

현장작업 분석을 통한 근력증강 로봇의 외골격 구조 설계

Augmentative Exoskeleton Structure Design Based on Working Motion Analysis

*#**하태준¹, 김대제¹, 김석환¹, 이정업¹**

*#T. J. Ha(taejuny@hyundai-rottem.co.kr)¹, D. J. Kim¹, S. H. Kim¹, J. Y. Lee¹

¹현대로템 주식회사 제어연구팀

Key words : Wearable Robot, Exoskeleton, Structure Design, Working Motion Analysis

1. 서론

인간의 능력을 향상시키기 위한 많은 선행연구가 과거로부터 활발하게 이루어져 왔고 최근에 들어 다양한 연구 성과들이 나타나기 시작하였다.

현재 착용식 외골격 로봇의 대표적 성과물은 미국 Raytheon社와 Lockheed Martin社 그리고 일본의 CyberDyne社에 의해 개발되었다. 그 중 Raytheon社의 XOS™[1]는 버전1에 이어 최근 버전 2를 공개하였으며 전신 착용형이다. XOS™는 외부의 유압동력원으로부터 동력을 공급받아 운용되며 최대 보행속도는 5.8km/h라고 보고되었다.

또 다른 선두주자라 할 수 있는 Lockheed Martin社의 HULC™[2]는 하지의 운동만을 보조하며 약 70kg의 가반 하중 하에서 동작이 가능하다고 발표되었다. 독자적인 동력원을 사용하여 약 17시간의 운용시간을 보인다. HULC™는 미군의 빠른 기동력을 위해 개발되었으며 현재 다양한 용도(하이킹, 환자보조 등)로 변형, 개발되고 있다.

마지막 대표주자인 CyberDyne社의 외골격 수트 HAL[3]은 사용자의 근전도 신호를 받아 사용자의 동작의도를 인지하여 근력을 증대시켜주는 로봇이다. 근전도신호의 특성상 다양한 사용자에 대한 신호획득이 어렵다고 알려져 있는데 최근 제품을 대역형식으로 상업화 계획을 발표하기도 하였다.

상기 모델 중 XOS™와 HULC™는 병사용 로봇으로 개발되어 산업용으로 사용하기에는 용도가 적당하지 않고 HAL은 환자 또는 노약자를 위하여 개발되었기 때문에 이 또한 산업현장에 적용하기에는 어려움이 있다. 앞서 언급되지는 않았지만 산업용으로 개발된 혼다사의 보행보조 장치는 작업자의 불편한 자세를 보조해 주기 위한 장치로 작업자의 근력을 증강시키는 용도로 보기에는 어

려움이 있다.

본 논문에서는 착용식 근력증강로봇을 산업현장에 적용시키기 위하여 실제 현장의 작업동작을 분석하고 이에 따라 요구되는 로봇의 동작을 파악하여 대상공정에 적합한 외골격 로봇의 설계를 진행하고자 한다.

2. 적용대상 공정 및 작업환경

외골격 근력증폭 로봇의 적용을 위하여 현대로템 창원공장 현장분석을 실시한 결과를 아래 Table 1에 나타내었다. 현장작업자의 애로사항중 대다수는 단순 반복 작업, 중량물 취급 작업으로 크게 분류될 수 있으며 본 연구에서는 중량물을 대상으로 하는 작업에 대한 근력을 증폭해주는 로봇의 개발을 목표로 선정하였다.

Table 1 Categorization of working type

공정		합계	
작업유형별	공정수	반복작업	중량물 취급
주사용	허리	6	7
신체별	다리	2	3
공정수	팔	5	4

로봇 설계상 치수를 산정하기 위하여 상기 언급된 공정을 수행하는 현장 작업자의 평균 신체사이즈 분석 결과 현장 작업자는 평균 47.1세 연령과 170.2cm의 평균 신장, 그리고 68.6kg의 몸무게를 나타내었다.

이와 같은 작업자들의 다양한 대상 공정중 개선이 우선시 된다고 판단되는 철도차량의 측면도어 취부작업을 선정하였다. 대상 작업은 현재 3인이 협동 작업을 하여야 하며 취부 작업에도 상당시간이 소요되어 작업공정 개선 시 생산량 증가로 이어질 수 있는 작업으로 판단하였다.

