한국태양에너지학회
VOL. 32, NO.1, 2012.3.29~30 대구EXCO
춘계학술발표대회 논문집

유연다리로봇 복합구조 설계 및 제작 기술 연구

최락현*, 강유나**, 위디아 아울리아**, 이경제***, 이동하*, 권오석*, 문상준**

*대구경북과학기술원 로봇시스템연구부(choimosi@dgist.ac.kr),
**대구경북과학기술원 로봇공학과(ruby7077@dgist.ac.kr),
**대구경북과학기술원 로봇공학과(widya.aulia280988@gmail.com),
***경북대학교 전자공학과(chronoproceed@gmail.com),
*대구경북과학기술원 로봇시스템연구부(dhlee@dgist.ac.kr),
*대구경북과학기술원 로봇시스템연구부(mesign@dgist.ac.kr),
**대구경북과학기술원 로봇공학과(nanobiomems@dgist.ac.kr)

Study of composite structure design and manufacturing for compliant legged robot

Choi, Rock-Hyun*, Kang, Yoo-Na**, Widya aulia**, Lee, Gyoung-Jae***,
Lee, Dong-Ha*, Kwon, Oh-seok*, Moon Sang-Jun**,

*Division of Robotics System, DGIST(choimosi@dgist.ac.kr),
**Robotics Engineering, DGIST(ruby7077i@dgist.ac.kr),
**Robotics Engineering, DGIST(widya.aulia280988@gmail.com),
***Electronics Engineering, Gyeonguk National University(chronoproceed@dgist.ac.kr),
*Division of Robotics System, DGIST(dhlee@dgist.ac.kr)
*Division of Robotics System, DGIST(mesign@dgist.ac.kr),
**Robotics Engineering, DGIST(nanobiomems@dgist.ac.kr),

Abstract

A traditional fabrication method is very difficult to make small robots using embedded sensors, actuators and connectors. Fortunately, Shape Deposition Manufacturing can provide an alternative method, and it has many benefits. Firstly, the weight of robot can be lighter, as it can be consisted of composite materials. Secondly, SDM can make simple robot structures because this approach does not need to use connectors and fasteners. Lastly, SDM gives stiffness and flexibility at the specific parts. Therefore, in this paper, we present a design of 3 segment legs organized by SDM, what the SDM approach is, and compare SDM method with 3 segment prototype legs which uses a traditional approach and made by DGIST,

Keywords : SDM(Shape Deposition Manufacturing), 생체모방로봇(Bio-inspired Robots), 경량화(Weight lightening), 단순화(simple structure), 복합구조(composite structure)

1. 서 론

동물들은 놀랍게도 근육과 골격의 기능을 이용해 브레이크, 스프링, 등의 기능을 모두 할 수 있다. 이런 동물들의 기능을 통해 이들의 효율적인 구조를 모방하여 공학 분야에서 응용하고 있다[1].

최근 연구되고 있는 Shape Deposition Manufacturing(SDM) 기술로 로봇의 구조적인 기능을 향상시키는 연구가 진행되고 있다. SDM은 재료를 몰드에 침전 시키고 다시 깎는 과정을 반복하여 다양한 기능을 조합할 수 있다. 동물의 뼈구조처럼 외부는 단단하고 내부는 가볍게 하여 전체적인 무게를 줄일 수도 있고, 동물의 관절처럼 로봇의 관절을 유연한 구조로 만들 수도 있다[2]. 또한 SDM을 이용하면 다수의 커넥터를 사용할 필요가 없기 때문에 로봇의 구조를 보다 단순화시킬 수도 있다.

반면, 고전적으로 소형로봇제작 시 사용되는 방법은 다수의 고정링 이나 핀들이 사용되게 된다. 토션 스프링을 위한 고정 핀의 사용은 로봇다리의 부피가 커질 수밖에 없게 만든다. 또한 작은 로봇들이 거친 환경에서 작동할 경우 전통적인 방법으로 연결된 구조들은 커넥터 주변이 느슨해지거나, 또는 주변의 모래와 같은 작은 물질들로 인한 영향으로 로봇의 부품들이 오염되는 문제점도 가지게 된다[3].

그림 1. Mulet concept which is bio-inspired robot

따라서 본 논문에서는 SDM 기법을 이용하여 로봇구조를 좀 더 가볍고, 단순화 시켜 보다 효율적인 구조로 제작하는 방법을 제안한다. 그림 1은 생체모방로봇 Mulet의 콘셉트를 그림으로 나타낸 것이다. 이 로봇의 다리 부분을 SDM기법으로 설계하고 향후 계획에 대해 제시하고자 한다.

