

# 두 점 집기 작업 시 외골격 구동체의 최소구동력 해석 Analysis of Minimum Actuation Force of Exoskeleton Actuators for Finger Tip Pinching

\*김윤정<sup>1</sup>, 정광훈<sup>1</sup>, \*이계한<sup>1</sup>, 김동민<sup>2</sup>, 조재영<sup>3</sup>, #이수진<sup>1</sup>

\* Y. J. Kim<sup>1</sup>, G. H. Jeong<sup>1</sup>, \*K. H. Rhee<sup>1</sup>, D. M. Kim<sup>3</sup>, J. Y. Jho<sup>2</sup>, #S. J. Lee(visionsj@mju.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>명지대학교 기계공학과, <sup>2</sup>홍익대학교 전기공학과, <sup>3</sup>서울대학교 생물화학공학과

Key words : Finger Exoskeleton, Actuation Force Optimization, Pinch Task

## 1. 서론

근골격 기능이 약화된 고령자이거나 마비장애로 불편을 겪고 있는 장애인들의 손 운동을 보조하기 위한 많은 외골격 장치들이 개발되고 있다. 그 중에 고분자 구동체를 이용한 외골격 장치는 가볍고 부드러우며 추가적인 운동전달장치를 요구하지 않는 장점을 가진다. 다양한 고분자 구동체중에서 IPMC(Ionic Polymer Metal Composite)<sup>1,2</sup>는 작은 입력전압으로도 큰 변위를 출력하는 장점을 가지고 있어서 본 연구에서는 손가락 외골격 장치의 구동체로서 IPMC를 다루고자 한다.

IPMC는 큰 변위 출력을 보이지만 상대적으로 작은 구동력을 출력하므로 IPMC를 구동체로 사용하기 위해서는 요구되는 구동력을 검토할 필요가 있다. 그러므로 본 연구에서는 손가락의 두 점 집기 작업에 요구되는 구동력을 손가락 각 관절자세와 집기 위치변화에 대하여 해석하고자 한다.

## 2. IPMC 외골격 장치 구성

IPMC를 구동체로 사용하는 손가락 외골격 장치를 그림 1과 같이 제작하였다. 손가락을 대신하는 3 자유도 더미(dummy)를 제작하고 손가락 구동체인 IPMC를 손가락 더미에 장착하였다. 또한 두 점 집기 작업 시 IPMC 구동에 의한 집기 힘을 측정하기 위하여 로드셀(Load cell)을 더미 끝단에 설치하고, 3 자유도 더미 각 관절의 각도를 측정하기 위하여 카메라로 각 관절의 움직임을 촬영한다.

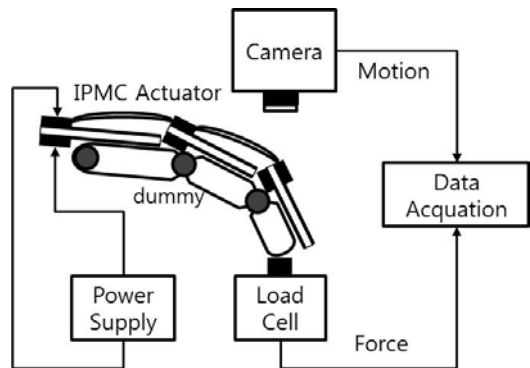


Fig. 1 Experimental setup of exoskeleton actuator (3 degree of freedom dummy with IPMC actuator, Motion capture system and force measuring system)

본 외골격 장치를 이용하여 일정한 집기 힘을 요구하는 두 점 집기 작업을 수행할 때 집기 위치에 따라서 IPMC 구동체에 요구되는 구동력이 달라진다. 또한 검지는 두 점 집기 작업의 수행을 위해 요구되는 최소 자유도보다 1 자유도 더 많은 여유 자유도를 가지고 있으므로 동일한 위치에서 집기 작업을 수행할지라도 관절자세에 따라서 요구되는 구동력이 달라진다. 그러므로 본 연구에서는 집기 위치의 변화와 관절 자세의 변화에 대하여 최소의 구동력을 해석함으로써 외골격 장치에서 IPMC 구동체의 사용가능성을 검토하고자 한다.

