

행동 복제 강화학습을 통한 사람형 로봇손의 자율 사물 파지

오지현, 정진균, Ismael Espinoza, 정환석, 이진혁, Channabasava Chola, 김태성
경희대학교 전자정보대학 전자정보융합공학과

{dhwlgjs3, wjdwlrsbs77, inespinoza24, hwan136, qlqjs3647, channabasavac7, tskim}@khu.ac.kr

Autonomous Object Grasping with an Anthropomorphic Robot Hand via Demonstration Augmented Deep Reinforcement Learning

Ji-Heon Oh, Jin Gyun Jeong, Ismael Espinoza, Hwanseok Jung, Jin Hyuk Lee, Channabasava Chola, Tae-Seong Kim

Dept. of Electronics and Information Convergence Engineering, College of Electronics and Information, Kyung Hee University.

요약

사람형 로봇손이 목표 사물을 파지하기 위해서는 목표 사물에 대한 사람형 로봇손의 사물 파지 지능이 필요하다. 본 논문에서는 RGB-D 영상으로부터 딥러닝 Mask R-CNN을 통해 사물의 종류 및 3차원 위치를 인식한 후, 사람형 로봇손에 Demo Augmented Policy Gradient (DAPG) 심층 강화학습 지능을 사람형 로봇손에 이식하여, 3종 사물 (큐브, 공, 그리고 물병) 파지를 학습한 후, 실제 환경에서 목표 사물을 파지하는 지능을 구현하고 검증한다.

I. 서론

서비스 로봇에 대한 요구 증가로 인해 실제 서비스 환경에서 사물을 파지하고 조작하는 지능에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 이용되는 로봇손은 RGB-D 이미지의 사물 포인트 클라우드 정보에서 추정된 사물 중심점으로 이동하여 파지하는 비전 기반 비지능 사물 파지 방법을 사용한다. 하지만 비지능 기반의 기존 방법은 다양한 종류의 사물 형태에 대응하지 못하기 때문에 다양한 형태의 사물을 파지하는데 한계가 있다[1]. 따라서 실제 환경에서 다양한 사물의 파지 방법을 학습하여 배우는 지능형 파지 방법이 필요하다.

본 연구에서는 RGB-D 이미지에서 딥러닝 이미지 인식 네트워크를 통해 목표 사물을 인식하는 비전 시스템을 기반으로, Demo Augmented Policy Gradient (DAPG) [2] 심층 강화학습 지능을 사람형 로봇손에 이식하고, 3개의 사물 (큐브, 공, 그리고 물병)에 대하여, 파지 지능을 학습한 후, 사물 파지 성능을 비지능 사물 파지 방법의 성능과 비교 검증한다.

II. 연구방법

본 논문에서 제안하는 사람형 로봇손의 비전 기반 DAPG 지능 사물 파지 시스템의 구조도를 그림 1에 도시하였다. 제안하는 시스템은 사물 인식 비전 시스템과 사물 파지 DAPG 심층 강화학습 지능으로 구성된다.

A. 사람형 로봇손 하드웨어 시스템

본 논문의 하드웨어 환경은 UR3[3] 로봇 팔과 qb-SoftHand[4] 로봇손을 결합한 사람형 로봇손과 Intel RGB-D 카메라[5]로 구성되었다.

B. 사물 인식 비전 시스템

목표 사물 인식은 Intel RGB-D 카메라를 통해 촬영된 컬러 이미지에 Mask R-CNN[6] 비전 네트워크를 적용했다. 또한 실시간으로 RGB-D 이미지의 깊이 정보를 사용하여 3차원 포인트 클라우드 맵핑을 통해 목표 사물의 위치 정보를 파악하였다.

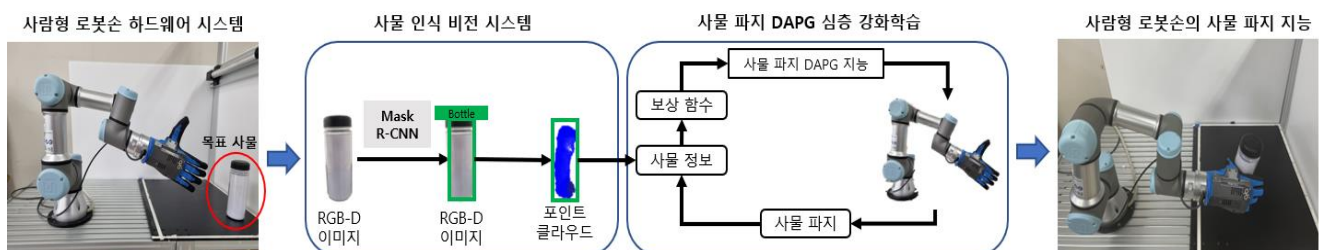


그림 1. 제안하는 사람형 로봇손의 비전 기반 DAPG 지능 사물 파지 시스템

C. 비전 기반 비지능 사물 파지

비전 기반 비지능 사물 파지 방법은 비전 시스템을 통해 생성된 목표 사물의 포인트 클라우드의 평균값 (사물의 중심점)으로 Inverse Kinematic (IK) [7] 방법을 통해 이동하여 파지한다.