2. 관련연구

본 단원에서는 SDM 기법에 대해 먼저 소개하고 이것으로 개발된 로봇시스템의 사례를 소개한다.

SDM 기법은 최초 Carnegie Mellon University에서 시작되어 Stanford 대학에서 보다 발전하였다[4]. 그림 2를 보면 SDM의 개발 흐름을 볼 수 있다. SDM 기법은 크게 보면 deposition과 shaping을 번갈아가며 반복하는 작업으로 구성된다. 각 단계에서 주요 부속을 구성하는 재료와 이를 지원하기 위해 희생되는 재료 두 가지를 주로 사용한다. 그림 2처럼 초기에 외부 구조를 이루는 재료를 넣고 그 다음 주요 부속과 희생되는 지원 재료를 넣고 깎는 과정의 순환을 통해 완성된다[2].

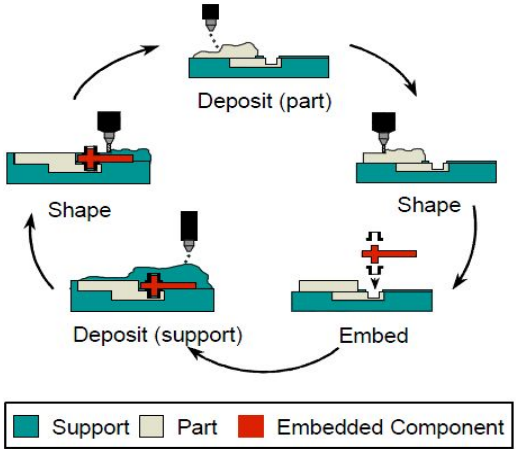

그림 2. Shape Deposition Manufacturing cycle[2]

기존 연구 [2]는 갑각류 동물의 로봇 다리의 프로토 타입을 소개했다(그림 3(a)). 각각의 기능을 SDM 기법을 이용해 다리 하나에 모두 포함

시켰다. 공기 분사 시스템과 압력 센서를 통합시키기 위해 계층 별로 위치를 나누어 제조하였다.

그림 3(b)의 sprawlita [3]는 바퀴벌레로부터 영감을 받아 제작되었다. 바디와 로봇다리를 보호하기 위해 SDM 기법을 사용하였다. 특히 다리는 단단한 구조의 폴리우레탄을 다리 구조로 이용하고 부드러운 폴리우레탄은 damping 효과를 내는데 사용되었다.

그림 3(c)는 Sticky-bot으로 불리는 로봇의 부품으로 이 또한 SDM 기법이 적용되었다. 특히 부드러운 구조와 단단한 구조가 결합할 때 특정 부위에만 큰 스트레스가 작용하면 부드러운 구조가 끊어 질 수 있다. 이런 피로파괴를 보완하기 위한 구조로 접합시 뿌리와 같은 모양으로 만들어서 장시간 사용에도 파괴되지 않는 유연함을 갖출 수 있게 하였다[4].

최근 MIT에서는 치타(그림3 (d))를 모방한 로봇이 개발되고 있다. 치타의 다리를 모방한 구조로 설계되었고, 빠르고 가벼운 다리 제작을 위해 복합재료구조를 사용하였다. 치타의 다리뼈와 같이 내부는 가벼운 재료를 사용하고 외부는 단단한 구조를 사용하여 튼튼하면서 가벼운 로봇 다리를 제작했다[5].

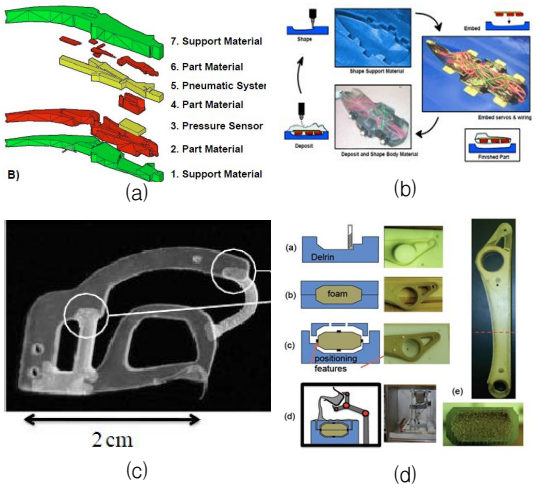

그림 3. SDM 기법 사용 사례
(a) 갑각류 동물[2], (b) Sprawlita[3]
(c) Sticky-bot 관절[4], (d) Cheetha(MIT)[5]

