

인체 착용로봇 개발을 위한 구동력 해석 및 보행 동작 계획

Analysis of Actuation Torque and Motion Planning Algorithm for Development of Wearable Robots

*이지석¹, 최재연², 이정엽¹, #이병주²

*J.S.LEE¹, J. Y. Choi², J.Y.LEE¹, #B.-J. Yi(bj@hanyang.ac.kr)²

¹ 현대로템(주) 기술연구소, ² 한양대학교 전자전기제어계측공학부

Key words : Redundancy, ZMP, Human body motion

1. 서론

로봇기술의 발전으로 인해 산업현장의 많은 부분이 자동화되고 다양한 분야에서 로봇이 인간을 대체해 위험하거나 힘든 작업을 수행하고 있다. 그러나 작업환경이나 특수성 등으로 인해 여전히 인간이 직접 위험한 작업을 해야 하는 부분이 존재하고 이러한 문제를 해결하기 위해 작업자의 편의를 도모하고 과부하나 반복작업으로 인해 발생하는 직업병을 기피할 수 있는 착용형 근력증강로봇의 개발이 요구되고 있다.

인체는 구조적으로 선천적인 여유자유도를 갖고 있으며 이를 활용하여 주어진 작업을 수행하기 위한 다양한 동작을 구현한다. 즉, 작업공간에서 필요한 자유도보다 더 많은 관절들을 사용하여 작업을 수행한다. 착용형 근력증강로봇은 인체가 착용하는 로봇인 만큼 그 구조는 인체와 유사한 형태를 갖고 있다. 따라서 착용형 근력증강 로봇 역시 인체와 같이 여유자유도의 활용이 가능하고 다양한 알고리즘을 통해 목적에 부합한 다양한 동작들을 형성해 낸다.

최근 10 년여 동안 인간과 유사한 구조를 갖는 로봇의 동작 계획과 제어를 위한 연구가 집중적으로 진행되었고 현재도 활발히 연구되고 있다. So, et al [1]는 인간형 로봇의 동작 구현에 있어서 여유 자유도 알고리즘을 적용하여 보행 동작을 수행하였고 Zoss, et al [2]는 무거운 물체를 짊어지고 보행 가능하게 착용형 로봇을 설계했으며 Perry, et al [3]은 와이어를 이용한 상체 착용형 로봇을

설계하였다. 본 논문에서는 특정 작업을 수행하는 착용형 근력증강로봇의 동작계획에 앞서 구동력을 해석하고 여유자유도를 활용한 알고리즘을 통해 착용형 근력증강로봇의 안정된 보행 동작을 구현하고자 한다.

2. 인체 착용로봇의 외형

그림 1 은 인체 착용로봇의 외형을 나타낸다. 먼저, 그림 1(a)는 실제 모델과 같은 Solidwork 설계를 통해 해석에 필요한 동역학 파라미터들을 얻고 다음으로 그림 1(b)의 OpenGL 모델을 구동시켜 해석과 제안된 알고리즘을 검증 한다.

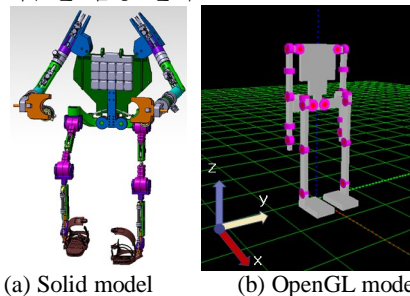


Fig. 1 Modeling of wearable robot

3. ZMP 구속 식을 이용한 동작계획 알고리즘

동작 계획을 위해 작업공간상의 기구 말단부의 가속도 값을 구하면 다음과 같으며

$$\underline{u}_i [G_i]_{-i} \dots [H_i]_{-i}^T, \quad (1)$$

ZMP 구속조건 식은 ZMP 식에 기구학적 관계식에서의 (1) 식을 대입하여 아래 식과 같이 직접적으로 유도된다[1].

