

자기탄성형 소프트 로봇의 복합모션 구동제어를 통한 다기능성 부여

원수경 · 위정재 | 인하대학교 고분자공학과 조교수 (E-mail: wie@inha.ac.kr)

최근 막스플랑크 지능시스템 연구소(Max Planck Institute for Intelligent Systems)의 Mastrangeli, Sitti 연구진은 복합모션이 가능한 소프트 로봇 기술 체계를 구축하여 장애물 회피 및 물체 운반 등의 기능이 확보된 자기탄성형 소프트 로봇을 *Nature*에 보고하였다. 이러한 연구는 소형의 자성 소프트 로봇을 이용한 약물전달 시스템과 더불어 정찰 및 탐사가 필요한 군용 로봇 등에 활용될 수 있을 것으로 전망된다.

금속 로봇과 달리 유연한 고분자를 기반으로 제작된 소프트 로봇은 섬세하고 부드러운 구동이 가능하여 파손이나 상해 없이 물체를 운반하거나 움직임을 지속할 수 있다. 특히 소형 소프트 로봇은 작은 틈 사이로 들어갈 수 있어 군용 정찰 및 재난 탐사, 마이크로 의료용 수술 등 다양한 분야에서의 활용 가능성이 제시되고 있다. 그 중 인체에 무해한 자기장을 동력원으로 하는 소프트 로봇은 상온에서 원격제어가 가능하고 물 속에서 구동할 수 있는 장점이 있어 최근 연구가 활발하게 진행 중이다. 복잡하게 알고리즘을 프로그래밍하지 않아도 자기장의 세기와 방향 전환을 통해 소프트 로봇의 거동을 쉽게 제어할 수 있으나 주로 회전하기, 기어가기 등 단일 모션만 가능하여 장애물에 부딪혔을 때 멈추거나 방향을 자유롭게 움직이기 어려운 한계가 존재한다.

연구진은 원하는 위치로 로봇을 조종하기 위한 전략으로 복합모션 구동형 소프트 로봇을 고안하였다. 소프트

로봇 내부에는 보자력이 높은 강자성 물질이자 자화도가 높은 경질자성입자인 네오디뮴(neodymium-iron-boron, NdFeB)을 사용하였다. 강자성 물질은 외부에서 강한 자기장을 가했을 때 원자들이 자기장과 동일한 방향으로 배열되는 자화가 일어나며 자기장을 제거했을 때에도 잔류 자화가 남는다. 본 연구에서는 네오디뮴 입자를 함유하는 직사각형 시트 형태의 에코플렉스(ecolfex) 탄성체를 유리막대 위에 감싼 상태에서 1.65 T의 강한 자기장을 가해주어 네오디뮴 입자의 자화를 유도하였다. 그 다음 막대에서 탄성체를 풀어 그림 1과 같이 자화 배열상태가 반시계 방향을 따라 다른 자기탄성 소프트 로봇을 제작하였다.

로봇의 구동을 위해 자기장의 세기 및 방향을 빠르게 전환할 수 있는 헬름홀츠(Helmholtz) 코일 기반의 전자장 시스템을 구축하였다. 자기장을 걸었을 때 자기탄성 소프트 로봇에 동일한 방향으로 자기장 모멘트가 유도되지만 로봇 몸체는 자성입자가 각기 다른 방향으로 배열되어 있기 때문에 부분적으로 다른 굴곡을 갖으며 변형되었다. 상대적으로 약한 세기의 자기장을 가했을 때 자기장의 방향에 따라 사인 및 코사인 형태로 나타났고, 자기장 세기를 증가시켜 굴곡 정도를 높여 영어 알파벳 C 또는 V 형태(그림 1)로 나타났다. 이에 따라 자기장의 세기와 방향을 조절하여 걷기, 구르기, 점프하기 등 다양한 복합모션을 유도하였다. 또한 물 위에서 표면장력을 이기고 수영하여 육지로 이동하거나 장애물을 넘어갈 수 있는 기동성을 확보하였고, 이를 바탕으로 체외 시험(*in-vitro*)에서 성공적으로 물체를 운반하였다.

본 연구는 자성입자의 배열성을 이용하여 복합모션을 구현한 새로운 시도로, 별도의 관절이 없는 자기탄성 소프트 로봇 형태로도 자기장의 방향 및 세기만을 조절하여 협지를 이동할 수 있는 기동력이 확보 가능함을 시사한다. 이에 따라 자기탄성 소형 소프트 로봇을 바이오, 군사, 재난, 산업 분야 등에 다방면에서 활용이 가능할 것이라 기대된다.

본 연구결과는 저널 *Nature*에 "Small-scale soft-bodied robot with multimodal locomotion"이라는 제목으로 2018년 2월에 게재되었다(DOI: 10.1038/nature25443).

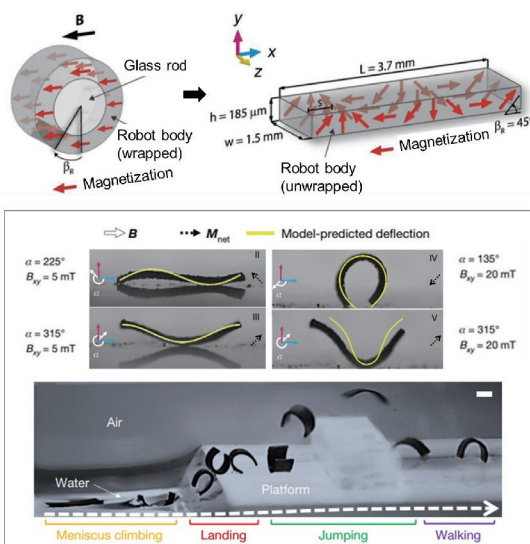


그림 1. 자성입자의 배열성을 이용한 자기탄성 소프트 로봇의 멀티모달 구동 메커니즘.