캐릭터 선형 제어를 위한 다관절 구조 설계와 3D 프린팅

Multi-joint Design and 3D Printing for the Linear Control for Character

전 승 진, 김 병 철
호서대학교 일반대학원 나노바이오트로닉스학과

Seung-jin Jeon, Byoung-chul Kim
Hoseo Univ. Dept. Nanobiotronics

요약

본 연구는 소형 캐릭터의 다양한 관절운동을 선형제어를 통해 재현하기 위한 다관절 구조를 논의한다[1]. 최소 동력원으로 복수 관절부를 제어하여 다양한 동세를 표현하기 위해 개별 관절구조를 설계하고 3D 프린팅을 통해 제작한다. 형상 변형 및 다자유도 확보를 위한 볼 조인트 형식을 적용하여 캐릭터의 다양한 운동성을 논의한다. 3D 프린팅 적용 시 구동 특성을 재현하기 위해 구조별 설계와 소재별 프린팅 운영 특성을 기술함으로써 효과적인 관절구조 설계와 3D 프린팅의 연계 방법을 찾고자한다.

I. 연구 배경과 목적

본 연구는 인체 또는 동물의 다양한 운동을 선형제어 구조로 구현하기 위한 효과적인 관절 형상 및 제어 구조 디자인과 3D 프린팅을 이용한 출력 및 모형 제작을 목적으로 한다. 모터 제어 기반 구동구조가 다양한 형태로 개발되어 상용화되고 있으나 소형 캐릭터 관절부를 직접 제어할 경우 구조적 제한으로 인해 설계, 설치, 제어 등의 과정에 여러 문제가 발생될 수 있다[2][3][4]. 선형 제어 방식은 관절부 또는 축의 일부 구간에 제어선 통관 구조로 운동 제어가 가능하므로 소형 관절구조에 적용할 수 있다.

본 연구에서는 관절 구조를 단순·소형화하는 방법으로 구관절 기반의 선형 제어구조를 디자인하고 3D 프린팅 적용 시 소재별 출력오차에 대한 설계 특성 도출과 반영에 대해 논의한다. 관절부는 운동성에 따라 외형구조와 선형제어 특성이 달라지므로 영역별 각기 다른 구조가 설계되어야 한다. 3D 프린터로 출력할 경우 결합부의 크기, 유격, 강성 등이 설계에 반영되어야 하므로 그 운용과정에 대해서도 기술하고자 한다.

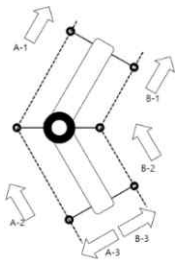
Ⅱ. 구조 설계 및 구동 형태 구현

1. 모터 기반 선형제어의 특성

관절부에 모터를 직접 장착 및 제어하는 경우 구동력 확보는 물론 영역별 정밀제어가 가능하다. 그러나 모터 및 기어구조 특성에 따라 외형이 결정되고 배선 등의 추가 공간 확보가 요구되므로 운동뿐만 아니라 외형 재현이 목적인 캐릭터의 경우 적용이 어렵다.

선형제어 방식은 각 관절을 와이어 등의 선형구조로 제어하므로 비교적 외형 및 크기 조절이 자유롭다. 아래 그림1은 본 연구의 선형 제어의 기본구조를 나타낸 것으로 점선으로 표현된 A-1, A-2 영역의 제어선이 화살표 방향으로 이동 시 A-3 지점이 해당 방향으로 순차 이동하게 된다. B 영역의 경우도 동일하며 이동 방향만 다르다.

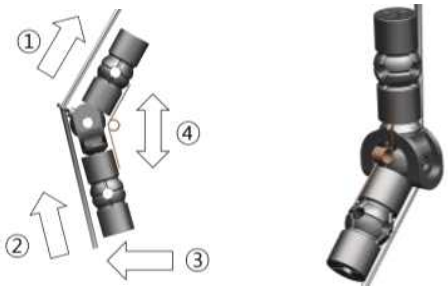
선형구조의 특성상 큰 힘의 전달에는 어려움이 있으나 제어선의 소재에 따라 유연한 구동성 확보가 가능하고 소형 캐릭터 적용 시에도 외형 재현은 물론 구동제어의 조건들을 충족시킬 수 있다.



