

CFRP를 이용한 정찰로봇용 머니플레이터의 설계

Design of a Manipulator for Surveillance Robot using CFRP

*김성수¹, #송재복¹, 김휘수¹

*S. S. Kim¹, #J. B. Song(jbsong@korea.ac.kr)¹, H. S. Kim¹,

¹고려대학교 기계공학부

Key words : Carbon fiber, CFRP, manipulator, Surveillance robot

1. 서론

근래에 군사, 과학, 의료 등 다양한 분야에 서 로봇에 대한 필요성이 증가하고 있다. 이와 같은 로봇은 목적에 따라 기존 산업용 로봇과는 차별화된 설계가 필요한데, 최근에는 충돌 안전, 모터 및 감속기 용량 등을 고려한 경량화, 소형화 설계에 대한 연구가 활발하다. 기존에 개발된 로봇의 경우, 대부분 금속으로 제작되어 로봇의 강성 및 위치 정밀도를 높게 유지시키는 반면에, 로봇의 무게를 증가시키므로 큰 용량의 모터 및 감속기 사용이 불가피하다. 또한, 충돌 시 위험성이 증가하고, 제어에 대한 응답 속도가 느려진다. 따라서 이와 같은 단점을 해결하기 위해서는 높은 강성을 유지시키는 동시에 경량화 시킬 수 있는 설계가 필요하다.

특히, 모바일 플랫폼과 결합되어 사용되는 머니플레이터의 경우는 기동성 및 주행 안전성 향상을 위해서 반드시 경량화되어야 한다. 본 연구에서는 모바일 플랫폼 장착을 위한 무인 정찰용 머니플레이터 설계에 카본섬유 강화 복합재(CFRP, Carbon fiber reinforced plastics)를 활용함으로써, 머니플레이터의 무게를 최소화하였다. 또한, 경량화 설계로 정찰로봇의 이동성을 향상시키고, 필요한 부품의 용량을 최소화하였으며, 카메라의 안정화 제어 시 빠른 응답이 가능하도록 하였다.

본 논문에서는 감시정찰 로봇의 구성 및 설계 과정에 대하여 살펴본다. 또한, CFRP를 사용하여 설계된 머니플레이터를 소개하고, 부하 해석 및 구조 해석을 통해서 경량화된 머니플레이터의 장점을 검증한다.

2. 머니플레이터 설계

2.1 개념 설계

본 연구에서 설계되는 머니플레이터는 감시 정찰 임무를 수행하기 위하여 엔드 이펙터에 장착된 카메라와 그리퍼를 자유롭게 회전시킬 수 있어야 한다. 또한, 모바일 플랫폼의 이동성을 극대화하기 위하여, 필요 시에는 최소 부피로 접힐 수 있어야 한다. 이를 위하여 Fig. 1(a)와 같이 5자유도 머니플레이터를 설계하였다. 머니플레이터의 하부 3축은 롤-피치-피치로 구현하여 위치를 결정할 수 있도록 하였고, 엔드 이펙터에는 피치와 요 축으로 설계하여 카메라의 팬(pan)-틸트(tilt)가 가능하도록 하였다. 머니플레이터의 최대 길이는 620 mm, 가 반중량은 3kg로 설정하였고, Fig. 1(b)와 같이 모바일 플랫폼에 탑재할 수 있도록 설계하였다.

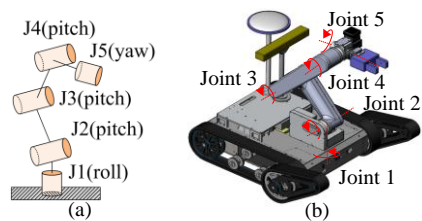


Fig. 1 Surveillance manipulator: (a) joint structure and (b) assembly with mobile platform.

