



# 신경신호 모사를 통한 인공 감각 시스템 개발

An Artificial Neural Tactile Sensing System

연구책임자 박성준      소속학과 바이오및뇌공학과      홈페이지 http://bnilab.com

보다 현실감 있는 인공 감각을 제공할 수 있는 시스템의 개발은 가상/증강 현실을 통한 메타버스 구현, 화상 환자를 위한 인공피부 제공, 로봇형 의수 제작 등을 위해 반드시 이루어져야 할 목표이다. 본 연구에서는 복합적인 감각을 생성할 수 있는 압전 및 압전 저항성 재료 기반의 유연 전자 피부, 그리고 실제 체내에서 추출한 신경의 감각에 대한 반응 신호 패턴을 기반으로 한 신호 변환 시스템을 개발한 후, 이 두 가지 요소를 결합하여 인간의 촉각 인식 프로세스를 모방한 인공 감각 인터페이스 시스템을 구현하였다. 해당 시스템은 생체 내 환경에서 신호 왜곡 없이 작동하였을 뿐만 아니라, 딥 러닝 기법과 함께 사용되어 높은 정확도의 질감 인식 및 분류 능력을 보여주었다. 해당 연구는 향후 더욱 현실적인 촉각 구현이 필요한 다양한 의료적, 사회적 분야에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, 타 감각기관과의 결합을 통한 장애극복 및 감각재활 분야의 발전에 크게 기여할 것으로 기대된다.

## 1. 연구배경

보다 현실감 있는 인공 감각을 제공할 수 있는 시스템의 개발은 가상/증강 현실을 통한 메타버스 구현, 화상 환자를 위한 인공피부 제공, 로봇형 의수/의족 제작 등을 위해 반드시 이루어져야 할 목표이다. 이를 위해 지금까지 수많은 연구자들이 실감형 인공피부 개발에 노력을 쏟아 왔지만, 현재까지 개발된 시스템들은 실제 사람의 감각기관이 가지고 있는 엄청난 복잡성 및 지금까지도 블랙박스로 남아있는 감각신호 전달의 메커니즘 때문에 실생활에 사용되기에는 그 기능이 충분하지 못한 상황이었다. 특히 사람은 한 가지 유형이 아닌 다양한 종류의 촉각 수용기들을 통해 압력, 진동 등 복합적인 감각 정보를 받아들이고 그 정보들을 조합하여 촉각을 인지하기 때문에, 기존의 단일 압전 및 압저항 소자 기반의 디바이스로는 완벽한 인공 감각 시스템의 구현이 어려울 수밖에 없었다.

## 2. 연구내용

본 연구에서는 압력/진동 등 복합적인 감각을 생성, 전달할 수 있는 유연성 전자피부 및 실제 신경패턴 기반의 신호 변환 회로를 개발하고, 두 요소를 결합한 시스템을 제작하여 인간의 촉각인식 프로세스를 모방하는 인공 감각 인터페이스 시스템을 구현하였다.

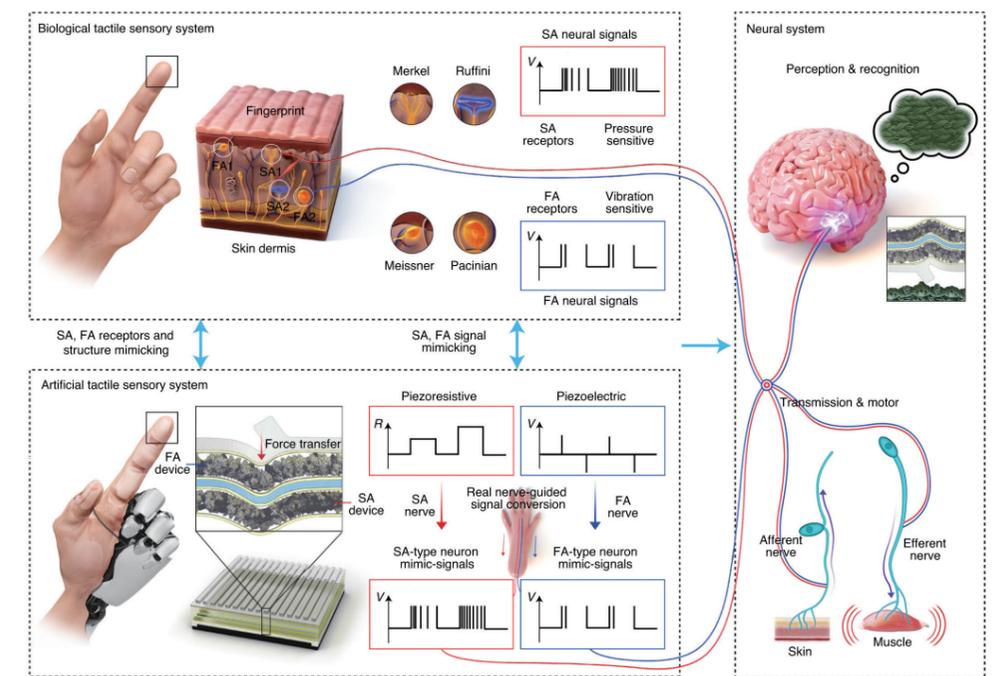
연구팀은 우선 압전재료 및 압전 저항성 재료의 조합으로 이루어진 전자 피부를 제작했다. 이 센서는 나노입자의 적절한 조합을 통해 피부 내의 압력을 감지하는 늦은 순응 기계적 수용기(SA mechanoreceptor)와 진동을 감지하는 빠른 순응 기계적 수용기(FA mechanoreceptor)를 동시에 모사할 수 있다는 특징을 가지고 있다. 제작된 전자 피부는 굉장히 유연하여 실제피부나 로봇의 굴곡된 표면에 쉽게 접촉할 수 있을 뿐만 아니라, 움직임에 의해 일어나는 굽힘 및 늘어남 등의 기계적 변화에도 기능성을 크게 잃지 않는다는 장점을 가지고 있다. 해당 센서를 통해 생성된 전위는, 연구팀이 제작한 회로 시스템을 통해 실제 감각 신호와 같은 형태의 패턴으로 변환된다. 이때 생체 내 상황을 최대한 모사하기 위해, 실제 동물의 다리에서 다양한 종류의 감각신경을 추출하는 방법이 사용되었다. 추출 후 단일신경에 다양한 세기와 빠르기의 압력/진동을 가한 뒤 그 끝에서 발생하는 전기 신호의 패턴을 측정하여 함수화하고, 해당 함수를 기반으로 센서에서 발생하는 신호를 새롭게 변환해주는 방식이다.

