

인간의 신경학적·형태학적 모델에 기반한 로봇 팔 설계

The Design of Robot Arm based on the Morphological and Neurological Model of Human

최형윤*, 문용선*, 김이곤**, 배영철**

*순천대학교 정보통신공학공학부, **전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터공학부

Hyeong-Yoon Choi*, Yongsun Moon*, Yi-Gon Kim**, YoungChul Bae**

* Sunchon National University, ** Chonnam National University

E-mail : ycabe@chonnam.ac.kr

요 약

본 논문에서는 현재까지 나타난 휴머노이드 로봇의 문제점을 극복하고, 미래형 로봇의 발전방향인 “개방화”, “네트워크화”, “모듈화” 개념을 만족하는 새로운 구조를 설계하기 위한 인간 팔의 형태학적·신경학적 모델을 제시하고 이를 기반으로한 휴머노이드 로봇 팔 설계 방법을 제시하였다.

1. 서론

1960년대에 산업용 로봇이 처음 출현했을 때 로봇은 단지 정해진 작업만을 반복하는 장치의 개념인 매니플레이터(manipulator)로서 사용이 되었다.

20년이 지난 1980년대 이후 마이크로프로세서의 등장과 함께 로봇에 대한 많은 연구들이 시작되면서 로봇은 단순 작업만을 반복하는 장치가 아닌 다양한 목적 및 용도를 가지고 있는 대상으로 인식되어 개발되기 시작했다.

로봇에 대한 기술 및 인식이 다양하게 변화하면서 인간은 점차 로봇과 인간을 연관시키기 시작하였으며, 이로부터 인간을 닮고 인간의 행위(behaviour)를 모방할 수 있는 로봇을 지칭하는 휴머노이드 로봇(humanoid robot)이 등장하게 되었다[1~3]. 현재 개발된 대표적인 휴머노이드형 로봇으로는 일본 혼다사(Honda)의 아시모(ASIMO)[4][5]와 한국과학기술원의 휴보(HUBO)[4][5]가 있다. 아시모는 현재까지 개발된 국내외 휴머노이드 로봇들 중 가장 우수한 것으로 알려져 있다.

현재 휴머노이드 로봇기술은 로봇의 제작과 기

술의 구현에만 초점이 맞추어져 있으며, 로봇 개발을 위한 분석, 설계, 구현, 통합 등의 개발 메커니즘들에 대한 개방화된 방법론은 개발되어 없었다는 문제점이 있다.

본 논문에서는 현재까지 나타난 휴머노이드 로봇의 문제점을 극복하고, 미래형 로봇의 발전방향인 “개방화”, “네트워크화”, “모듈화” 개념을 만족하는 새로운 구조를 설계하기 위한 인간 팔의 형태학적·신경학적 모델을 제시하고 이를 기반으로한 휴머노이드 로봇 팔 설계 방법을 제시하였다.

2. 인간팔의 형태학적 신경학적 분석

2.1 형태학적 분석

본 논문에서는 휴머노이드 로봇 팔의 개발에 있어서, 인간 팔의 구조 및 동작과 유사한 로봇의 팔의 구현을 위하여 인간 팔의 형태학적 구조에 대한 로봇의 매핑 개념을 적용한다. 그림 1은 인간 팔의 형태학적 구조에 대한 인간 로봇 매핑 개념도이다[10-15].

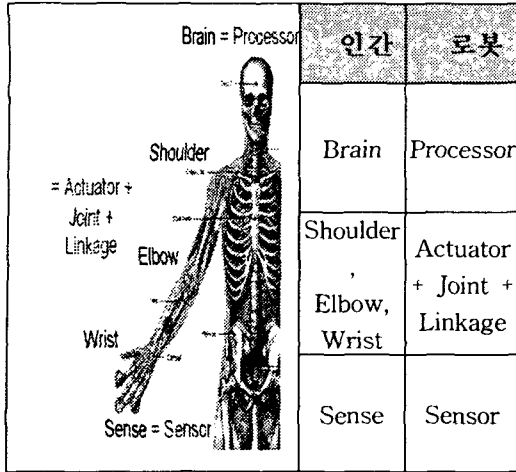


그림 1. 인간-로봇 형태학적 매핑 개념

형태학적 관점에서의 인간의 팔은 크게 어깨관절, 팔꿈치관절, 손목관절인 3개의 관절로서 정의된다. 어깨관절은 3가지 방향으로 움직이는 3자유도, 팔뚝을 포함한 팔꿈치관절은 2자유도, 손목관절은 2자유도로서 최종적인 인간의 팔은 7자유도로 구성되어 있다.