2.2 필요 토크 산출

앞 절에서 설정한 사양을 바탕으로 필요 토크의 산출을 위하여 동역학 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 머니플레이터의 재질을 다양하게 설정함으로써, 재질 차이에 따른 무게 및 필요 토크의 차이를 비교하였다. CFRP 링크의 밀도는 1760Kg/m³으로, 기존에 사용되었던 금

속 재질(철, 두랄루민)과 비교하여 각각 34.7%, 87.4%의 무게 감소 효과가 있었다. 또한, Table 1에서 볼 수 있듯이, 가장 토크가 많이 필요한 2축의 최대 필요 토크가 금속 재질과 비교하여 5.3%, 41.0% 감소하는 것을 알 수 있었다.

Table 1 Torque requirement of each joint

Joint	Max. torque (Nm)				
	1	2	3	4	5
CFRP	18.1	39.5	21.8	4.13	3.95
Duralumin	19.2	41.7	22.7	4.13	3.95
Steel	32.7	67	33.3	4.13	3.95

2.3 CFRP 링크 구조 해석

머니플레이터의 성능 유지를 위해서는 경량화 설계뿐만 아니라, 로봇 고유의 정밀도 유지가 중요하다. 따라서 본 절에서는 Fig. 2와 같이 기존 두랄루민(6061-T6)으로 설계된 링크와 본 논문에서 제시한 CFRP로 설계된 링크의 구조해석 결과를 비교하였다. 각 링크에는 Table 1의 최대 필요 토크를 기준으로 하중을 인가하였고, 최대 도달 거리를 갖는 자세에서 각 링크의 처짐을 해석하였다. Table 2의 결과에서 볼 수 있듯이, CFRP를 사용하여 설계한 경우, 기존 두랄루민으로 설계한 링크에 비해 무게는 가벼운 반면에, 말단에서 발생하는 처짐은 0.33mm 정도 감소함을 알 수 있다.

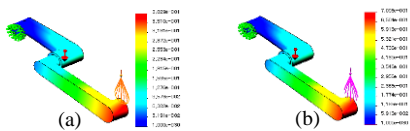


Fig. 2 FEM analysis (a): CFRP and (b) Duralumin

Table 2 Max. stress and displacement of Link

Material	Max. Stress	Displacement
CFRP	14.45MPa	0.38mm
Duralumin	14.96MPa	0.71mm

2.4 머니플레이터 제작

필요 토크 및 구조해석 결과를 바탕으로 Fig. 3과 같이 정찰로봇용 머니플레이터를 제작하였다. 말단 카메라 모듈을 제외한 전체 무게는 6.5kg이며, 결합성을 고려하여 관절은 금속,

주요 링크는 CFRP로 제작하였다. 본 정찰로봇용 머니플레이터는 Fig. 3과 같이 모바일 플랫폼 이동 시에는 무게중심을 낮게 하여 안정성을 극대화하고, 필요 시에는 자세를 변경하여 정찰 임무를 수행할 수 있다

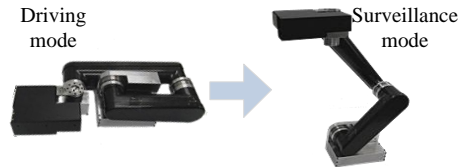


Fig. 3 Prototype of manipulator

3. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 정찰로봇용 머니플레이터 설계에 CFRP를 사용함으로써, 필요 토크를 최소화할 수 있는 경량화 머니플레이터를 설계하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 CFRP로 제작한 머니플레이터가 우수한 위치 정밀도를 제공할 수 있음을 검증하였다. 본 결과를 통하여 앞으로 개발되는 다양한 머니플레이터에 CFRP를 사용함으로써, 무게를 최소화하고 머니플레이터에 필요한 부품의 사양을 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 지식경제부 융복합형 로봇인력양성 “서비스 로봇용 자율 지능형 머니플레이션 연구센터” 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2001-C7000-1001-0003).

참고문헌

1. T.K. Kim, H.S. Kim, J.B. Song, J.H. Baek and J.K. Ryu “Arm Design of a Surveillance Robot for Stable Camera View,” KSME, 1078-1080, 2010.
2. A. Albu-Schaffer, S. Haddadin, Ch. Ott, A. Stemmer, T. Wimbock, and G. Hirzinger, “The DLR lightweight robot: design and control concepts for robots in human environments,” Industrial Robot: An International Journal, Vol. 34, No. 5, 376-385, 2007.