

사람처럼 느끼고 상처 치유가 가능한 로봇 피부 기술 개발

A biomimetic elastomeric robot skin using electrical impedance and acoustic tomography for tactile sensing

연구책임자 | 김정 소속학과 | 기계공학과 참여연구원 | 박경서, 양민진, 조준휘

연구실 홈페이지 | <http://biorobotics.kaist.ac.kr>

본 연구에서 로봇 피부는 피부의 다층구조를 생체 모방하여 넓은 영역에 대해 외부 충격으로부터의 회복력과 유연함을 제공한다. 동시에 인간과 같은 넓은 대역의 촉각을 실시간으로 감지하고 국지화가 가능하다. 또한 깊게 찢어지거나 베여도 절상부위 외 영역에서 촉각 감지 능력이 유지될 뿐만 아니라, 피부의 구조적 특성 및 촉각 감지 기능까지 절단 이전 상태의 수준으로 손쉽게 회복이 가능하다. 이에 인간형 로봇이나 서비스 로봇과 같이 사람과의 다양한 접촉과 상호작용이 필요한 분야와 인간형 의수/의족 피부로 활용이 기대된다.

연구배경

사람의 피부는 외부 충격으로부터 내부를 보호함과 동시에 물리적 자극을 전달하는 통로이며, 피부를 이용한 정보 전달은 풍부한 비언어적 감정 표현과 교류를 가능하게 한다. 그러나 비약적인 기술 발전에도 불구하고 대부분의 로봇은 딱딱한 소재의 외피를 가지며 인간과의 물리적 상호작용은 터치스크린과 같은 특정한 부위로 제한하고 있다. 이는 현재의 로봇 촉각 기술로는 인간의 피부와 같은 부드러운 물성과 복잡한 3차원 형상을 가지면서 동시에 섬세한 촉각 정보를 수용하는 로봇 피부 개발이 어렵기 때문이다.

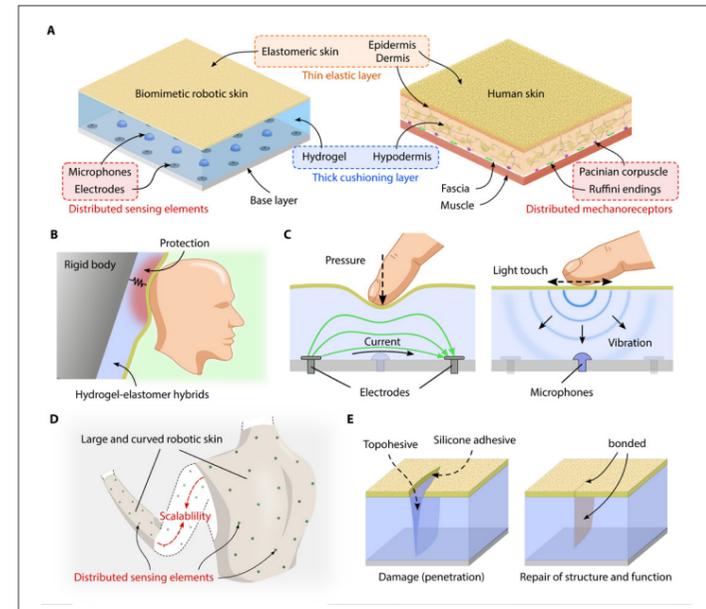
연구내용

본 연구는 인간의 피부 구조 및 촉각 추정 원리를 생체 모사한 하이드로젤-엘라스토머 구성의 다층구조와 단층촬영 기법 기반의 로봇 피부 기술을 제안한다.

하이드로젤과 실리콘 엘라스토머로 구성된 로봇 피부는 사람 피부의 다층구조를 모방하여 외부 충격으로부터의 회복력과 유연함을 제공한다. 실리콘 외피는 실제 인간의 표피 및 진피와 같이 얇은 탄성 외피의 역할을 하고, 내부의 하이드로젤은 인간의 피하지방과 같이 두꺼운 쿠셔닝 레이어로서 로봇 뿐 아니라 이와 상호작용하는 사람 또한 충격 흡수 기능으로 안전함을 보장할 수 있다.

또한 사람 피부의 물성 뿐 아니라 정적 압력 및 동적 진동을 감지하는 촉각 감지능력도 생체를 모방하여 구현하였다. 촉각을 구현하는 기계수용기인 루피니 소체, 파치니안 소체는 분산 배치되어 각각 촉각 자극의 저주파수인 정적 압력과 고주파수인 동적 진동을 감지하도록 했다. 분산배치된 금속전극을 활용한 전기임피던스 단층촬영기법(Electrical impedance tomography) 및 콘덴서 마이크를 활용한 수동음향 단층촬영기법(Passive acoustic tomography)을 기반으로 넓은 수용영역을 갖는 측정 요소들을 겹치게 배치해 적은 수의 측정 요소만으로도 3차원 넓은 표면에서의 정적 압력과 동적 진동을 실시간으로 감지하고 국지화가 가능하다. 촉각 신호는 인공지능 신경망으로 처리함으로써, 인간 피부 수준의 높은 정확도로 자극 국지화 성능 구현 및 합성곱 신경망(Convolutional neural network)을 기반으로 일상생

활에서의 대표적 촉각 자극 종류인 누르기, 쓰다듬기, 두드리기 등의 자극 종류를 분류할 수 있다. 본 로봇 피부는 분산배치된 금속 전극 및 콘덴서 마이크 구조와 하이드로젤-엘라스토머 복합층으로 구현되어있어 깊게 찢어지거나 베여도 절상부위 외 영역에서는 촉각 감지 능력이 유지될 뿐만 아니라, 피부의 구조적 특성 및 촉각 감지 기능은 절단 이전 상태로 손쉽게 회복이 가능하다. 사람 피부와 같은 물성 제작으로 의수 형태의 로봇 피부 구현에 성공하였다.



로봇 피부를 위한 생체 모방 다층 구조의 개념

기대효과

본 연구에서 제안하는 로봇 피부 기술은 정교한 촉각 뿐만 아니라 사람의 피부처럼 부드러운 물성을 가지며 대면적의 복잡한 3차원 형상을 덮을 수 있어, 인간형 로봇이나 서빙 로봇 등 서비스 로봇과 같이 사람과 다양한 접촉과 상호작용이 필요한 분야에 유용하게 활용될 것으로 기대한다. 더 나아가, 로봇 피부를 의수/의족의 피부로 사용한다면 실제 사람의 손 및 다리와 똑같은 외형과 촉각 감각을 절단 환자들에게 제공할 수 있으며, 인간형 로봇에게는 사람과 같은 기능과 외형의 피부를 가지며 상처가 나더라도 피부 기능을 복구하는 치유능력을 갖게 할 수도 있다.

연구성과

- [논문1] Park, K., et al. "A biomimetic elastomeric robot skin using electrical impedance and acoustic tomography for tactile sensing." *Science Robotics* 7.67 (2022): eabm7187.[2020 Impact Factor = 23.748]
- [논문2] Park, Kyungseo, and Jung Kim. "Neural-Gas Network-Based Optimal Design Method for ERT-Based Whole-Body Robotic Skin." *IEEE Transactions on Robotics* (2022). [2022 Impact Factor = 6.835]
- [특허] "Tactile sensor, and tactile stimulation sensing method using the same, and robot skin and robot comprising the same"(US, PCT, JP 출원, 국내특허등록번호:10-2443421)
- [수상] 2022 휴먼테크논문대상 은상 수상

연구비 지원 ■ 한국연구재단 중견연구자지원사업