## 3. 구동력 최적화 해석

본 연구에서 두 점 집기 작업은 엄지가 고정된 상태에서 검지 끝단이 엄지에 힘을 가하는 작업으로 가정한다. 검지 끝단은 엄지 위에서 그림 2(a)와 (b) 사이에 놓인다고 가정하였으며 두 위치 사이에서 검지 끝단의 위치변화에 따라서 각 관절 구동체에 요구되는 구동력을 해석하였다. 또한 각 검지 끝단의 위치에서 각 관절의 각도를 허용범위 내에서 변화시키며 각 관절 구동체에 요구되는 구동력을 해석하였다.

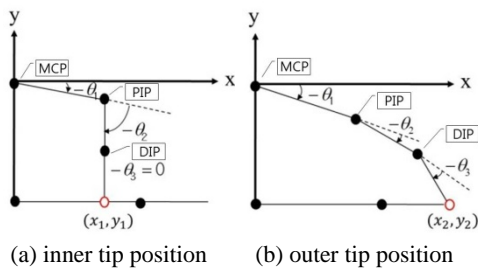


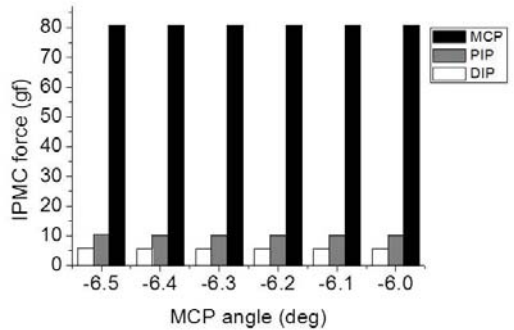
Fig. 2 Two extreme pinch positions

그림 2(a)와 (b)의 근처 위치에 검지 끝단을 고정시킨 상태에서 MCP (metacarpophalangeal) 관절 각도를 변화시키며 각 관절 구동체에서 요구되는 구동력을 해석하였다. 그림 3(a)와 (b)는 각각 그 결과를 보여준다. 구동력 계산을 위하여 그림 1의 더미에 작용하는 중력토크와 100gf의 집기 힘을 고려하였다<sup>3</sup>.

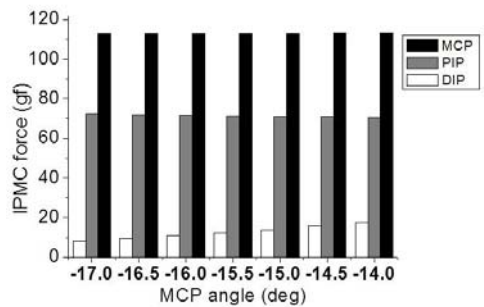
해석결과를 보면 각 관절 구동력의 변화는 관절자세의 변화에 대해서 크지 않은 반면 끝단 위치의 변화에 대해서는 크게 나타났다. 또한 각 관절 구동력 관점에서 본다면 그림 2(a) 근처 위치에서의 집기작업이 다른 위치에서의 집기작업보다 더 작은 구동력을 요구하는 것을 볼 수 있다.

#### 4. 결론

손가락 외골격 장치의 구동체로 사용되는 IPMC의 작은 구동력 문제를 검토하고자 본 연구에서 손가락 각 관절에서 요구되는 구동력을 해석하였다. 해석 결과 각 관절에서 요구되는 구동력은 IPMC 구동체에서 구현가능한 수준인 것으로 판단된다.



(a) Fingertip is fixed close to inner tip position



(b) Fingertip is fixed close to outer tip position

Fig. 3 Simulation results of actuation forces required at three finger joints with the variation of MCP joint angle

#### 후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0020937)

#### 참고문헌

1. Bar-Cohen Y., "EAP as Artificial Muscles - Progress and Challenges", Proceedings of SPIE's Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) Conference, pp.1-6, 2004
2. Deole, U., Lumia, R., Shahinpoor, M. and Bermudez, M., "Design and test of IPMC artificial muscle microgripper," Journal of Micro-Nano Mechatronics, Vol. 4, No. 3, pp. 95-102, 2008.
3. 김윤정, 정광훈, 이계한, 이수진, "두 점 집기 작업 시 손가락 관절토크의 역학적 해석", 한국 정밀공학회지, 제 28 권 6 호 pp. 657-662, 2011