 기술
- 센서/제시기 입출력 기술
- 청각-촉각 감성 분석 기술
- 초소형 마이크로폰 기술
- 실시간 음장가시화 기술
- 촉각 제시기술
- 휴대용 소형 디스플레이 기술
- 센서 및 제시장치 융합기술

3.2 시각 도우미

본 연구팀에서 개발하고자 하는 시각 도우미 (아이헬퍼, eye-helper)의 개념을 Fig. 3 에 나타내었다. 아이헬퍼는 시각 장애우에게 청각과 촉각정보를 제공함으로써 장애우를 도와주는 시스템이다.

아이헬퍼는 시각 장애우에게 부족한 감각인 시각정보를 기본적으로 취득하여 이를 청각과 촉각 정보로 변환하여 시각 장애우에게 제공하는 시스

템이다. 이 때, 아이헬퍼는 시각 정보뿐 아니라 청각 및 촉각 정보를 동시에 취득하여 장애우에게 제공할 정보를 처리하고 판단하는 자료로 활용한다.

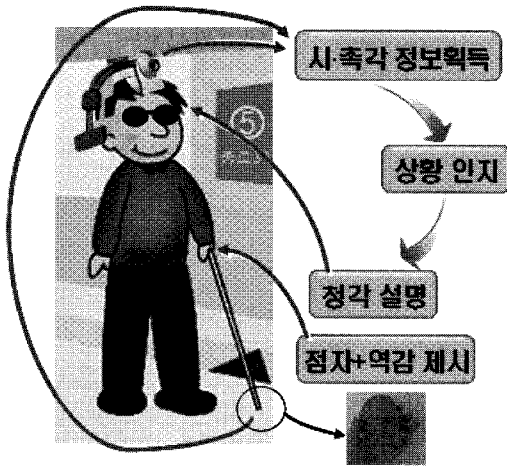


Fig. 3 Concept of eye-helper

아이헬퍼는 시각, 청각, 촉각 정보를 받아 시스템 내의 상황인지 회로를 통해 장애우가 처해진 상황에 대한 인지를 하여 장애우의 진행 방향에 대한 정보 또는 현재 상황에 대한 정보를 알려준다. 예를 들어 장애우가 횡단보도를 건너고자 할 때, 교통 상황을 파악하여 “정지” 또는 “전진” 등과 같은 진행과 관련된 정보를 알려주는 것이다. 또 다른 예로서, 쇼핑몰 내에서 화장실을 찾아가는 안내를 들 수 있다. 아이헬퍼가 화장실 아이콘을 인식하여 장애우에게 화장실에 도달하기까지 지속적인 정보를 알려주는 것이다.

정보의 제공은 아이헬퍼에 내장된 음성안내시스템을 이용한다. 그러나, 음성 안내만을 이용할 경우 시끄러운 환경에서는 안내의 효율이 떨어질 수 있으므로, 촉각 제시를 이용한 점자 및 방향 안내를 동시에 제공하고자 한다. 복합 감각을 동시에 제공함으로써 시각 장애우 보조 시스템의 완성도를 높일 수 있을 것이다.

아이헬퍼에 사용되는 시각센서는 시야각이 넓을수록 유리하다. 본 연구에서는 이를 위하여 전방위 감지형 시각센서를 활용하고자 한다. 시각센서의 개발은 본 사업의 일환으로 역시 시작 단계에 있다.

아이헬퍼 구현을 위한 핵심 기술들은 다음과 같다.

- 아이헬퍼 플랫폼 기술
- 센서/제시기 입출력 기술
- 전방위 시야각 시각센서 기술
- 고 내구성 촉각센서 기술
- 실시간 상황 인지 기술
- 촉각 제시기술
- 센서 및 제시장치 융합기술

4. 결론

3 장에서는 본 연구팀에서 개발하고자 하는 감각도우미에 대하여 기술하였다. 이 연구는 보청기와 같은 단순 감각의 보조에서 타 감각을 이용한 감각 변환의 개념을 도입한 새로운 개념의 감각보조 기술이다. 이와 관련된 연구는 현재 시작 단계에 있으나, 본 연구가 성공적으로 이루어진다면 다음과 같은 파급효과가 있을 것이다.

