

제대혈 보관을 위한 로봇 매니플레이터의 충돌처리 알고리즘 설계 Design of Robot Manipulator based on Collision Detection Algorithm for Storing Cord Blood

*이승희¹, 유기호², 정도영², #이민철³

*S. H. Lee(youneye@pusan.ac.kr)¹, K. H. Yu(yukihoh1118@pusan.ac.kr)², D. Y. Jeong(james.jeong@pusan.ac.kr)²,
#M. C. Lee(mcleee@pusan.ac.kr)³

¹부산대학교 기계기술연구원, ²부산대학교 대학원, ³부산대학교 기계공학부

Key words : Robot manipulator, Collision detection, Motion control, Cord blood, Cryogenic

1. 서론

최근 국내의 많은 연구진들에 의해 제대혈에서 추출된 성체줄기세포 및 배아줄기세포의 신체 이식 등 인간의 질병 치료를 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다 [1]. 제대혈 연구의 가장 기초가 되는 극저온 냉동 보관 장치의 경우 자동형 저장용기와 수동형 저장용기의 시스템의 형태에 따른 10 배 이상의 가격 차이가 발생한다. 수동형 저장용기의 경우 액체질소에 수동형으로 보관하는 자동형 저장용기와는 달리 극저온 기체질소 내에 제대혈이 담겨있는 캐니스터를 보관한다. 또한 수동형 저장용기의 경우 빈번한 수작업에 의한 외부 노출로 인하여 세포의 생존율이 낮은 실정이다. 따라서 용기내의 온도를 일정하게 유지하기 위해서는 필요한 제대혈만을 입출하는 자동 매니플레이터 시스템이 요구되며 이는 냉동 보관된 제대혈 세포의 생존율과 직결된다. 본 논문은 극저온 액체질소 보관용기 로봇 암의 기구적인 설계에 대한 선행 연구를 토대로 설계된 로봇 매니플레이터가 액체질소라는 극한 상황에서 매니플레이터의 말단장치인 Hook 이 정상적으로 자동용기의 저장 랙 핀에 정확히 안착되는 동작하고 있는지를 판단하는 충돌처리 알고리즘을 설계하고자 한다 [2]. 이를 위해서 제대혈 저장용기에 제대혈을 보관시에 잘못된 동작으로 인한 충돌방지 알고리즘에 의한 로봇 암 기구부를 설계하고 이를 실제 자동저장용기 시스템에 적용하고자 한다.

2. 제대혈 자동저장용기

선행 연구에서 자동저장 용기는 수동저장 용기의 이중 단열 용기의 상부에 로봇 암을 장착하는 형태로 설계되었다. 저장 랙이 들어가는 하부 진공용기의 상부 덮개가 단열 구조를 유지하기 위해서는 SCARA 로봇의 형태를 변형한 원형 덮개 형태의 링크를 가지는 로봇 암의 구조가 필요하다. 따라서 Major Lid와 Minor Lid를 이용한 로봇 암의 상부 구조를 설계하였다. 그림 1은 설계된 자동저장용기의 전체 외형이다. 이를 바탕으로 로봇 암의 순기구학과 역기구학의 해를 계산하기 위해서 Matlab 시뮬레이션 툴을 이용하여 로봇 암의 경로 계획을 설정하였다. 로봇 암 구조는 그림 1과 같이 상부의 Major Lid와 Minor Lid 및 Periscope의 Hook이 서로 회전운동을 하면서 직선운동을 만들어 내는 방식을 취하고 있다. 이는 로봇 매니플레이터의 구조 해석으로 볼 때 SCARA 로봇과 유사한 동작 특성을 가짐을 알 수 있었다. SCARA 로봇의 경우 관절, 링크의 크기에 따라서 작업 공간의 제약이 따르지만 자동저장용기의 로봇 암의 경우 작업 공간의 제약이 없는 것이 특징이다.



(a) Robot arm



(b) Major lid and minor lid

Fig. 1 Robot manipulator for storing cord blood

3. 로봇 암 충돌처리 하드웨어 설계

그림 2의 (a)는 선행연구에서 설계된 자동저장용기 로봇 암 Periscope에 장착되어 있는 말단장치인 Hook이다. 이 hook에 제대혈 캐니스터가 고리처럼 걸려서 원하는 위치로 이동될 수 있다. (b)는 이러한 단순 고리 역할을 하는 Hook의 구조를 변경하여 Periscope의 중심 방향으로 힘을 받을 경우에 접점스위치 역할을 할 수 있도록 Hook 자체를 접점스위치 형태로 변형한 리미트스위치 형태의 Hook이다.



