



전신 균형을 유지하는 상반신 양팔로봇의 직접교시 제어

Direct Teaching for Upper-Body Dual Arm Robot with Whole Body Balancing

저자
(Authors) 조준희, 이동현, 오용환

출처
(Source) [제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집](#), 2016.3, 306-307 (2 pages)

발행처
(Publisher) [제어로봇시스템학회](#)
Institute of Control, Robotics and Systems

URL <http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06649332>

APA Style 조준희, 이동현, 오용환 (2016). 전신 균형을 유지하는 상반신 양팔로봇의 직접교시 제어. 제어로봇 시스템학회 국내학술대회 논문집, 306-307.

이용정보
(Accessed) 한국과학기술연구원
161.122.113.***
2016/08/24 16:03 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다.

이 자료를 원저작자와의 협의 없이 무단게재 할 경우, 저작권법 및 관련법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

The copyright of all works provided by DBpia belongs to the original author(s). Nurimedia is not responsible for contents of each work. Nor does it guarantee the contents.

You might take civil and criminal liabilities according to copyright and other relevant laws if you publish the contents without consultation with the original author(s).

전신 균형을 유지하는 상반신 양팔로봇의 직접교시 제어

Direct Teaching for Upper-Body Dual Arm Robot with Whole Body Balancing

○ 조 준 희^{1,2}, 이 동 현¹, 오 용 환^{1*}¹⁾ 한국과학기술연구원 로봇연구단 (E-mail: jhjo@kist.re.kr, phenom8305@gmail.com, oyh@kist.re.kr)²⁾ 과학기술연합대학원대학교 HCI 및 로봇응용공학과

Abstract This paper presents a safety guaranteed direct teaching control of upper-body dual arm robot using whole body balancing with floating on the ground. This study is motivated in interaction between direct teaching robot and human close to each other without any protector for emergency situation. The direct teaching with whole body balancing is considered to guarantee the stability of the robot in teaching phase interacting with human and current servo is considered to teach the tasks to robot without any sensors and handles at the end-effector in position servo. Friction and gravity is also compensated to manipulate the robot with current servo more properly. Whole body balancing algorithm is validated by upper-body dual arm simulator with two cases.

Keywords Direct teaching, whole body balancing, dual-arm

1. 서론

많은 산업 로봇들이 로봇 근처로의 사람의 접근을 허용하면서 다양한 연구들이 이어지고 있는데, 직접교시의 경우 사람의 의도를 파악하여 매니플레이터가 움직여야 한다. 이를 위해 매니플레이터 말단부에 핸들을 달고, 그 아래나 [1] 위에 [2],[3] 혹은 양쪽에 [4],[5] 힘/토크(F/T) 센서를 장착하여 사용자가 주는 움직임을 로봇이 파악할 수 있도록 피드백을 준다. 작업자는 핸들을 움직여 작업의 순서를 교시하고 로봇은 위치/힘 하이브리드 제어나 컴플라이언스 제어와 같은 방식을 통해 교시점을 추종한다.

또한, 로봇이 구조물에 고정되어 있던 산업 로봇 대신 바닥과 고정이 되지 않은 형태의 로봇들이 투입 되면서, 교시 당시의 사용자의 안정성에 대한 문제도 고려되어야 한다. 작업자는 교시 작업 중에 로봇이 안정된 상태인지 아닌지를 모르기 때문에 과도하게 작업을 교시하다 로봇이 작업자의 방향으로 쓰러질 수 있다.

이 논문에서는 전신 균형을 유지하는 상반신 양팔로봇의 직접교시 제어 방법을 제안한다. 본 논문의 목적은 사람과 로봇 사이에 어떤 보호 장치 없이 상호 작용을 통해 직접 교시가 가능하도록 하는데 있다. 로봇 시스템은 F/T 센서와 핸들을 사용하지 않고, 위치 서보 대신 컴플라이언스 모션을 보상하기 위해 전류 서보를 이용한다. 따라서 유지는 로봇의 각 관절들을 움직여 원하는 자세에서 원하는 작업을 수행하도록 로봇을 교시한다. 그리고 중력과 마찰을 보상하여 교시를 할 때 사람이 매니플레이터를 쉽게 움직일 수 있도록 한다. 또한, 물체

중심(CoM)을 이용한 전신 균형제어를 이용하여 로봇이 사람을 향해 쓰러지는 것을 방지한다.

