

인간의 신경학적 모델에 기반한 로봇팔의 내부 통신망 설계

The Design of Internal Communication Network of Robot Arm based on the 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 휴머노이드 로봇에 적용 가능한, 미래형 로봇의 발전방향인 “개방화”, “네트워크화”, “모듈화” 개념을 만족하는 새로운 구조의 로봇 설계를 위해 인간의 신경학적 모델을 이용한 기법을 제시하고 이를 기반으로 한 로봇에 적용하기 위한 SERCOS 통신 기반의 로봇 팔에 대한 내부 통신망 설계 방법을 제시하였다.

1. 서론

1960년대에 산업용 로봇이 처음 출현했을 때 로봇은 단지 정해진 작업만을 반복하는 장치의 개념인 매니퓰레이터(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 로봇 기술은 로봇의 제작과 기

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

본 논문에서는 휴머노이드 로봇에 적용 가능한, 미래형 로봇의 발전방향인 “개방화”, “네트워크화”, “모듈화” 개념을 만족하는 새로운 구조의 로봇 설계를 위해 인간의 신경학적 모델을 이용한 기법을 제시하고 이를 기반으로 한 로봇에 적용하기 위한 SERCOS 통신 기반의 로봇 팔에 대한 내부 통신망 설계 방법을 제시하였다.

2. 인간팔의 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 기관을 통하여 내부 및 외부환경에 대한 정보를 받아들인다. 이러한 신경은 기능적인 면에서 로봇의 네트워크와 같은 관점으로 볼 수 있다. 또한 인

간의 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.

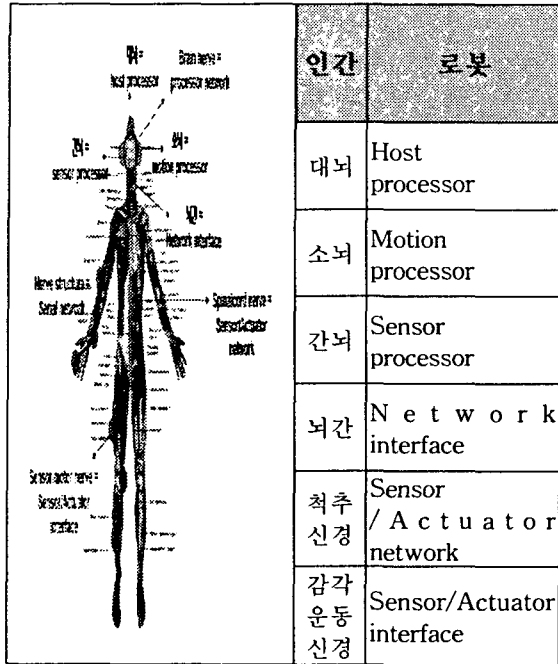


그림 1. 인간-로봇 신경학적 매핑

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 1과 같다.

표 1. 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 lobe)	-신체 감각에 대한 해석 및 인식 -신체 특정 부위에 대한 크기 보다 높은 기능적 중요성에 비례하여 길쭉한 인식 길쭉

후두엽 (Occipital lobe)	-눈으로 통하여 들어오는 정보 수용영역 -물체 추적 및 반사기능 운동관련
간뇌 (Diencephalon)	-후각을 제외한 모든 종류의 감각 정보 수용 -대뇌질과 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 로봇 팔 통신망 모델링

로봇 팔의 신경학적 분석과 형태학적 분석을 통하여 나타낸 휴머노이드 로봇 팔에 대한 요구조건들을 기반으로 개발한 휴머노이드 로봇 팔에 대한 설계 모델을 개발한다[16]. 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 2에서 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 2. 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 2에 인간 팔의 신경학적·형태학적 모델에 기반하여 구현할 휴머노이드 로봇의 자유도 및 구조에 대한 개념을 나타내었다.

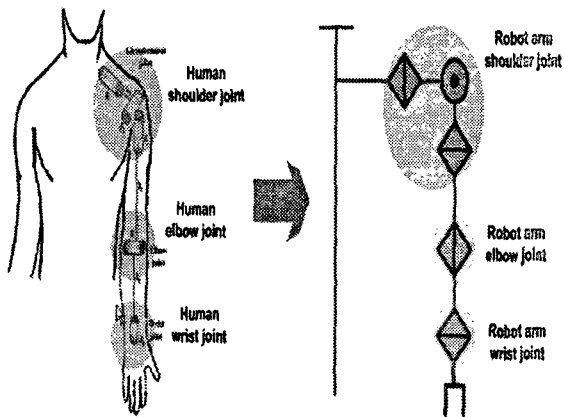


그림 2. 인간의 팔 운동계 기반의 휴머노이드 로봇 팔 구조

그림 2의 개념도에서 인간의 7자유도에서 이동반경이 가장 협소하여 운동제어 큰 영향을 미치지 않는 손목관절의 2자유도를 제외한 어깨 3자유도, 팔꿈치 1자유도, 손목 1자유도를 가지는 5자유도의 휴머노이드 로봇 팔을 구현하며 부족한 2자유도에 대해서는 연관된 모션제어를 통하여 극복할 수 있도록 한다.