D. 비전 기반 DAPG 지능 사물 파지

사람형 로봇손 사물 파지 지능을 학습하기 위해 성공한 데모를 모방하여 학습하는 DAPG[2] 심층 강화학습 방법을 사용하였다. 본 연구에서는 서로 다른 형태의 사물 정보에 기반하여 파지 방법을 자율적으로 강화 학습하는 지능을 사용한다. Demo Augmentation을 위하여, 로봇손의 사물 파지 데모는 Forward Kinematic [7]을 사용하여 제작되었다. 제작된 데모는 DAPG 행동복제 과정에 사용되며 Maximum-Likelihood Estimation 방법으로 지능을 학습한다. 사물 파지 지능은 총 400번의 사물 파지 시행을 하며 20번의 시행이 누적될 때 마다 보상함수를 기반으로 지능이 업데이트된다. 사물 파지 DAPG 지능은 사물의 종류와 형태에 따른 적절한 파지방법으로 학습하고, 대상 사물을 파지한다.

E. 비전 기반 DAPG 사물 파지 검증

본 논문에서 비전 기반 DAPG 지능 사물 파지 방법은 비전 기반 비지능 파지 방법과 비교하여 성능을 검증한다. 두 방법 모두 RGB-D 이미지를 입력으로 받아 3종(공, 큐브 그리고 물병) 사물의 정보를 인식하고 파지한다. 두 방법의 사물 파지 성공률과 사물을 파지 시연의 비교를 통해 성능을 검증한다.

III. 연구결과

A. 목표 사물 인식 결과

그림 2(a)의 컬러 이미지에서 Mask R-CNN으로 사물의 종류를 인식하고 검출한 그림은 그림 2(b)와 같다. 그림 2(c)은 검출된 사물의 깊이 정보를 통해 구현된 3차원 포인트 클라우드로 물체의 3차원 위치 정보를 파악하는데 이용되었다.

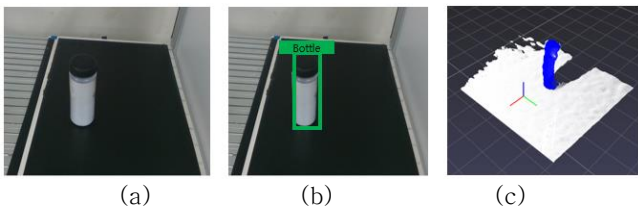


그림 2. (a) 원본 컬러 이미지 (b) Mask R-CNN 사물 인식 결과 (c) 물체 위치 파악 결과

B. 사람형 로봇손의 물체 파지 결과

그림 3은 비전 기반 비지능 사물 파지 방법과 비전 기반 DAPG 지능 사물 파지 방법의 사물 파지를 수행한 결과를 비교해 보여준다. 비지능 방법으로 파지하는 경우, 목표 사물과의 충돌로 사물 파지를 하지 못하는 경우를 볼 수 있다. 반면 DAPG 학습 지능을 통해 파지하는 경우, 목표 사물과의 충돌을 피하여, 사물 정보에 적합한 파지 방법을 학습하여 안정적으로 사물 파지를 수행하는 것을 확인할 수 있다.

그림 2의 환경에서, 사람형 로봇손이 비전 기반 비지능 사물 파지 방법과 비전 기반 DAPG 지능 사물 파지 방법을 이용한 사물 파지 성공률은 표1과 같다. 표 1은 50번 사물 파지를 시행하여 측정하였다. DAPG를 통해 학습된 사물 파지 지능이 비전 기반 비지능 사물 파지 방법보다 성공률이 높은 것을 확인할 수 있다.

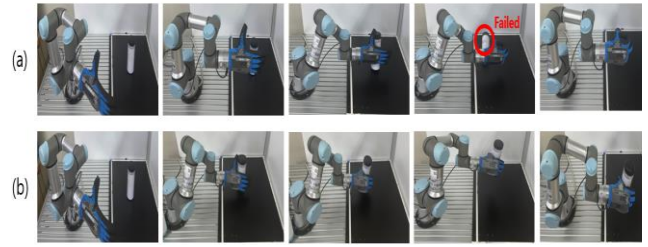


그림 3. 사람형 로봇손이 병을 파지하는 과정 (a) 비전 기반 비지능 사물 파지 방법을 통한 사물 파지 (b) 비전 기반 DAPG 사물 파지 지능을 통한 사물 파지

표 1. 사물 파지 성공률

	공	큐브	물병
비전 기반 비지능 사물 파지	90%	70%	68%
비전 기반 DAPG 지능 사물 파지	100%	98%	94%

IV. 고찰 및 결과

본 논문에서는 사물 인식 비전 시스템을 통해 사물의 정보를 파악하고, 사물 파지 심층 강화학습 지능을 하드웨어에 이식하고 학습시켜 사람형 로봇손의 3종 사물의 사물 파지 시스템을 구현하고 시험하였다. 사물 파지 지능으로 사물에 따른 파지 방법을 학습하여 사물과 로봇손의 충돌이 크게 줄어들었고, 더 높은 성공률로 목표 사물을 파지할 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 디지털 콘텐츠 원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2017-0-00655). 이 논문은 2019년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2019R1A2C1003713)

참 고 문 헌

- [1] S. Levine et al., "Learning Hand-Eye Coordination for Robotic Grasping with Deep Learning and Large-Scale Data Collection," arXiv:1603.02199 [cs], Aug 2016, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1603.02199>
- [2] A. Rajeswaran et al., "Learning Complex Dexterous Manipulation with Deep Reinforcement Learning and Demonstrations," arXiv:1709.10087 [cs], Jun 2018, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1709.10087>
- [3] <https://www.universal-robots.com/products/ur3-robot/>
- [4] <https://qbrobotics.com/>
- [5] <https://www.intelrealsense.com/depth-camera-d416/>
- [6] K. He et al., "Mask R-CNN," arXiv:1703.06870 [cs], Jan 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1703.06870>
- [7] Richard P. Paul (1981). Robot Manipulators: Mathematics, Programming, and Control: The Computer Control of Robot Manipulators. MIT Press series in artificial intelligence.