

스마트 연성 복합재를 이용한 수중 로봇의 개발

Development of underwater robot using Smart Soft Composite

*이경태¹, 추원식¹, 송성혁¹, 한민우¹, 김형수¹, 이장엽¹, 김민수¹, #안성훈^{1,2}

*K. T. Lee¹, W. S. Chu¹, S. H. Song¹, M. W. Han¹, H. S. Kim¹, J. Y. Lee¹, M. S. Kim¹,

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

¹서울대학교 기계항공공학부, ²서울대학교 정밀기계공동설계연구소

Key words : Shape Memory Alloy, Smart Soft Composite, Underwater Robot, Ray

1. 서론

다수의 수중 생물은 몸의 일부를 변형시켜 원하는 방향으로 이동한다. 이 과정에서 연속적인 변형을 유도하여 추력을 얻기 위한 파동을 구현한다. 다양한 형태의 수중 생물에서 나타나는 이와 같은 구동 형태를 모사하기 위하여 여러 연구가 진행되어 왔다.

최근에는 연속적인 변형을 모사하기 유리한 스마트 재료를 활용하여 수중 생물을 모사하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서 이온 폴리머 금속 복합재(Ionic Polymer Metal Composite, IPMC)를 이용하거나 형상 기억 합금(Shape Memory Alloy), 혹은 PZT(Lead Zirconium Titanite Ceramics)를 활용하여 모사하는 것이 대표적이다.

본 논문에서는 연속적이며 복합적인 변형의 모사에 용이한 스마트 연성 복합재(Smart Soft Composite, SSC)에 대해 간단히 소개하고, 스마트 재료를 활용하여 개발된 수중 로봇에 관한 리뷰를 정리하였다.

2. 지능형 연성 복합재

지능형 연성 복합재(Smart Soft Composite, SSC)란 구동기와 방향성 재료 그리고 기저재료로 이루어진 복합체다². Fig. 1 에서 적층된 형태의 SSC 이다. 이는 고전 이론에 따라 방향성 재료로 구성된 층에서 섬유 방향에 의해 굽힘 및 비틀림 혹은 이 두 가지가 동시에 나타나는 구동을 보일 수 있다.

이는 일반적으로 스마트 재료가 구동 시, 수축하는 것에 착안하여 전체 구조의 중심축을

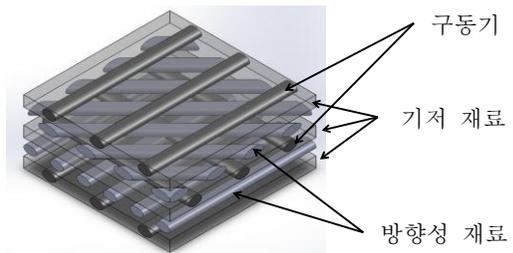


Fig. 1 Conceptual diagram of SSC actuator

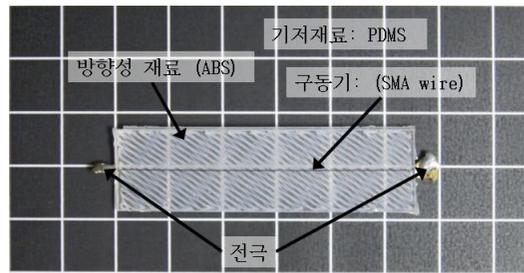


Fig. 2 Example of fabricated SSC actuator

약간 벗어나게 스마트 재료의 구동 축을 배열 하였을 때, 편심에 의해 수축되면서 굽힘 및 비틀림 혹은 이 두 가지가 동시에 발생하도록 하였다. Fig. 2 는 SSC 구동기를 제작한 시편의 모습이다. 본 시편에서는 구동기로 SMA 선을 사용하였고 이를 맨 아래와 위 층에 배치 하였다. 방향성 재료의 경우, 쾌속 조형(Rapid Prototyping, RP) 공정 중 하나인 FDM(Fused Deposition Modeling)를 활용하여 재료의 배열을 수행하였다. 기저 재료로는 연성 재료인 PDMS (Polydimethylsiloxane)를 사용하였다. 본 시편은 굽힘 및 비틀림이 동시에 발생할 수 있도록 [30/45/30]으로 배열을 한 예이다.