- 시각-촉각의 융합, 청각-촉각의 융합을 통해 복합 감각을 제공함으로써 감각 보조의 효율성을 높임.
- 단순 정보뿐 아니라 감각에 대한 감성을 같이 제공함으로써 종합적인 감각 보조가 가능하게 함.
- 감각보조장치를 구현하기 위해 사용되는 음장가시화 및 사물인식기술의 정밀도를 높임으로써 고정밀의 측정 및 탐지기술로 활용할 수 있음.
- 복합 감각 제시기술은 실감게임, 가상환경 구축 등의 차세대 멀티미디어 기술에 적극 활용될 수 있음.

후 기

본 논문은 교육과학기술부 신기술융합형 성장동력사업 중 “복합 감각형 시각 및 청각 보조시스템 개발”의 지원으로 진행중이다.

참고문헌

1. Nowon-Gu Office, <http://www.nowon.kr>
2. Ki-Uk Kyung's Home, <http://kyungku.net>
3. Yang, G. H. and Kwon, D. S., “KAT II: tactile display mouse for providing tactile and thermal feedback,” *Advanced Robotics*, Vol. 22, No. 8, pp. 851-865,

- 2008.
4. Kim, K., Colgate, J. E. and Peshkin, M. A., "On the design of a thermal display for upper extremity prosthetics," Symp. on Haptic Interfaces for Virtual Environments and Teleoperator Systems, pp. 413-419, 2008.
 5. Chouvardas, V. G., Miliou, A. N. and Hatalis, M. K., "Tactile Displays: a short overview and recent developments," Proc. IEEE Conf. on Technology and Automation, 2005.
 6. Drawing, K., Fritschi, M., Zopf, R., Drnst, M. O. and Buss, M., "First Evaluation of a Novel Tactile display exerting shear force via lateral displacement," ACM Trans. on Applied Perceptions, Vol. 2. No. 2, pp. 1-14, 2005.
 7. Jones, L. A., Nakamura, M. and Lockver, B., "Development of a tactile vest," Proc. of the 12th Int'l Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, pp. 82-89, 2004.
 8. Lindeman, R. W., Yanagida, Y., Noma, H. and Hosaka, K., "Wearable vibrotactile systems for virtual contact and information display," Virtual Reality, pp. 203-213, 2006.
 9. Ryu, D., Moon, K. W., Kang, S., Kim, M. and Song, J. B., "Development of wearable haptic system for tangible studio to experience a virtual heritage alive," Proc. of the 2006 IEEE/RSJ Int'l conf. on Intelligence Robots and Systems, pp. 466-471, 2006.
 10. Reed, C. M. and Delhorne, L. A., "The reception of environmental sounds through wearable tactual aids," Journal of Ear and Hearing, Vol. 24, No. 6, pp. 528-538, 2003.
 11. Koo, I., Jung, K., Koo, J., Nam, J., Lee, Y. and Choi, H. R., "Wearable tactile display based on soft actuator," Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 2220-2225, 2006.
 12. Wada, C., Shoji, H. and Ifukube, T., "Development and evaluation of a tactile display for a tactile vocoder," Technology and Disability, Vol. 11, pp. 151-159, 1999.
 13. Mathew, D., "vSmileys: Imaging Emotions through Vibration Patterns," Alternative Access: Feelings & Games, 2005.
 14. 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," Proc. of the 27th Int'l Conf. on Human Factors in Computing Systems, pp. 337-346, 2009.
 15. Marshall, M. T. and Wanderley, M. M., "Vibrotactile feedback in digital musical instruments," Proc. of the Int'l Conf. on New Interfaces for Musical Expression, pp. 226-229, 2006.
 16. Bimbaum, D. and Wanderley, M., "A systematic approach to musical vibrotactile feedback," Proc. of the Int'l Computer Music Conference, 2007.
 17. Gunther, E., Davenport, G. and O'Modhrain, S., "Cutaneous Grooves: Composing for the sense of Touch," Proc. of Conf. on New Instruments for Musical Expression, pp. 1-6, 2002.
 18. Kheddar, A., Drif, A. and Le Mercier, B., "A multi-level haptic rendering concept," Proc. of EuroHaptics, pp. 147-154, 2004.