승강기 탑승 및 조작을 위한 물류 로봇의 로봇팔 설계

Design of the robotic arm of a logistics robot for boarding and manipulating elevators

이호준, 박재민, 양석호, 김민규

Abstract Robot arms are used in various ways in industrial sites. Traditionally, it was fixed in one position in the factory and used. Palletizing robots is useful at this time. Recently, robots have become lighter in industrial sites. Existing palletizing robots are mainly multi-joint robots, and most of them are large and heavy in size. To make the robot lighter, we would like to suggest a way to supplement the problem through a palletizing robot with a belt-pully structure.

Keywords Robot arm, Mobile robot, Palletizing robot, Belt-pully structure, elevator

1. 서론

물류 로봇의 시장 확장성이 날이 갈수록 향상되어 가는데 물류 로봇이 승강기를 탑승할 시 현행법상 승강기와 로봇에 직접 데이터 통신을 하는 것은 불법이므로 승강기 버튼을 물리적으로 직접 누르기 위하여 로봇팔을 만들었다.

또한 장애인용 버튼이 승강기 내부의 낮은 위치에 설계되어 있으므로 그 버튼을 누를 수 있게 작동하도록 로봇팔 설계 및 제작을 진행하였다.

2. 본문

2.1 로봇팔 설계

로봇팔의 R.O.M은 그림 1과 2의 과정을 통하여 검증할 수 있다.

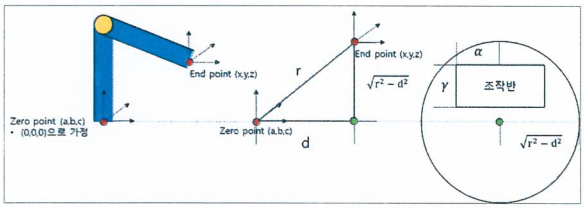

그림1 로봇팔 R.O.M_1

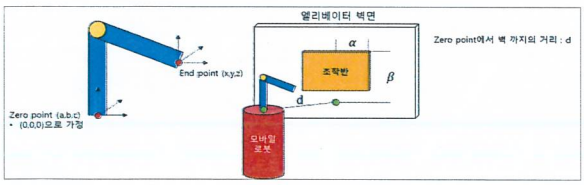

그림2 로봇팔 R.O.M_2

그림1과 그림2의 검증된 내용을 바탕으로 수식(1) 성립시켜 그 계산식을 도출해 낼 수 있다.

$$\sqrt{(x-a)^2+(y-b)^2+(z-c)^2}=r \qquad \sqrt{\alpha^2+\beta^2+d^2}=r$$

$$(x-a)^2+(y-b)^2+(z-c)^2=r^2 \qquad \alpha^2+\beta^2+d^2=r^2$$

$$x^2+y^2+z^2=r^2$$

(1)

도출된 수식으로 로봇팔을 특정 승강기뿐만 아니라 여러 규격의 승강기에서도 이용할 수 있다. 길잇값을 측정하여 수식에 대입하면 link1과 link2의 길이를 도출할 수 있다.

기존의 팔레타이징 로봇은 링크에 구동부가 직접 연결되는 구조 혹은 외부 링크가 있는 구조를 사용한다. 링크에 구동부가 직접 연결되는 구조의 경우 모터는 모터의 무게와 링크의 무게를 더한 무게를 견뎌야 한다. 이는 구조적으론 단순할 수 있지만 로봇 암의 경량화 측면에서는 단점을 가진다.

외부 링크가 있는 구조의 경우 링크가 모터의 무게를 지지하지는 않지만 구조가 복잡하다. 또한 외부 링크 때문에 회전각이 제한된다. 우리가 제안하는 구조의 팔레타이징 로봇팔은 가볍고, 간단한 구조이며, 회전각이 제한되지 않는다.

그림3의 로봇팔의 구조를 보면 Motor 1은 Link1과 직접 연결되어 모터의 동력이 직접적으로 Link1으로 전달된다. Motor 2와 Link2 connect Pully, Link2 Connect shaft는 하나의 body로 고정된다.

Link 2와 Link2 connect pully를 Link2 Belt로 연결해 Link2 Motor의 동력이 Link2로 전달된다. End point tip은 동력 전달을 위한 모터가 연결되지 않았다. 그렇지만 End point connect Pully와 End connect shaft의 고정, end point tip과 연결된 shaft와 end point connect pully 간의 고정, 그리고 회전을 전달해주기 위한 belt 시스템을 통해 항상 같은 방향을 바라보는 팔레타이징 로봇의 특성이 재현된다.

