

지능형 연성 복합재를 이용한 거북 로봇의 설계

Design of Turtle Robot using Smart Soft Composite Structure

*송성혁¹, 이장엽¹, 김민수¹, 심재율¹, 김형수¹, 추원식², 안성훈^{1,2}

*S. H. Song¹, J. Y. Lee¹, M. S. Kim¹, J. Y. Shim¹, H. S. Kim¹, W. S. Chu²,

#S. H. Ahn(ahnsh@snu.ac.kr)^{1,2}

¹서울대학교 기계항공공학부, ²서울대학교 정밀기계설계공동연구소

Key words : Soft Morphing, Underwater Robot, Composite, SMA

1. 서론

수중 로봇에 있어 요구되는 조건들 중 하나는 예측하기 어려운 다양한 수중 환경에서 높은 적응력을 가지고 있어야 한다는 점이다. 이러한 요구 조건들을 충족시키기 위해 환경에 대해 최적화된 형상과 구동 메커니즘을 그 환경에서 최적의 적응력을 보이는 수중 생물에서 빌려오는 경우들이 존재한다⁽¹⁾. 하지만 연속적인 모핑(morphing)에 기반하여 구동을 생성해내는 생물체나 다관절 기반의 해부학적 특징을 가진 생물의 복잡한 움직임을 모방함에 있어 기존의 모터 기반의 구동기를 사용할 경우, 다수의 링크(link)나 기어(gear), 그리고 모터와 같은 등의 추가적인 구조가 필수적으로 요구되는 문제가 발생한다. 하지만 이렇게 구조의 복잡화는 로봇의 경량화, 소형화에 있어 제한점으로 작용하게 될 뿐 아니라 실제 생물체의 움직임을 모사하는데 있어서도 한계가 있다. 예로, 파충류에서 속도가 가장 빠른 동물들 중 하나인 바다 거북의 플리퍼(flapper) 움직임을 모사하기 위해서는 롤(roll), 피치(pitch), 요(yaw) 움직임을 모두 구현되어야 하기 때문에 기존의 모터 기반으로 개발된 로봇의 경우 최소 4개 이상의 모터와 크랭크(crank), 슬라이더(slider), 유니버설 조인트(universal joint)등이 필수적으로 요구된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 지능형 재료인 형상기억합금(Shape Memory Alloy, SMA), IPMC (Ionic Polymer Metal Composite), PZT (Lead Zirconate Titanate) 등을 기반으로

한 생체모방 수중 로봇이 대안으로 개발되었으나⁽²⁾, 대부분의 지능형 재료 기반 구동기의 경우 동작 성능의 제한으로 인해 주로 단순한 면의 굽힘 변형만을 이용하는 경우가 대부분이어서 생물체의 복잡한 움직임을 모사하는데 어려움이 존재하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 구동 형상 구현이 가능한 지능형 재료 기반의 구동기 개발이 대두되고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 지능형 재료와 방향성 재료의 조합으로 구성되는 지능형 연성 복합재(Smart Soft Composite, SSC)⁽³⁾를 수중 로봇의 구동기로서 제시하였다. SSC는 단일 모듈에서 면내 전단 변형, 면외 굽힘 변형, 비틀림 변형이 동시에 모두 구현 가능하며, 각각의 변형 정도 또한 설계 단계에서 디자인이 가능하여 복잡한 생물체의 움직임을 모사하는데 있어 효과적으로 사용이 가능하다. 따라서 이러한 SSC를 이용하여 바다 거북의 복잡한 움직임을 모사할 수 있는 거북 로봇을 제시하려 한다.

2. 지능형 연성 복합재

거북 로봇은 Fig 1의 지능형 연성 복합재로 구성되는 구동기를 사용하여 설계되었다. 본 연구에서는 형상기억합금 와이어(wire)가 지능형 재료로서 사용되었으며 이방성 재료는 쾌속조형술을 이용하여 설계, 지지체(scaffold)를 이용하여 굽힘-비틀림 구동 형상을 구현할 수 있도록 하였다.

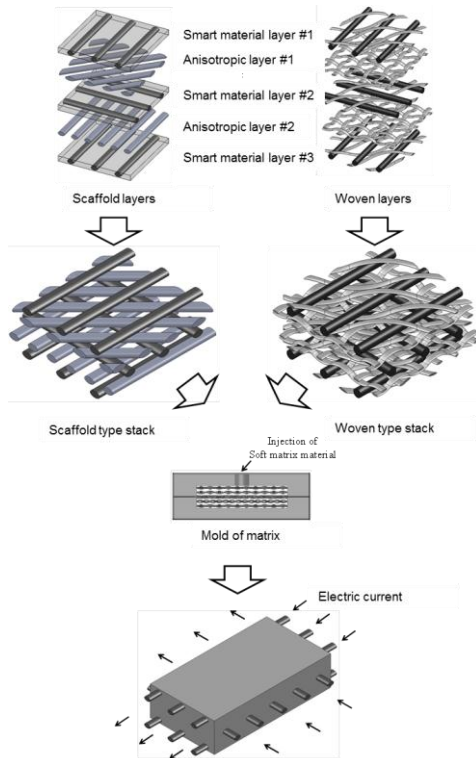


Fig. 1 Fabrication processes of two types of anisotropic materials for SSC⁽³⁾.

3. 거북 로봇의 설계

거북이 전진 방향 기준으로 플리퍼의 롤 구동을 만들어 내기 위해 면외 굽힘 변형을 이용하였으며 플리퍼의 피치 구동은 굽힘-비틀림 구동을 사용하도록 설계하였다. 플리퍼의 피치 구동에 있어서는 두 방향으로 배치되는 방향성 지지체를 사용하여 플리퍼 기준으로 면내 변형을 생성할 수 있도록 설계하였다. 몸체는 쾌속조형술을 이용하여 거북 몸체 형태와 유사하면서 구동에 영향을 주지 않는 조건을 도출하여 Fig. 2와 같은 중량 51 g, 길이 130 mm의 소형화, 경량화된 거북이 로봇을 구현하였다.

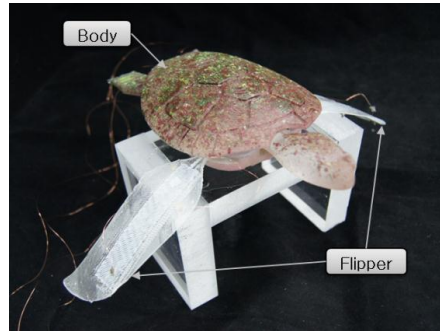


Fig. 2 Picture of turtle robot

4. 결론

생물체의 복잡한 움직임을 가볍고 간단한 구조로 구현하기 위해서 SSC를 구동기로 제시하였으며 이를 이용하여 바다 거북의 움직임을 모사한 거북 로봇에 대한 설계를 제시하고 제작하였다.

후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-신기술융합형 성장동력사업(No. 2012K001368) 과 한국연구재단의 기초연구사업(No. 2012-0000348)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. Mojarrad, M., "Biomimetic robotic propulsion using polymeric artificial muscles," *Robotics and Automation*, **3**, 20-25, 1997.
2. Chu, W. S., Lee, K. T., *et al.*, "Review of Biomimetic Underwater Robots Using Smart Actuators," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, **7**, 1281-1292, 2012.
3. Ahn, S. H., Lee, K. T., *et al.*, "Smart Soft Composite: An Integrated 3D Soft Morphing Structure Using Bend-Twist Coupling of Anisotropic Materials," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, **13**, 631-634, 2012.