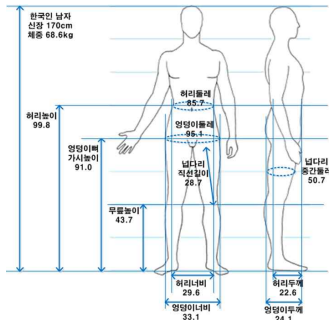


Fig. 1 Average body size of the Korean male adult

3. 모션캡처 장비를 이용한 작업분석

선정된 작업 간 인체의 관절 운동 범위를 파악하기 위하여 카메라를 이용한 모션캡처 장비를 이용하였다. 측면 도어의 취부 작업은 파지, 양중, 회전, 이송, 취부의 5가지 동작으로 세분화 할 수 있고 해당 작업을 수행하며 작업간 관절의 구동각 및 주요 관절 소요 토크를 측정하였다. 측정된 관절의 구동각을 통하여 외골격 구조물의 기구학적 구동범위를 제한하고 자중 및 가반하중에 대한 강도 해석을 통하여 링크부 설계에 반영하였다.

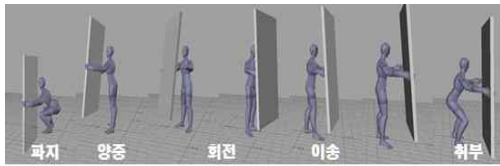


Fig. 2 A classification of the target working process

4. 근력증강로봇 외골격 구조설계

상기 시험을 통하여 대상공정간 주요 관절의 구동범위 및 관절에 걸리는 토크를 예측하였고 이를 바탕으로 외골격 로봇의 기구부의 메커니즘을 구현하였다. 해당 공정을 수행하는 동안 하지부의 주요 동작 관절은 고관절 3자유도, 무릎 1자유도, 발 및 발목 2자유도로 하지부에서는 총 12자유도의 동작이 발생하고, 그중 상대적으로 큰 토크가 소요되는 관절은 고관절 pitching, 무릎 pitching, 발목 pitching 관절로 총 6개의 능동관절로 구성하도록 하고 나머지 6개의 관절을 수동형 관절로 구성하여 하지부 관절배치를 하였다. 또한 능동관절 중 상대적으로 큰 구동각을 가지며 작은 토크를 요구하는 고관절 pitching과 슬관절 pitching에는 회전형 구동기를 배치하여 사용자에게 따라 가변되는 링크부의 길이조절을 용이하도록 하였고, 상대적으로 큰 토크가 요구되며 관절의 구동각이



Fig. 3 The designed mock up of industrial wearable robot

작은 발목 pitching에는 직선형 구동기를 배치하였다.

착용식 외골격 로봇의 구조물은 아래와 같은 요건을 만족하도록 설계되어야 한다.

- 대상공정의 주요 관절 구동범위를 만족시키는 로봇의 관절 배치
- 요구동작을 수행할 수 있는 관절 토크 생성
- 다양한 크기의 사용자를 위한 길이조절 장치
- 가반하중, 자중 및 착용자의 체중을 지지할 수 있는 링크의 강성

5. 결론

본 논문을 통하여 산업현장에 적용하기 위한 근력증강 로봇 개발 타당성을 확인하고 대상공정을 선정하여 로봇의 자유도 및 구동기의 사양을 선정하였다. 설계된 로봇의 요구조건 만족성을 확인하기 위하여 Dock-Up을 제작하였다. 향후 선정된 구동기를 탑재하여 산업현장에서의 과부하 작업물을 운용하기 위한 외골격 로봇을 개발할 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부 로봇산업원천기술개발 사업 [No. 10035461, 산업노동지원을 위한 착용식 근력증강로봇 기술 개발]의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Raytheon, XOS, http://www.raytheon.com/news-room/technology/rtn08_exoskeleton/
2. Missiles and Fire Control, Lockheed Martin, HULC, <http://www.lockheedmartin.com.products/hulc/>
3. H. Kawamoto, and Y. Sankai, "Power Assist System HAL-3 for gait Disorder Person", ICCHP, Atria, July 2002.