인간 팔의 관절들 중 가장 많은 움직임을 가지는 어깨관절은 Sterno-Clavicular (SC) 관절, Acromio-Clavicular (AC) 관절, Scapulo-Thoracic (ST) 관절, Gleno-Humeral (GH) 관절로서 모두 4개의 어깨 관절들로 구성되어 있다. 어깨관절의 운동계 표현을 위한 자유도를 기술할 때는 Gleno-Humeral (GH) 관절만을 사용한다. Gleno-Humeral 관절은 Flexion/Extension 운동에 대한 1자유도, Adduction / Abduction 운동에 대한 1자유도, Internal Rotation / External Rotation 운동에 대한 1자유도로서 총 3자유도를 갖는다.

팔꿈치관절은 Extension/Flexion 운동을 실시하는 1자유도의 팔꿈치와, Pronation/Supination 운동인 1자유도의 팔뚝을 포함한 2자유도로 구성되어 있다. 물론 자유도 기술관점에 따라 팔뚝을 손목관절로 포함시켜서 팔꿈치 관절을 1자유도로 기술하기도 한다.

손목관절은 Flexion/Extension, Radial/Ulnar 정의되는 2자유도의 운동을 가지나 팔꿈치 관절처럼 팔뚝을 포함한 3자유로 사용하기도 한다.

인간 팔의 형태학적인 구조에 대한 분석 과정을 통하여 최종적으로 유도한 인간 팔의 자유도 및 운동 범위에 대한 분석 결과는 표 1과 같다.

표 1. 인간 팔에 대한 운동계 및 운동범위 최종 명세

	Joint name	Movement	Movable angle
Human Arm	Shoulder (3DOF)	Flexion/Extension	-180° / 50°
		Adduction/Abduction	-180° / 50°
		Internal/External rotation	-90° / 90°
	Elbow (2DOF)	Flexion/Extension	-145° / 0°
		Pronation/Supination	-70° / 85°
	Wrist (2DOF)	Flexion/Extension	-75° / 70°
Radial/Ulnar		-20° / 35°	

표 1에서 기술하는 인간의 자유도 및 운동은 인간 해부학적 용어로서 실제 로봇으로 좌표로 적용하기는 어렵기 때문에 표준화된 좌표시스템으로 변환 과정이 필요하다. 본 논문에서는 인간 운동계의 로봇 적용을 위한 좌표계로서 현재 로봇좌표시스템으로 사용되는 피치(Pitch), 롤(Roll), 요우(Yaw) 좌표시스템을 사용하며 이에 대한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 일반적인 로봇 좌표계와 인간 팔 운동계와의 매핑 결과

	joint name	movement	angle
Humanoid Robot arm	Shoulder (3DOF)	Pitch	-180° / 50°
		Roll	-180° / 50°
		Yaw	-90° / 90°
	Elbow (2DOF)	Pitch	-145° / 0°
		Yaw	-70° / 85°
	Wrist (2DOF)	Pitch	-75° / 70°
Roll		-20° / 35°	

2.2 신경학적 분석

인간 신경학적 구조에 대한 분석을 통해서 휴머노이드 로봇 팔의 구현을 위한 제어네트워크 및 프로세서의 구조 등을 정의한다. 인간은 로봇의 통신 네트워크에 비교되는 신경(Nerve)을 바탕으로 근육에 대한 움직임을 실시하고 각 기관

을 통하여 내부 및 외부환경에 대한 정보를 받아 드린다. 이러한 신경은 기능적인 면에서 로봇의 네트워크와 같은 관점으로 볼 수 있다. 또한 인간의 신경학적 분류에 따라 신경계는 뇌(Brain), 척수(Spinal cord), 감각 및 운동기(Sensoimotor)로 구분되는데 이것은 로봇의 제어를 담당하는 프로세서의 기능적인 모듈화와 매칭이 될 수 있다. 그림 2는 인간 신경계를 구조에 대한 로봇 매핑의 개념도이다.