2. 본론

2.1 직접교시 제어기 제안

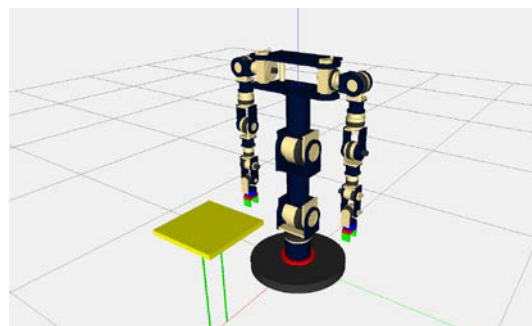


그림 1. 상반신 양팔로봇 시뮬레이션 모델. 각 팔에 8 자유도, 몸통 3 자유도로 총 19 자유도이며 53Kg 이다.

그림 1과 같이 일정 지지영역(SP)을 갖는 로봇시스템을 가정한다. 직접교시제어는 교시 단계와 재현 단계 두 가지로 나뉜다. 교시 단계에서는 사람이 직접 손으로 로봇의 각 관절을 움직여 작업을 교시하고 각각의 교시점들을 정보로 저장한다. 저장된 정보는 재현 단계에서 사용되며, 교시 단계에서의 전신 균형 제어 알고리즘은 CoM 관찰 모듈 [6]에 CoM 감쇠기를 추가한다.

$$\tau_{com} = J_{com}^T (-\alpha K_{com,p} p_{com} - K_{com,d} \dot{p}_{com}) \quad (1)$$

α 는 CoM reflex 이득으로 다음과 같다.

$$\alpha = \begin{cases} 0, & r \leq r_{lim} \\ (r - r_{lim}) e^{a(r-r_{lim})}, & r > r_{lim} \end{cases} \quad (2)$$

r 은 지면 중심부터 CoM까지의 거리이고, r_{lim} 은 CoM 제한선으로 일반적으로 supporting polygon(SP)과 같다. 그리고 이를 이용한 교시 제어기는 다음과 같다.

$$\tau = \tau_{com} + \tau_g \quad (3)$$

τ_g 는 중력보상 토크이다. 이 제어기를 이용하여 사용자가 원하는 각 지점마다 포인트를 저장하고, 이를 이용하여 로봇이 작업을 재현한다. 재현을 위한 제어기는 전형적인 말단부 PD 제어기 및 관절 감쇠기로 다음과 같다.

$$\tau_{pb} = J^T(K_p(p_d - p) - K_d\dot{p}) - C\dot{q} \quad (4)$$

J 는 자코비안 행렬이고, K_p 와 K_d 는 positive definite 행렬이고, p, p_d 는 말단부의 현재 위치와 추종 위치이다. \dot{p} 는 현재 속도이고, \dot{q} 는 관절의 속도이다. 따라서, 재현 단계의 작업 수행 토크는 다음과 같다.

$$\tau = \tau_{com} + \tau_g + \tau_{pb} \quad (5)$$

2.2 CoM 관찰 모듈 검증

알고리즘 검증을 위해 두 가지 경우를 시뮬레이션 하였다. 첫 번째 실험은 Job Pose(0.1-5.1s), Transition 1(5.1-10.1s), Transition 2(10.1-15.1s)을 순차적으로 수행한다. CoM 이 SP 안에서는 안정하나, 밖으로 나가면 로봇이 쓰러지므로 그림 2 에서와 같이 CoM 알고리즘이 CoM 이 SP($r=0.25$) 밖으로 나가는 것을 막도록 토크를 생성한다.

두 번째 실험은 물체를 잡는 작업까지 포함하여 Job Pose(0.1-5.1s), Transition 1(5.1-10.1s), Transition 2(10.1-15.1s), Grasping(15.1-17.1s), Transition 3(17.1-21.1s)를 순차적으로 실행한다. 그림 3 에서와 같이 물체를 잡기 전에는 SP 안에 있던 CoM 이 물체를 잡으면 CoM 이 SP 밖에 있게 되어 CoM 알고리즘이 CoM 이 다시 SP 안쪽에 위치할 수 있게 토크를 생성하는 것을 볼 수 있다.