$$C_x [G_m]_{-}^{D} -^D [H_m]_{-}^{D}. \quad (2)$$

여기서, C_x , $m_i g(x_i \ x_{ZMP})$ 로 표현되며 x_i , y_i , z_i , m_i , g 는 각각 i 번째 링크의 가속도, 질량 그리고 중력가속도를 나타낸다. 로봇이 기구학적으로 충분한 여유자유도를 갖고 있다면 계획된 ZMP 를 만족하는 관절의 각가속도 값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$- [G_m] (C_{-}^T [H_m]_{-}) (I [G_m] [G_m]_{-}) \cdot (3)$$

최종적으로 (3)식을 다시 (1)식에 대입하여 말단부의 동작과 ZMP 안정화를 모두 만족하는 $-$ 을 구하면 아래 식과 같다.

$$- [G(I [G_m] [G_m]) (\underline{u} \ G[G_m] (C_{-}^T [H_m]_{-}) -^T [H]_{-}) \cdot (4)$$

4. 시뮬레이션 결과

아래 그림 2 는 무거운 물체를 들어올리는 동작 시 인체착용로봇의 하체에 필요한 토크를 나타낸다. 그림 2 (d)와 같이 무릎관절에서 큰 토크를 요구했으며 그림 2 (c)를 통해 고관절 부위에선 하중의 지지를 위한 일정한 토크가 요구되는 것을 확인 할 수 있다. 그림 3 은 허리관절 유무에 따른 뒤로 물체를 당기는 동작의 모의실험 동작을 나타내며 그 결과 당기는 동작에서 허리 관절의 사용은 비효율적임을 확인하였다.

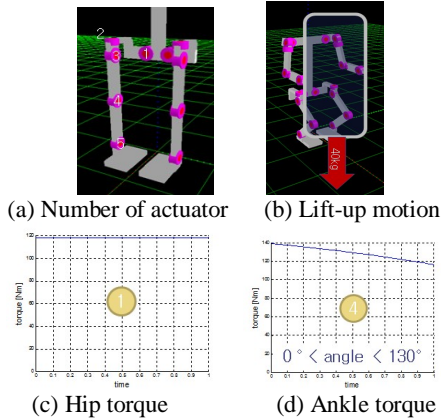


Fig. 2 Actuation torque for lift-up motion

마지막으로 3 절에서 제안한 알고리즘을 OpenGL 시뮬레이터에 적용하여 인체착용

로봇이 그림 4 와 같이 무거운 물체를 들고 안정적으로 보행하는 결과를 볼 수 있다.

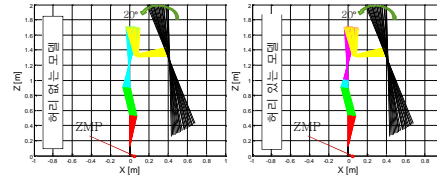


Fig. 3 Actuation torque Pull-back motion

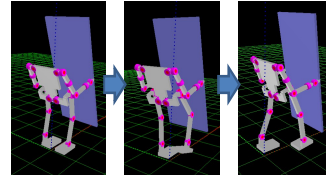


Fig. 4 Walking motion

5. 결론

인체착용로봇이 무거운 물체를 들어올리는 동작에서 필요한 하체부의 구동력을 해석하고 여유자유도를 활용하여 무거운 하중을 견디며 안정적인 자세로 보행이 가능한 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

후기

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

참고문헌

1. B. R. So, J. Y. Choi and B.-J. Yi, “A New ZMP Constraint Equation with Application to Motion Planning of Humanoid Using Kinematic Redundancy,” IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp. 1794-1800, 2005.
2. A. Zoss, H. Kazerooni and A. Chu, “On the Mechanical Design of the Berkeley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX),” IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp. 3132-3139, 2005.
3. J. C. Perry, J. Rosen and S. Burns, “Upper-Limb Powered Exoskeleton Design,” IEEE/ASME Trans. On Mechatronics, vol. 12, no. 4, pp. 408-417, 2007