표 3은 구현할 휴머노이드 대한 자유도 및 이동범위에 대한 구성을 나타낸다.

표 3. 휴머노이드 로봇 팔의 관절별 이동범위

Arm joint		Movable range
Humanoid robot arm	Shoulder (3DOF)	Roll $-95^\circ < R < 30^\circ$
		Pitch $-180^\circ < P < 60^\circ$
	Yaw $-90^\circ < Y < 90^\circ$	
Elbow (1DOF)	Pitch $-135^\circ < P < 0^\circ$	
	Wrist (1DOF)	Yaw $-90^\circ < Y < 90^\circ$

휴머노이드 로봇의 전체 팔 길이는 표 9의 국내 표준 남녀의 팔 길이를 적용하여 구현을 하였다. 그리고 각 링크별 길이는 인간과 동일한 관절 위치의 사용을 통한 기구적인 제약으로 인하여 약간의 차이를 가진다.

표 4. 인간 팔의 표준 크기

재형 내용	남성(mm)	여성(mm)
Stature	1783	1607
Arm Length	583	536
Shoulder Length	138	128
Upper-arm Length	338	309
Foream Length	245	227
Hand Length	186	175

구현할 휴머노이드 로봇 팔의 제어시스템은 서론에서 언급하였던 현재의 휴머노이드 로봇 문제점인 케이블 배선문제, 낮은 통신 속도 문제, 동기화 기술문제, 제어성능 문제 등을 해결할 수 있는 시스템 구조인 SERCOS(Serial real-time communication system) 네트워크와 AC 서보모터를 사용한 네트워크 기반 휴머노이드 로봇 제어시스템으로서 구성한다. SERCOS 통신은 국제 표준 모션제어 전용 프로토콜(Protocol)로서 16Mbps의 고속의 데이터 처리가 가능하며 실시간 고정도 운동제어 및 다축 동기화 기능을 지원하여 기존 휴머노이드 로봇의 시스템적인 문제점을 해결한다. 또한 AC 서보모터의 경우 DC 모터와는 달리 브러쉬와 정류자가 존재하지 않으므로 모터의 장기간 사용이 가능하며, 제어의 성능이 우수하다는 장점을 가지고 있다[17].

그림 3은 SERCOS 네트워크 기반 휴머노이드 로봇 팔 제어시스템의 구조를 나타낸다.

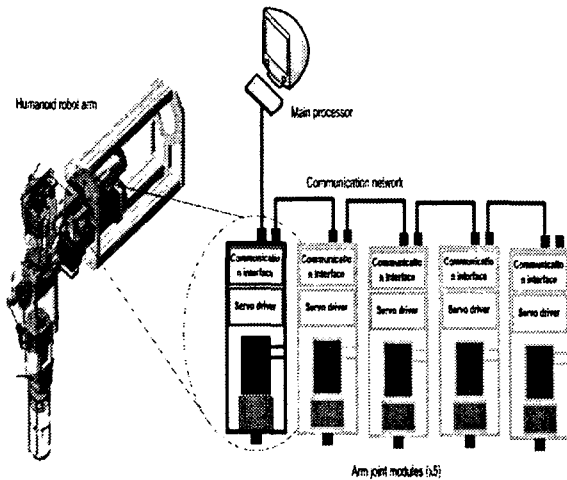


그림 3. 일체형 관절 모듈 시스템의 개념적 구성도

표 5는 구현한 SERCOS 기반 휴머노이드 로봇 팔 제어시스템의 구성 및 기능을 나타낸다.

표 5. SERCOS 기반 휴머노이드 로봇 팔 시스템 구성

Component	Description
Master controller	- 휴머노이드 로봇 팔의 운동제어를 담당하는 부분으로서 SERCOS 통신을 통하여 하위의 드라이버들과 통신한다.
SERCOS NIC	- 제어기와 모터드라이버들간의 통신을 연결해주는 인터페이스 기능을 담당한다.
SERCOS Servo system	- 휴머노이드 로봇 팔의 관절 구동부로서 SERCOS 통신을 통하여 휴머노이드 로봇 팔을 구동 및 제어한다.
SERCOS I/O	- SERCOS 통신을 기반으로 휴머노이드 로봇 팔의 모든 입출력 신호들을 담당한다.
Limit & Home sensor	- 휴머노이드 로봇 팔의 초기화 및 관절 이동 리미트 기능을 담당한다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 인간 팔의 신경학적 모델을 제시하고 이를 기반으로 한 휴머노이드 로봇 팔 내부의 통신망 설계 기법을 제시하였다. 앞으로 이 설계 기법을 로봇 팔 및 로봇에 적용하여 현장 시험을 하는 것이 과제로 남는다.

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.
- [17] Ronald Larsen, Managing Director, "Introduction to the SERCOS interface, Instrumentation and Control System", USA, 1999.