3. 스마트 재료를 활용한 생체 모사 수중 로봇²

스마트 재료 중, 생체 모사 수중 로봇을 개발하는데, 주로 활용된 구동기는 SMA 와 IPMC 그리고 PZT 로 표 1 과 같이 물 속에서 구동될 때의 특징을 바탕으로 다양한 형태의 수중 로봇이 연구되고 있다. 각 구동기를 바탕으로 개발된 로봇들의 성능을 비교하였다. 일반적으로 물고기는 추력을 얻는 형태에 따라 Breder 의 분류 체계로 분류된다³. 그러나 생체 모방 수중 로봇은 Breder 의 분류 체계로 모두 분류가 되지 않아 이를 바탕으로 Fig. 3 과 같이 새로운 분류 체계를 적용하였다.

구동기 및 구동 원리에 따라 분류하여 로봇의 구동 방향으로의 길이, 무게 등과 로봇의 구동 성능을 비교하였다. 그 중 대표적인 그래프를 Fig. 4 에 나타내었다. 대체적으로 IPMC 를 이용하여 로봇을 개발한 경우, 로봇의 크기에 구애 받지 않고 제작할 수 있다

Table 1 Comparison of performance in the water

Characteristics	SMA	IPMC	PZT
Voltage	Low (>2V)	Low (>1V)	High (>100V)
Displacement	Medium (4~8%)	Large (10%)	Small (0.2%)
Force	Large (>10g _f)	Low (~1g _f)	Large (100>g _f)
Actuation Frequency (Hz)	Slow (~0.5)	Fast (<100)	Very Fast (~10,000)
Motion type	Linear	Bending	Linear

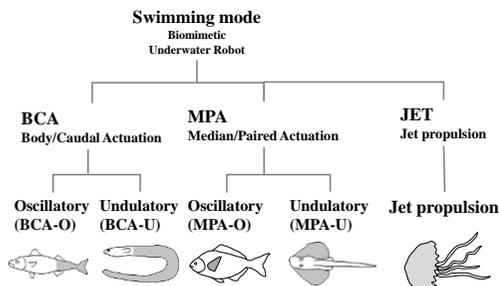


Fig. 3 Classification of biomimetic underwater robot

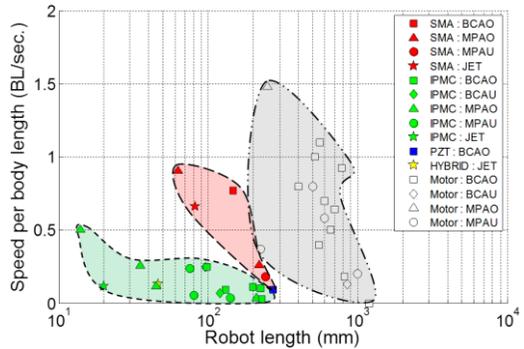


Fig. 4 Trend of speed per body length by robot length compared with motor based robot and smart actuator based robot

또한 Fig. 4 로부터 IPMC 를 이용하는 것보다 SMA 를 이용할 때, 로봇 몸체 길이 대비 더 높은 구동 속도를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론

최근 많이 연구되고 있는 스마트 구동기를 이용하여 개발된 SSC 에 관해 간단히 소개하고, 스마트 구동기를 이용한 수중 로봇을 분류하고 그 성능을 비교 분석하였다.

후기

본 연구는 한국연구재단을 통해 신기술 융합형 성장동력 사업(2011-K000685), 기초연구사업(20110001572)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- Ahn, S. H., Lee, K. T., Kim, H. J., Wu, R, Kim, J. S., Song, S. H., "Smart Soft Composite: An Integrated 3D Soft Morphing Structure Using Bend-Twist Coupling of Anisotropic Materials," Int. J. of Prec. Eng. & Manu., **13**, No. 4, 631-634, 2012.
- Chu, W. S., Lee, K. T., Song, S. H., Han, M. W., Lee, J. Y., Kim, H. S., Kim, M. S., Park, Y. J., Cho, K. J., Ahn, S. H., "Review of Biomimetic Underwater Robots Using Smart Actuators," Int. J. of Prec. Eng. & Manu., accepted.
- Breder, C. M., "The locomotion of fishes," Zoologica, **4**, 159-256, 1926.