

구형 또는 반구형 영구자석을 이용한 인공관절에 대한 연구

김 인 구, 황 인 성, 고 창 섭
 충북대학교 전기기기 연구실

A theoretical Study of robot artificial joint with spherical- or hemispherical type permanent magnet.

*In-Ku Kim, In Sung Hwang, Chang Sub, Goh
 Chungbuk National University, Gaeshin-dong, Heungduk-gu, Chungju, Korea

Abstract - 로봇의 메커니즘 중 가장 어렵고 필수 구성 수단인 부품으로 여겨지는 것은 관절이다. 이에 관해서 오래 전부터 많은 연구가 수행되고 있다. 본 논문은 이 로봇관절에 대한 것으로 축에 연결된 구형 또는 반구형 영구자석을 이용하여 관절의 자유도를 늘림과 동시에 응답속도를 빠르게 하기 위한 장치에 대한 연구로서 영구자석과 고정자 사이에 공극을 두고 서로 수직으로 교차하도록 고정자 권선을 배치하고 권선에 전류를 흘려서 관절을 움직이게 하는 방법이다. 구형 또는 반구형자석이 장착된 축과 반구형 쉘(shell) 내부에 교차하는 두 개의 고정자 권선이 장착된 축으로 구성된 것을 특징으로 한다.

1. 서 론

메카트로닉스 기술의 발전과 더불어 로봇은 산업 현장에서 인간을 대신하여 많은 작업을 수행하여 왔다. 로봇이 사람에게 비하여 정밀하고 큰 파워를 낼 수 있고, 반복적인 작업을 실행 하는데 용이하였기 때문이었다. 그러나 이러한 생산현장을 대상으로 하는 시장은 이미 성숙 단계에 이르렀으며, 로봇은 산업 현장을 벗어나 사람과 함께하는 수준에 이르게 되었다. 일본의 미쯔비시 연구소의 보고서에 의하면 현재를 시장형성기의 단계로 보고 있고 애완동물, 청소로봇 등을 중심으로 시장을 개척해 나가는 단계라고 할 수 있다. 로봇의 부품요소는 크게 센서와 액추에이터로 대별할 수 있다. 로봇에 있어서 센서는 외부세계의 정보들을 로봇에게 전달 시켜주는 소자이므로 그것들의 정밀도 및 가격, 성능과 적용범위 등을 결정한다. 기존의 산업용 로봇에 필수적으로 광범위하게 쓰이고 있는 센서들이 있으며 또한 특별히 최근에 비 산업용이 대두 되면서 시각, 청각, 후각, 촉각 및 미각 기능을 모방하는 오감 센서의 개발 필요성이 증대되고 있다. 따라서 액추에이터는 입력된 신호에 대응하여 작동을 수행하는 작동기기, 또는 명령신호에 따라서 작동하는 집행기기이다. 따라서 액추에이터는 로봇시스템에서 팔 다리 등의 관절에 필요한 구동 모터, 자동차의 전동, 반도체 이송장치, 의료기기, 직교좌표 로봇 등에 사용 되어 진다. 이러한 응용분야에서 액추에이터의 성능이 곧 전체 시스템의 성능을 좌우한다고 할 수 있다. 모든 로봇시스템은 신속하고 정확한 동작을 위해서 빠른 응답성, 정확성, 고 효율성, 저가형, 토크 밀도 등 많은 성능을 요구한다. 따라서 이에 부응하고 적합하며 다양한 액추에이터용 모터 개발이 요구되어 지고 있다. 이 경계 및 산업 기술의 발전은 많은 부분에서 인간의 생활을 변화시켜 왔다. 로봇과 같이 인간의 행동을 대신할 능동적 장치는 팔과 손의 능력이 최우선으로 고려되어야 한다. 따라서 인간의 다양한 팔의 행동을 연구하기 위해서는 로봇의 관절자유도에 대한 연구가 필연적이고 또한 관절의 연구는 다양한 인간의 작업을 수행하기 위해서 꼭 필요하다. 인간의 관절은 그 크기도 작을 뿐 아니라, 다양한 행동을 수행해야 하기 때문에 기구학적, 동

역학적 해석 및 메커니즘 설계, 구동장치 설계, 제어 등의 연구가 필요하다. 인간관절의 기본적인 구조는 여러 근육과 뼈로 구성되어있다. 실제 구동은 여러 근육의 병렬적 움직임으로 이루어진다. 병렬적 연결은 특성상 많은 하중을 견딜 수 있으며 빠르고 정확한 동적 특성을 가지고 있어 비행 시뮬레이터, 자동차용 테스트 베드 등 여러 분야에 적용되고 있다./1/ 현재까지의 연구 결과에서는 로봇관절의 작동성이나 편의성, 실용적인 면에서 많은 문제점이 발견되었다. 다양한 작업을 위한 동작, 간단한 구조, 힘 제어 기능들을 개선하기 위해 새로운 인간의 관절에 흡사한 로봇관절을 도입하여 로봇의 동작과 기능을 개선할 수 있는 관절을 개발하고자 한다.

