

2024 대한민국 올해의 10대 기계기술

종이접기 하듯이 다양한 모양으로 접거나 펼 수 있는 DNA 나노구조체

기술 개발 기관 서울대학교

기술의 정의

DNA 자기조립을 이용하여 종이접기 메커니즘을 나노스케일에서 구현한 세계 최초의 기술로 하나의 구조체를 다양한 모양으로 접거나 펼 수 있는 스마트 가변 구조 기술

핵심 기술 내용 (기술적 난이도)

- 외부 자극에 의한 형상 변화를 통해 특정 기능의 발현을 제어할 수 있는 기능성 나노구조체는 약물전달, 분자진단 등 다양한 분야에 활용될 수 있어 활발한 연구가 이루어져 왔음. 특히, 디엔에이(DNA) 나노기술은 자기조립 성질을 이용하여 원하는 형상과 물성을 가지는 구조체를 높은 정밀도로 제작할 수 있어 기능성 나노구조체 개발을 위한 차세대 기술로 큰 관심을 받고 있음.
- 기존 연구에서는 경첩이나 관절과 유사한 기계적인 요소를 도입하여 움직이거나 변형이 가능한 구조체의 개발이 이루어져 왔으나, 나노 크기에서 하나의 구조체가 다양한 모양으로 변할 수 있는 다중 변형 작동 원리의 부재로 단순한 변형과 제한적 기능 구현만 가능하였음.
- 개발된 기술은 하나의 종이를 다양한 모양으로 접을 수 있는 종이접기 원리에 착안하여, 이러한 한계를 근본적으로 극복할 수 있는 새로운 방법임. 우선, 종이접기 형태에 따라 DNA를 배열하여 종이처럼 접을 수 있는 2차원 격자 형태의 구조를 만들고, 이를 DNA 와이어프레임 종이(DNA wireframe paper)로 명명하였음. 이러한 구조에 대해 원하는 부분의 접힘과 펼침을 선택적으로 조절하여 다양한 형상의 변화를 구현하는 것이 핵심 아이디어임.
- 이 때, 접히는 부분의 기계적 강성을 최적화하여 구조적으로 안정하면서도 높은 성공률로 접고 펼 수 있게 설계하는 것이 본 연구팀이 개발한 독보적인 기술임. 얇은 종이를 접는 것은 쉽지만 구조적으로 약해지고, 반대로 두꺼운 종이를 사용하면 접는 것이 어려운 것과 같은 이유 때문임. 최적화된 구조는 다양한 형태로의 반복적인 접힘과 펼침을 안정적으로 지속할 수 있음을 실험적으로 증명함.
- DNA 와이어프레임 종이는 자극의 종류에 따라 서로 다른 모양으로 접을 수 있어, 분자의 결합을 이용하거나 산염기(pH)나 빛과 같은 환경 변화를 통해 제어할 수 있음. 대표적인 예로, 연구팀은 질병과 관련된 마이크로 RNA의 종류에 따라 DNA 와이어프레임 종이(가 다른 모양으로 접히도록 설계함으로써, 다양한 마이크로 RNA의 검출이 동시에 가능한 센서로의 활용 가능성을 보여주었음.