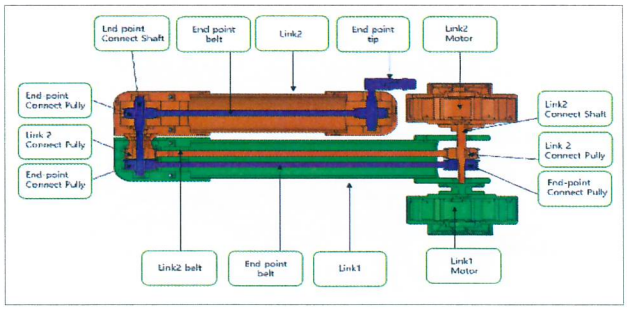

그림 3. 로봇팔의 구조

첫 번째 링크를 움직이는 Link1 Motor를 제외하고 나머지 링크는 벨트-풀리 시스템을 통해 동력을 전달함으로 링크 끝단에 모터가 달려서 모터의 무게만큼 토크가 증가하는 문제점을 해결한다. 이 경우 무게로 인해 생기는 처짐을 방지하고 경량화된 로봇 암을 제작할 수 있다.

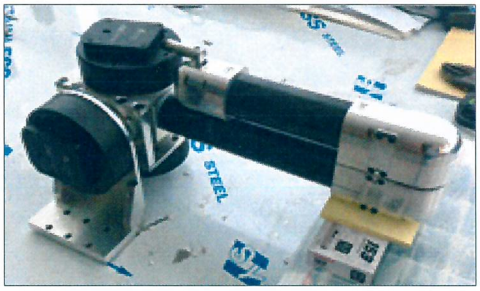

그림 4. 실제 로봇팔

2.2 로봇팔 제어

로봇팔을 작동하여 엘리베이터의 버튼을 누르기 위해서는 버튼의 좌표를 받아서 모터의 각도를 도출해야 한다. 로봇팔은 모터가 움직인 각도에 따라 로봇 끝점의 좌표가 결정된다. 역기구학식 식(3)을 사용하여 로봇팔의 끝점의 좌표가 주어질 때 모터가 얼마나 작동해야 하는지도 구할 수 있다.

식(3)을 아두이노를 사용해 코딩하여 업로드하면 원하는 좌표를 가지고 있을 때 로봇팔이 승강기 버튼을 누르는 동작을 구현해낼 수 있다.

$$C_{\theta_3} = \frac{(p_x)^2+(p_y)^2+(p_z)^2-l_1^2-l_2^2-d^2}{2l_1l_2} \quad (3)$$
$$S_{\theta_3} = \pm\sqrt{1-C_{\theta_3}^2}$$
$$\theta_3 = \mathrm{atan}(S_{\theta_3}, C_{\theta_3})$$

$$C_{\theta_2} = \sqrt{(p_x)^2+(p_y)^2-d^2}(l_2C_{\theta_3}+l_1)+p_zl_2S_{\theta_3}$$
$$S_{\theta_2} = (l_2C_{\theta_3}+l_1)p_z-l_2S_{\theta_3}\sqrt{(p_x)^2+(p_y)^2-d^2}$$
$$\theta_2 = \mathrm{atan2}(S_{\theta_2}, C_{\theta_2})$$

$$C_{\theta_1} = p_x(l_1C_{\theta_2}+l_2C_{\theta_2\theta_3})+p_yd$$
$$S_{\theta_1} = (l_1C_{\theta_2}+l_2C_{\theta_2\theta_3})p_y-p_xd$$
$$\theta_1 = \mathrm{atan2}(S_{\theta_1}, C_{\theta_1})$$

2.3 비전 카메라

로봇팔이 버튼을 인식하는 방법은 여러 가지가 있지만 본 과제에서는 비전 카메라를 이용하여 버튼의 좌표를 획득하는 방법을 선택하였다. 비전 카메라가 버튼을 인식하여 좌표를 획득해서 아두이노로 전송하면 획득한 좌표를 기반으로 역기구학을 계산해서 모터가 회전해야 하는 각도를 도출한다.

3. 결론

본론에서 서술한 로봇팔 설계와 제어로 목표로 하는 동작을 수행하였다. 또한 로봇팔은 기존의 다관절 팔레타이징 로봇팔 보다 경량화되었다. 그러나 모바일 로봇에 탑재될 것을 목표로 설계되었으므로 그 호환성도 고려되어야 할 사항 중 하나이며, 모바일 로봇도 그에 맞는 기술을 탑재하고 있어야 할 것이다.

현재는 비전 카메라가 버튼의 좌표 획득이라는 목적에만 사용이 되지만 자율주행, 장애물 인지 및 회피 등 다양한 목적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] chan lee, "Wire-tension control using compact planetary geared elastic actuator," *2017 IEEE international conference on robotics and automation*(ICRA), May, 2017.

[2] chan lee, "Configuration and performance analysis of a compact planetary geared elastic actuator," *IECON 2016-42nd AnnualConference of the IEEE Industrial Electronics Society*, October, 2016.