3. 3 segment 다리설계

본 단원에서는 그림 1을 통해 설계된 생체모방 로봇의 개념도를 바탕으로 해서 3 segment leg(3SL)을 SDM 방식을 이용해 설계하여 보았다. 다리설계 개념도는 그림 4와 같고 SDM 기법을 이용해서 경량화 및 단순화 하여 보다 효율적인 구조로 설계되었다. 다리의 외곽은 단단한 물질로 이루어지고 내부는 가벼운 물질을 사용하여 전체적인 무게를 줄인다. 그리고 관절은 유연한 구조의 재료를 사용하여 damping 역할을 할 수 있게 한다. 또한 탄성계수와 항복강도가 높은 탄소섬유 판스프링을 모두 임베디드 하여 전체적인 구조를 단순화 시켰다.

그림 4와 같은 구조의 로봇 다리를 만들면 다음과 같은 효과가 있을 것으로 예상된다. 첫째 경량화로 인해 로봇 이동에 소모되는 에너지 효율을 향상 시킬 수 있다. 둘째 항복강도가 우수한 판스프링 재료의 선택으로 장시간 사용에도 외부의 압력으로부터 탄성력을 유지할 수 있다. 셋째로 SDM 기법을 이용해 로봇의 구조를 단순화 시킬 수 있다. 그림5는 DGIST에서 고전적인 방법을 이용해 제작된 3 segment leg의 prototype이다. 그림5를 보면 leaf spring 사용을 위해 다수의 고정핀을 사용하여 전체적인 부피가 크게 되었다. 또한 많은 고정링을 사용하여 그 구조가 복잡하게 되었다. 따라서 그림 4처럼 SDM을 이용해 제작하면 구조가 간단하면서 가벼운 로봇 다리를 제작할 수 있다.

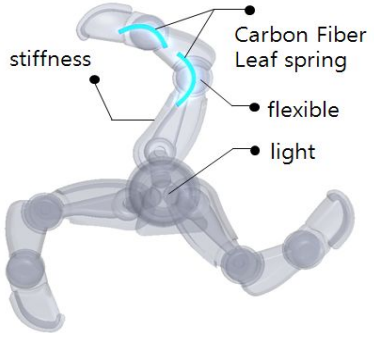

그림 4. Mulet leg design concept

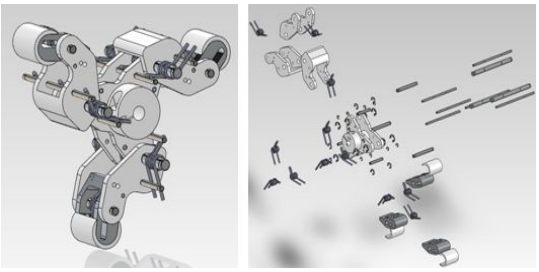

그림 5. 3 Segment Leg Prototype
왼쪽: 완성된 다리 오른쪽: 다리 분해도

4. 결론 & 향후 계획

SDM의 제작 기법을 통해 설계된 3segment leg은 다음과 같은 장점을 가질 수 있다. 먼저 경량화로 인해 로봇 에너지 효율을 향상시키고, 둘째로 로봇의 구조를 단순화 시킬 수 있다. 마지막으로 유연구조 재료를 판스프링 주위에 사용해 damper로 사용할 수도 있다.

향후 계획은 보다 구체적인 3D CAD 작업과 동시에 3segment leg의 SDM 작업을 위한 제작공정을 연구하려고 한다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부에서 지원하는 대구경북과학기술원 일반사업에 의해 수행되었습니다(12-BD-0101).

참 고 문 헌

1. M. H. Dickinson, C. T. Farley, R. J. Full, M. A. R. Koehl, R. Kram, and S Lehman, How Animals Move: An Integrative View, Science, Vol. 288, No. 5463, pp. 100-106, 2000.
2. S.A. Bailey, J.G. Cham, M. Cutkosky, and R. Full, Biomimetic Robotic Mechanisms via Shape Deposition Manufacturing, 9th International Sympsium of Robotics Research, Snowbird, Utah, October 9-12, pp. 321-327, 1999.
3. Cham, J. G., Bailey, S. A., Clark, J. E., Full, R. J. and Cutkosky, M. R. Fast and Robust: Hexapedal Robots via Shape Deposition Manufacturing, International Journal of Robotics Research, Vol. 21, No. 10-11, October/November, 2002, pp. 869-882.
4. Cutkosky, M.R., Kim, S. Design and fabrication of multi-material structures for bioinspired robots. Philosophical Transaction Royal Society, A, 367, 1799-1813, 2009.
5. MIT Biomimetic robotics lab, http://sangbae.scripts.mit.edu, Feb 2012.