3. 결론

이 논문은 직접교시 및 재현을 상반신 양팔로봇 모델로 전신 균형제어를 이용한 방법론을 제안한다. 사람이 로봇 가까이 와서 작업을 해야 하는 직접 교시의 경우 과도한 작업을 설정하다 로봇이 사람에게 쓰러질 수 있으므로 이를 방지하기 위해 CoM 관찰 모듈을 적용하여 교시 중의 사고를 예방한다. 또한 재현 시에도 CoM 알고리즘을 적용해 로봇이 안정적으로 재현하도록 한다.

참고문헌

- [1] T. Fukuda, M. Nakaoka, T. Ueyama, and Y. Hasegawa, Direct teaching and error recovery method for assembly task based on a transition process of a constraint condition, In Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation, volume 2, pages 1518–1523 vol.2, 2001.
- [2] H. Asada and H. Izumi, Direct teaching and automatic program generation for the hybrid control of robot manipulators. In Proceedings 1987 IEEE International Conference on Robotics and Automation, volume 4, pages 1401–1406, Mar 1987.

* 본 논문은 산업통상자원부가 출연하고 한국산업기술평가관리원에서 위탁 시행한 로봇산업융합핵심기술개발사업[과제 번호:10038660]의 지원으로 이루어졌습니다.

- [3] G. S. Choi and C. S. Kim, "Linear stable systems," *IEEE Trans. of Automatic Control*, vol. 33, no. 3, pp. 1234–1245, Dec., 1993.
- [3] H. Asada and Y. Asari. The direct teaching of tool manipulation skills via the impedance identification of human motions, In Proceedings 1988 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1988, pages 1269–1274 vol.2, Apr 1988.
- [4] Taeyong Choi, Yijoon Yoo, Hyunmin Do, Doohyung Kim, and Chanhun Park, Development of a articulated robot with the direct-teaching function. In 2013 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pages 25–29, Aug 2013.
- [5] T. Fukuda, Y. Fujisawa, K. Kosuge, F. Arai, E. Muro, H. Hoshino, K. Miyazaki, K. Ohtsubo, and K. Uehara. Manipulator for man-robot cooperation, In Proceedings International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation, 1991, pages 996–1001 vol.2, Oct 1991.
- [6] Dong-Hyun Lee; Due Trong Tran; Yonghwan Oh, "An approach toward Human-like motion control of a dual arm robot for picking heavy objects," in 2014 14th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids), pp.1069-1074, 18-20 Nov. 2014.

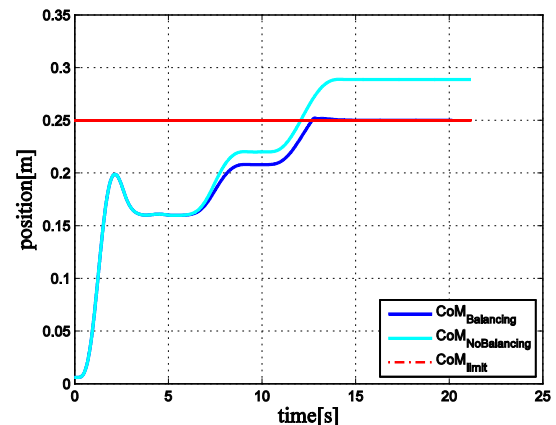


그림 2. 첫 번째 실험의 알고리즘 적용 전/후의 CoM 비교.

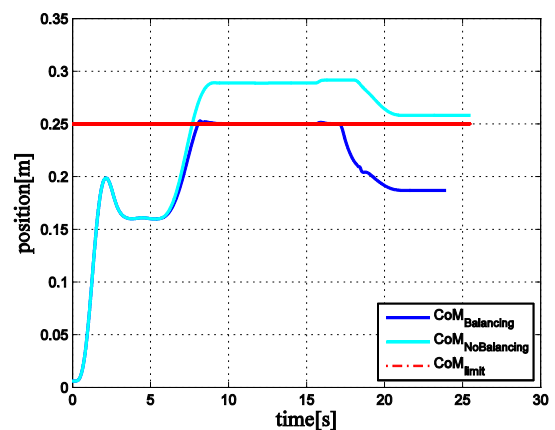


그림 3. 두 번째 실험의 알고리즘 적용 전/후의 CoM 비교.