2. 본 론

2.1 Lorentz force

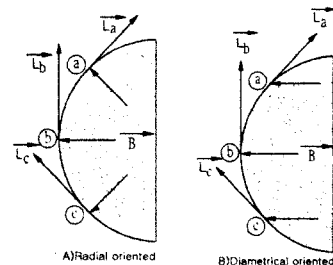
전기적 에너지를 기계적인 운동에너지로 바꾸는 데는 일반적으로 다음과 같은 원리가 적용된다. 자기장(B)내에 위치한 길이 l 인 coil에 전류 i(A)가 흐를 때 코일에 작용하는 힘 F는 다음과 같다.

$$\vec{F} = i \cdot \left(\vec{l} \times \vec{B} \right) \text{ [Nm]} \quad (1)$$

F: 힘[N], i:전류[A], l:코일길이[m], B:자속밀도[Wb]

2.2 구형, 반구형 영구자석과 코일에 작용하는 힘

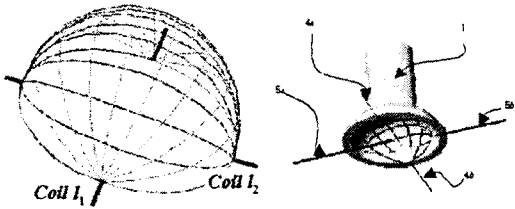
자기장내의 전선에 작용하는 힘은 식 1과 같이 표기할 수 있으며, 같은 방법으로 구형 모터 권선에 흐르는 전류의 방향과 권선에 작용하는 힘과 자기장을 벡터로 표시하면 그림 1과 같다.



[그림 1] 반구형 영구 자석과 도선에 작용하는 힘/2/

또한, 두개의 코일 l1과 l2를 수직으로 그림 2와 같이 배치하였을 때에 각각의 코일에 작용하는 힘은 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \vec{F}_1 \\ \vec{F}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} \cdot \left(\begin{bmatrix} \vec{l}_1 \\ \vec{l}_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \vec{B}_1 \\ \vec{B}_2 \end{bmatrix} \right) \quad (2)$$

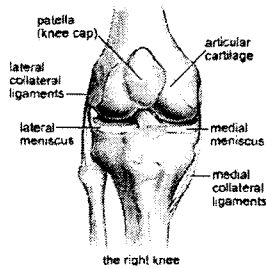


[그림 2] 반구형 영구자석에 배치할 두 도선의 형상이 두 힘의 합 F 는

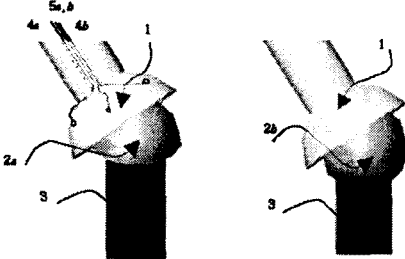
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad \text{이고} \quad (3)$$

구형 또는 반구형자석의 반경 r 에 의해 \vec{M} 의 회전모멘트를 형성하고 흐르는 두 전류 i_1 과 i_2 의 크기에 비례한다.

$$\vec{M} = r \cdot \vec{F} \quad r: \text{코일의 반경[m]} \quad (4)$$

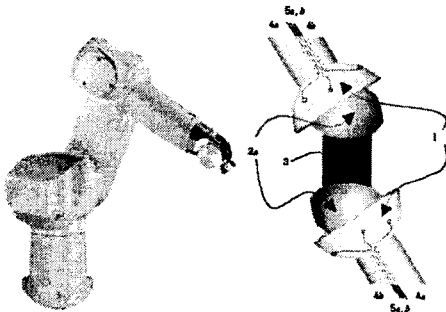


[그림 3] 인간의 오른쪽 무릎관절



1: 고정자 축, 2_a: 반구형 PM, 2_b: 구형 PM
3: PM이 장착된 축, 4_a, 4_b: X축 고정자권선, 5_a, 5_b: Y축 고정자권선

[그림 4] 제안된 관절



[그림 4] 기존 로봇 관절 모양

[그림 5] 제안된 관절을 두개 결합한 모양 /3/

3. 시뮬레이션

그림 3에서 볼 수 있는 인간의 무릎 관절과 같이 구형 또는 반구형 영구자석을 내부에 배치한 제안된 관절의 시뮬레이션은 Maxwell program을 이용하였고, 사용된 재료의 특성은 다음 표 1과 같다. 결과는 표 2에서 볼 수 있다.