## 3. 기대효과

해당 시스템을 동물 모델에 적용한 결과, 연구팀은 인공 감각 시스템에서 발생한 신호가 생체 내에서 왜곡 없이 전달되며, 근육 반사 작용 등 생체 감각 관련 현상을 구현할 수 있음을 확인하였다. 또한 센서를 지문 구조로 제작, 20여 종의 직물을 굽는 실험을 통해 개발한 인공피부가 다양한 표면의 종류 및 질감을 인식, 분류할 수 있는가에 대한 실험을 진행하였다. 그 결과, 개발한 인공 감각 시스템과 딥 러닝 기법의 조합이 직물의 종류 및 질감을 99% 이상 분류할 수 있을 뿐만 아니라, 학습된 신호를 기반으로 직물의 특징마저 인간과 유사한 수준으로 예측할 수 있음이 밝혀졌다.

본 연구에서 개발한 실제 신경신호 기반 인간 모사형 감각 시스템은 향후 더욱 현실적인 감각 구현이 필요한 다양한 의료적, 사회적 분야에 응용될 수 있다. 예를 들어 메타버스 및 텔레커뮤니케이션 분야에 필요한 현실 감각 제공용 하드웨어에 쓰이거나, 장애나 사고로 감각을 잃어버린 환자를 위한 인공피부, 의수/의족에 촉각 기능을 부여하는 방법 등으로 사용될 수 있다. 또한 본 연구에서 최초로 제시한 실제 생체신호 패턴 기반 신호모사 기법이 인체 내 다양한 종류의 타 감각기관(시각, 청각, 미각, 후각기관)을 보조하는 방향으로 발전할 경우, 장애극복 및 감각재활 분야의 발전에 크게 기여할 수 있을 것이다.

그림. 인간 모사 인공 감각 신경 시스템의 구조



### 연구성과

- 논문** S. Chun, J. Kim, Y. Yoo, Y. Choi, S. Jung, D. Jang, G. Lee, K. Song, K. Nam, I. Youn, D. Son, C. Pang, Y. Jeong, H. Jung, Y. Kim, B. Choi, J. Kim, S. Kim, W. Park, and S. Park\*, "An artificial neural tactile sensing system", Nature Electronics 4, 429-438 (2021) [2021 Impact Factor = 33.686].  
S. Park, H. Yuk, R. Zhao, Y. Yim, E. Woldegebriel, J. Kang, A. Canales, Y. Fink, G. Choi, X. Zhao, P. Anikeeva\*, "Adaptive and multifunctional hydrogel hybrid probes for long-term sensing and modulation of neural activity", Nature Communications 12, 1-12 (2021) [2021 Impact Factor = 14.919].
- 수상** 2021년 5월 미원상사신진과학자상 수상
- 홍보** 에 대하여 국내 언론보도 42건 (대전 MBC 방송보도 포함), 해외 언론보도 3건. [논문 2]에 대하여 국내 언론보도 37건, 해외 언론보도 15건.

### 연구비 지원

KK-JRC 스마트 프로젝트, 글로벌 이니셔티브 프로그램, Post-AI 프로젝트 사업  
한국연구재단 우수신진연구사업, 범부처의료기기 개발사업, 나노소재원천기술개발사업, 차세대 지능형반도체 개발사업