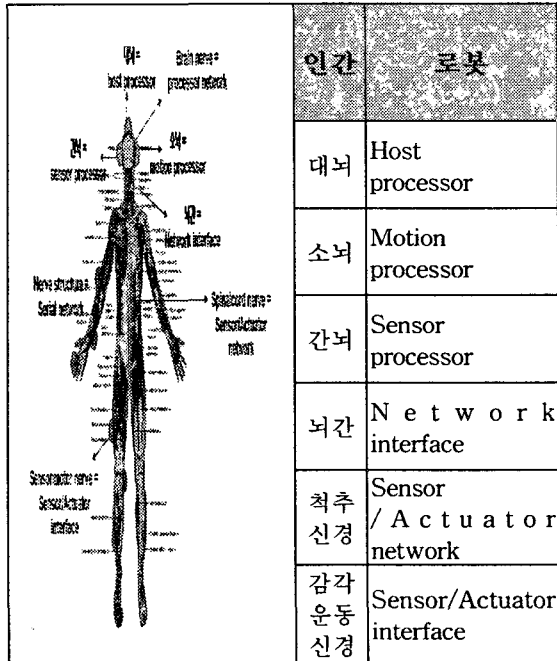


그림 2. 인간-로봇 신경학적 매핑

인간의 뇌는 감각 신호인식, 운동명령, 기억저장, 사고과정에 대한 추론 등과 같은 인간의 모든 행동 및 행위에 대한 제어를 관장하는데 이러한 인간의 뇌 기능들은 로봇 프로세서의 구조 및 기능을 결정하는 기준으로 사용된다. 뇌의 세부적인 역할 및 기능에 대한 내용은 표 3과 같다.

표 3. 뇌에 대한 신경학적 분석

대뇌 (Cerebrum)	전두엽 (Frontal lobe)	-신체의 운동에 대한 조절 -운동양상의 계획에는 관여하지 않으며 계획이 수행되는 최종단계에 작용 -경험에 의해 형성된 운동작용 프로그램 저장
	측두엽 (Temporal lobe)	-청각영역 -베르니케감각영역 위치 -운동언어영역에 연결
	두정엽 (Parietal)	신체 감각에 대한 해석 및 인식

	lobe)	-신체 특정 부위에 대한 크기 보다는 기능적 중요성에 비례하여 겉질의 면적 결정
	후두엽 (Occipital lobe)	-눈으로 통하여 들어오는 정보 수용영역 -물체 추적 및 반사기능 운동관련
	간뇌 (Diencephalon)	-후각을 제외한 모든 종류의 감각 정보 수용 -대뇌겉질과 밀접하게 연결 -1,2번 뇌 신경핵 위치
	뇌간 (Brain Stem)	-앞뇌에 위치한 고위중추의 여러 부위와 척수의 사이를 연결하는 신경로가 지나가하는 통로 -호흡과 심혈관계의 조절에 관련된 중요한 반사중추 -3~12번 뇌 신경핵 위치
	소뇌 (Cerebellum)	-수의적 운동에 관한 정보 -무의식적인 근육긴장 유지 -정교한 운동 조절자

인간의 뇌신경과 더불어 인체의 큰 신경의 한 영역을 구성하는 척추신경은 인간이 느끼고 행동하기 위하여 요구되는 신호를 가장 최상위 신경인 뇌로부터 정보를 입력받아 가장 하위신경으로 정보를 전달한다. 신경들 사이에 중계역할을 담당하는 인간의 척추신경계의 구조를 로봇의 통신 네트워크로서 정의한다. 운동 및 감각 기관을 담당하는 감각·운동신경은 뇌와 척추로 자극을 전달하거나 전달받으며, 이러한 구조는 로봇을 구성하는 센서 및 액추에이터의 구성 및 인터페이스로 정의한다.

3. 휴머노이드 로봇팔 모델링

로봇 팔의 신경학적 분석과 형태학적 분석을 통하여 나타낸 휴머노이드 로봇 팔에 대한 요구조건들을 기반으로 개발한 휴머노이드 로봇 팔에 대한 설계 모델을 개발한다[35]. 표 4는 현재 개발된 국내외 휴머노이드 로봇 팔의 구조에 대한 분석과 인간 형태학적 구조에 대한 분석을 통하여 유도되는 휴머노이드 로봇 팔에 대한 기본 요구 조건을 나타낸다.

표 4에서 제시된 요구사항들을 기반으로 본 논문에서는 ISO15754 표준의 개방형 객체 모델링 및 프로파일링 기술을 적용하여 개발할 휴머노이드 로봇의 설계 및 구현에 대한 개방화된 개발 방법론을 적용한다.