(a) Periscope hook



(b) Hook with limit s/w

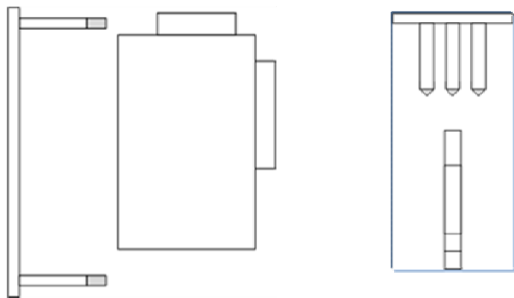
Fig. 2 Hook of end-effector

4. 충돌처리 알고리즘

그림 3 은 충돌처리 알고리즘을 적용하기 위한 자동저장용기에 제대혈 캐니스터를 장착하는 로봇 암 제어프로그램의 순서도 이다.



Fig. 3 Flow chart of robot arm control program



[Slot과 캐니스터의 측면도] [Slot과 캐니스터의 평면도]

Fig. 4 Block diagram of storing rack pin and canister

그림 4 에서 Slot 과 캐니스터의 측면도에서 Slot 하나 이상 벗어나지 않는다고 가정한다. Z 축 높이 4 가지, XY 평면 3 가지의 총 12 가지 경우의 수가 발생한다. 현재 XY 평면 오차는 제작 정밀도가 신뢰 오차 이내이므로 제외 점점 스위치의 입력과 12 가지 경우에서의 로봇 암에 의한 XY 평면 직선이동거리 사이의 상관관계 판단한다.

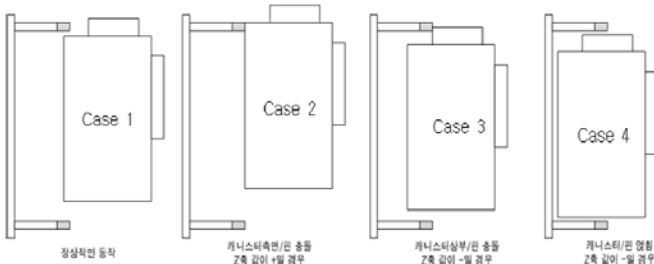


Fig. 5 Block diagram of each case of canisters position

그림 5 에서 충돌 감지 판단 변수는 제대혈 캐니스터가 저장용기 랙의 핀에 장착되는 시기인 XY 평면 직선 이동거리, 로봇 암 페리스코프 말단장치인 Hook 의 리미트스위치 점점 상태이다.

XY 평면 직선 이동거리 사이의 상관관계는

Case 1 : 정상진입거리 + 리미트 스위치 점점 OFF

Case 2 : 비정상진입거리 + 리미트 스위치 점점 ON

Case 3 : 비정상진입거리 + 리미트 스위치 점점 ON

Case 4 : 비정상진입거리 + 리미트 스위치 점점 OFF 이다.

5. 결론

외부와 차단된 액체질소가 담긴 극저온 용기 내에서의 로봇 암 제어를 통해 원하는 위치에 제대혈 캐니스터를 저장 랙에 장착해야 한다. 캐니스터가 장착되는 저장 랙은 액체질소에 완전히 수몰되어 외부와 차단된 상태이므로 원하는 위치에 제대혈 캐니스터가 정확히 장착되었는지의 여부를 육안이나 영상 센서 등을 이용하여 판단할 수가 없다. 이에 로봇 암 말단장치인 Hook 에 리미트스위치를 설계하여 비정상적인 위치에 제대혈 캐니스터가 진입하게 될 경우 알람 상태를 발생시켜 정상적인 위치로 수정이 가능한 알고리즘을 개발하였다. 이 알고리즘을 활용하여 외부와 차단된 상태에서 제대혈 캐니스터를 자동저장용기 내부의 정상 위치에 저장이 가능하다.

후기

본 연구는 산업자원부 지역산업중점기술개발사업(70000658)에 의해 지원되었으며, 이에 관련한 여러분께 깊은 감사드립니다.

참고문헌

1. 김현옥, “제대혈유래 조혈줄기세포를 이용한 세포치료기술 개발,” 과학기술부, 2005.
2. 이승희, 박영이, 정도영, 이민철, “극저온 환경에서의 제대혈 보관을 위한 로봇 매니플레이터 설계” 한국정밀공학회, 2008 년도 춘계 학술대회 논문집, pp. 423-424, 2008.
3. BioArchive System, “Automated Liquid Nitrogen Storage System Service and Maintenance Manual,” ThermoGenesis Corp.