[표 1]

	재료	비투자율	도전율 [S/m]	corecivity [A/m]	retentivity [Tesla]
stator	steel	10102*10 ⁶			
coil	copper	0.999991	5.8*10 ⁷		
magnet	NdFe30	1.044573017	6.25*10 ⁵	838000	1.1

[표 2]

전류[A]		토크 [Nm]						방향 (축사이)
l_1	l_2	x축 +	x축 -	y축 +	y축 -	M_{ax}		
1	1	-0.40	0.40	-0.22	0.22	0.46	-x, y	
1	-1	-0.41	0.41	0.33	-0.33	0.53	x, y	
-1	1	0.17	-0.17	-0.22	0.22	0.28	-x, -y	
-1	-1	0.15	-0.15	0.33	-0.33	0.36	x, -y	
1	2	-0.39	0.39	-0.50	0.50	0.64	-x, y	
1	-2	-0.38	0.38	0.59	-0.59	0.71	x, y	
-1	2	0.13	-0.13	-0.49	0.49	0.50	-x, -y	
-1	-2	0.14	-0.14	0.62	-0.62	0.64	x, -y	
2	1	-0.65	0.65	-0.22	0.22	0.68	-x, y	
2	-1	-0.68	0.68	0.34	-0.34	0.76	x, y	
-2	1	0.44	-0.44	-0.23	0.23	0.50	-x, -y	
-2	-1	0.41	-0.41	0.34	-0.34	0.53	x, -y	
2	2	-0.66	0.66	-0.50	0.50	0.83	-x, y	
2	-2	-0.69	0.69	0.62	-0.62	0.93	x, y	
-2	2	0.43	-0.43	-0.51	0.51	0.67	-x, -y	
-2	-2	0.43	-0.43	0.61	-0.61	0.75	x, -y	
1	0	-0.27	0.27	0.12	-0.12	0.27	x, y	
0	1	0.02	-0.02	-0.26	0.26	0.26	-x, -y	

표 2에서 확인 할 수 있는 것 같이 전류 I_1 과 I_2 에 따라서 고정자 축이 -X에서 +X 그리고 -Y에서 +Y로 이동하고. 또한 그림 5에서 볼 수 있는 것같이 두개의 관절을 결합할 경우 -Z까지도 이동할 수 있음을 알 수 있다. 즉 기존로봇 관절(그림 4 참조)은 X축으로 이동 후 Y축 그리고 Z축으로 이동해야하나 제안된 관절에서는 곧바로 이동이 가능하여 응답속도가 빠를 뿐 아니라 제어가 용이함이 가능한 것을 보여준다.

4. 결론

본 논문에서는 구형 또는 반구형 영구자석을 이용하여 그림 3과 같은 인간의 관절과 흡사한 모형으로 제안된 로봇관절에 대하여 이론과 시뮬레이션을 통하여 그 가능성을 제시하였다. 또한 I_1 과 I_2 에 크기와 방향에 따라서 고정자 축이 이동하는 것을 확인 할 수 있었다. 제안된 인공관절에 대한 것이 본격적으로 사용된다면 로봇의 운동과 이동에 대하여 한결 빠른 응답속도로 작용할 뿐 아니라 그 구조가 더욱 간단하게 될 것으로 생각된다. 또한 운동토크를 크게 하기 위해서는 사용되는 코일의 종류와 방법에 따라 다를 수 있으므로 리즈코일과 같은 방법으로 도입한다면 가능할 것이다. 이를 위해서는 지속적인 연구가 필요하다.

[참고 문헌]

- [1] J. G. Keramas, "Robot Technology Fundamentals", ISBN89-88397-59-2, 2000년 1월
- [2] In-Ku Kim, "Magnetizer having permanent magnet in a shape of a hemisphere, a semispherical shel or a sphere." Patent No.: US 6, 836, 202, B1.1"
- [3] In-Ku Kim, The method of creasing of the efficiency through structure change by electrical motor, Patent No.:10-2002-0054974. 11. 2003