표 4. 휴머노이드 로봇 팔의 구현을 위한 요구조건

항목	요구조건	이유
팔의 형태	모듈 구조	- 팔 구조의 간소화 및 케이블 배선 문제 해결
자유도	5~7 자유도	- 인간 구조 기반의 최적 행위 구현
액추에이터	AC 서보모터	- 고정도 제어 및 관절의 영구적인 사용
제어 네트워크	고속 네트워크	- 고속 데이터 처리
	모션제어 네트워크	- 모션제어 성능 향상 및 다축 관절 동기화
	시리얼 네트워크	- 인간 신경계 구조, 케이블 배선 제거, 모듈화 구현

그림 3에 인간 팔의 신경학적·형태학적 모델에 기반하여 구현할 휴머노이드 로봇의 자유도 및 구조에 대한 개념을 나타내었다.

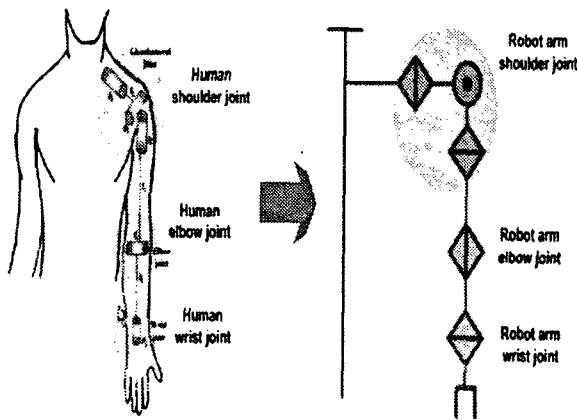


그림 3. 인간의 팔 운동계 기반의 휴머노이드 로봇 팔 구조

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 인간 팔의 형태학적·신경학적 모델을 제시하고 이를 기반으로 한 휴머노이드 로봇 팔 설계 기법을 제시하였다. 앞으로 이 설계 기법을 적용한 로봇 팔을 실제 제작하는 것이 과제로 남는다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 대학기초연구사업으로 진행되었음

참고문헌

- [1] Karl Williams, "Build Your Own Humanoid Robots", Tab Books, 2004.
- [2] 인간지능생활지능로봇기술개발사업단, "차세대지능로봇핵심기술" 진한엠앤비, 2006.
- [3] 유범재, 오상록, "네트워크 기반 휴머노이드", 주간기술동향 통권 1158 호, pp. 11-22, 2004.
- [4] 오준호, "휴머노이드 로봇의 현황과 발전 방향", 대한기계학회 기계저널 제 44권 4호,
- [5] 오정연, "u-Korea Case Service", 한국정보사회진흥원, 2005.
- [6] Rainer Bischoff, Volker Graefe, "HREMES-a Versatile Personal Robotic Assistant", IEEE-Special Issue on Human Interactive Robots for Psychological Enrichment, pp. 1759-1779, Bundeswehr University Munich, Germany.
- [7] In A. Zelinsky, "Design Concept and Realization of the Humanoid Service Robot HERMES", Field and Service Robotics, London, 1998.
- [8] Rainer Bischoff, "HERMES-A Humanoid Mobile Manipulator for Service Task", International Conference on field and Service Robots, Canberra, December 1997.
- [9] Rainer Bischoff, "Advances in the Development of the Humanoid Service Robot HERMES", Secode International Conference on field and Service robotics, 1999.
- [10] H. Netter MD, "Atlas of Human Anatomy, Professional edition", W.B Saunders, 2006.
- [11] 정진웅, "기본 인체해부학", 탐구당, 2002.
- [12] Van De Graaff 저, 김연섭외 8 역, "Human Anatomy 6th Edition, 청문각", 2004.
- [13] David G. Amaral, "Anatomical organization of the central nervous system," in Principles of Neural Science, 4th ed., E.R. Kandel, J.H. Schwartz, and T.M. Jessell (eds.), NY: McGraw-Hill, 2000, pp. 317-336.
- [14] James P. Kelly, "The neural basis of perception and movement," in Principles of Neural Science, 3rd ed., E.R. Kandel, J.H. Schwartz, and T.M. Jessell (eds.), Norwalk, CN: Appleton & Lange, 1991, pp. 283-295. See especially pp. 292-293.
- [15] H.R. Wilson, "Simplified dynamics of human and mammalian neocortical neurons," J. Theor. Biol. **200**, 375-388 1999.
- [16] ISO TC 184/SC 5, "ISO 156745 - Industrial automation system and integration Part1, 1999.