▶▶ 그림 1. 선형제어의 기본 구조

2. 볼 조인트 기반 선형제어 구조

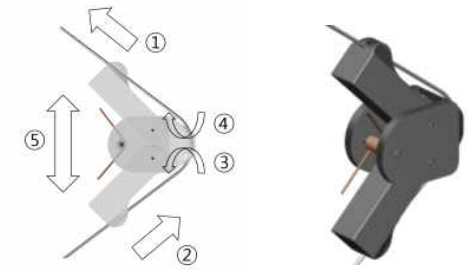
팔, 다리 구조는 인체 관절 중 가장 큰 운동성을 보이며 차축관절의 형태로 한 개의 회전축을 가진다. 본 연구에서는 해당 구조를 볼 조인트 형태로 구현하여 다른 축의 회전을 제한하는 형태로 선형 제어 구조를 제작하였다. 선형제어의 목적 중 하나인 동력원 최소화를 위한 선택이며, 기본 위치 설정을 위해 관절부에 토션 스프링을 이용하였다. 사전 초기 각도 설정에 따라 굽힘 응력이 선정되고 구동 축 제한의 효과도 얻을 수 있다. 다수 관절이 연결 될 경우에도 동일한 구조를 반복하여 한 개의 제어선과 동력원으로 운동 재현이 가능하다.



▶▶ 그림 2. 볼조인트 적용 선형제어 구조

3. 기어 구조를 활용한 선형제어 구조

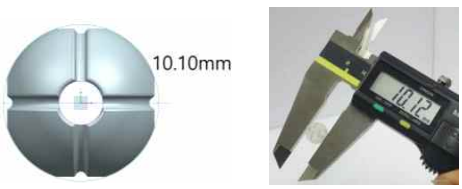
기어구조 적용할 경우 앞서와 그 구조와 운동성이 유사하지만 토션 스프링을 배제할 수 있다. 기어 형은 볼 조인트 형과 다르게 관절 움직임을 기어 톱니 개수와 접점을 기준으로 대칭형 제어가 가능하므로 위 경우보다 정밀한 구동이 가능하다.



▶▶그림 3. 기어구조를 활용한 선형제어 구조

4. 3D 프린팅을 이용한 구조 제작 및 운동특성

관절구조 제작 시 3D 프린팅을 이용하면 구동과정의 물리적 문제에 즉시 대응할 수 있으며 재료에 따라 여러 물리적 운동성을 재현할 수 있다. 본 연구에서는 FDM 타입의 ABS 수지와 DLP 타입의 광경화성 수지를 적용하여 해당 구조를 제작하였다. 3D 프린팅 적용 시에는 설계정보와 출력 결과물 사이의 크기 오차를 반드시 확인해야 한다. 이는 소재별, 장비 외부 환경에 따라서도 달라질 수 있다. 예컨대 온도 유지, 노즐 변형, 소재 변형, 모터 정밀도 등은 중요한 변수에 포함된다. 본 연구에서는 관절부 마찰감소와 자유도 확보를 위해 FDM 타입의 경우 노즐 사출부의 크기와 DLP 타입의 경우 광선 직경의 크기를 설계에 반영하였다. 아래 그림과 같이 DLP 광경화 수지의 경우 약 0.02mm 오차가 발생하며 대응 객체에 대해 해당 값을 반영해야 한다.



▶▶ 그림 4. DLP 타입 3D 프린팅 시 오차 크기

▶▶그림 5. 3D 프린팅을 통한 볼 조인트 타입 선형제어 구조

Ⅲ. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 소형 캐릭터에 적용 가능한 선형제어가 가능한 관절구조 디자인을 논의하였다. 서두 언급과 같이 10~15 cm 이하 소형 구동구조 또는 크기 제약으로 인해 최소의 구동원으로 운동을 구현해야할 경우 효과적 적용이 가능한 구조이다. 이후의 연구에서는 제어선과 접점 사이의 마찰로 인한 열과 크랙 발생 문제, 강성을 증가시킬 수 있는 축 구조 설계와 더불어 더욱 효과적인 3D 프린팅적용 방법에 대해 논의하고자 한다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] Yanai, N., Yamamoto, M., and Mohri, A., “Inverse Dynamics Analysis and Trajectory Generation of Incompletely Restrained Wire-Suspended Mechanisms,” IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 21-26, 2001.

[2] Chang, P. H., Park, H. s., Park, J., Jung, J. H. and Jeon,B. k., “Development of a Robotic Arm for Handicapped People : A Target-Oriented Design Approach,” 7th International Conference on Rehabilitation Robotics. Integration of Assistive Technology in the information Age, Vol.9, pp.84-92, 2001.

[3] Kang, S. H., “Active Compliance Control for the Rehabilitation Robot with Cable Transmission”, Master Thesis, KAIST, Dept. of Mechanical Engineering, 2002.

[4] Chang, P.H., Kang, S. H., Park, H. S., Kim, S. T. and Kim, J. H., “Active Compliance Control for the Rehabilitation Robot with Cable Transmission,” 8th International Conference on Rehabilitation Robotics, pp. 84-87, 2003.

이 논문은 2017년도 산업통상자원부의 ‘창의산업융합 특성화 인재양성사업’의 지원을 받아 연구되었음. (과제번호 N0000717)