

조립형 가구의 다양한 부품 조립을 위한 동작 모듈의 설계*

Design of Motion Modules for The Assembly of Various Parts of Prefabricated Furniture*

이해성¹ · 이상엽¹ · 백지영¹ · 박재홍²

Haeseong Lee¹, Sangyup Lee¹, Jiyeong Baek¹, Jaeheung Park²

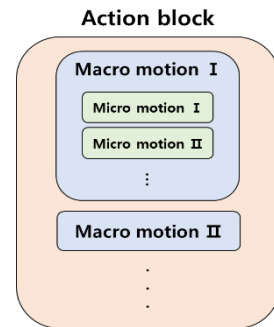
Abstract: Robotic automation has been implemented in various industrial fields. Automation of furniture assembly can be achieved by robotic manipulation. The robotic assembly may benefit from modularized motions to deal with assembling various components. Therefore, this study defines micro motions which could be considered as fundamental motions in automatic furniture assembly and presents how to compose macro motions and action blocks in order to combine many components flexibly. A macro motion is a set of some micro motions and an action block is constructed in customized order of macro motions. For example, an action block which copes with dual peg in hole process has 4 macro actions. To demonstrate the proposed method, a 7 DOF torque-controlled manipulator is used to assemble an IKEA chair to prove that furniture assembly is successfully completed by sets of micro motions.

Keywords: Peg in hole, Robot assembly, Motion/Force hybrid control

1. 서론

로봇에 의한 자동화는 산업현장에서 다양하게 적용되고 있다. 이러한 자동화는 가구를 조립하는 과정에서 적용될 수 있다 [1]. 이때 로봇이 다양한 부품을 조립 가능하도록 유연한 조립 동작이 요구된다. 따라서, 본 연구에서는 위치/힘 복합제어를 기반으로 가구 조립에 필요한 기본동작(micro motion)을 정리하고 이것을 바탕으로 다양한 응용동작(macro motion)을 구성하였다. 또한 [Fig. 1]과 같이 목적에 맞는 순서로 macro motion 을 배치하여 여러 형태의 부품을 조립할 수 있도록 연속적인 동작 집합(action block)을 구성하였다.

선행 연구 [2]는 위치 기반 로봇을 활용하여 조립을 위한 기본 동작을 세분화하였다. 이때, 로봇은 접촉 상황 유무에 따라 서로 다른 두가지 방식으로 제어된다. 하지만 본 연구는 위치/힘 복합 제어를 활용하여 접촉상황에 따른 구분 없이 가구 조립을 위한 로봇의 기본동작의 정의가 가능해진다.



[Fig.1] Correlation among micro/macro motions and an action block

본 연구에서는 토크제어 로봇과 조립형 목재가구의 다양한 부품을 사용하여 제안하는 동작 모듈화의 실용성을 검증하였다.

2. 조립 동작 모듈화

2.1. micro motion의 제안

본 연구에서는 IKEA 가구를 조립하기 위한 전략을 분석하였다. 총 15 종의 가구조립 설명서를 토대로 가구 조립을 위한 micro motion 을 [Table 1]에 정리하였다. 말단장치의 위치와 방위를 기준으로 micro motion 을 나누고 세부 동작을 정의하였다. 위

1. Graduate Student, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea (llhs4138, sangyup8378, jy951111@snu.ac.kr)
2. Professor, Corresponding author: Seoul National University, Seoul, Republic of Korea (park73@snu.ac.kr) and Advanced Institutes of Convergence Technology (AICT), Suwon, Republic of Korea
* This work was supported by Industrial Strategic Technology Development Program (No. 20004953) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (M/I, Korea).

치와 관련된 동작의 경우, 주어진 궤적을 따라 움직이는 동작, 특정 방향으로 힘을 주는 동작, 현재의 위치를 강인하게 유지하는 동작 그리고 현재의 위치를 유지하되 외란에 순응하는 동작으로 구성된다. 방위와 관련된 동작의 경우, 특정한 축을 기준으로 회전하는 동작, 현재 방위를 강인하게 유지하는 동작 그리고 현재 방위를 유지하되 외란에 순응하는 동작으로 구성된다.

[Table 1] Defined micro motions

position	ID/2D linear trajectory	move to the goal position
		move without the goal position
	Spiral trajectory	
	Press	
	Hold position	
	Compliant mode	
Orientation	Rotate	with respect to the global frame
		with respect to the local frame
	Hold orientation	hold current orientation
		after aligning the target angle
	Compliant mode	

2.2. macro motion 의 구성

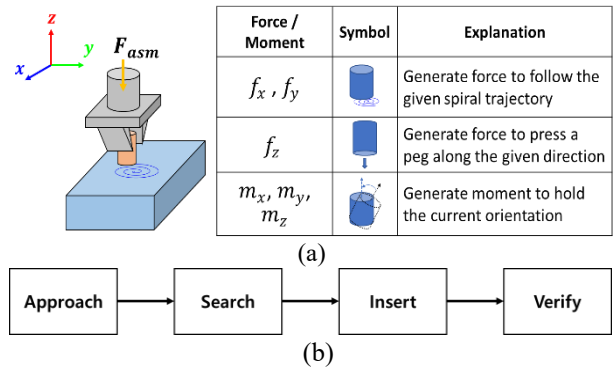
micro motion 을 바탕으로 macro motion 을 구성할 수 있다. 예를 들어 [Fig. 2-a]과 같이 하나의 macro motion 을 만들 수 있다. 해당 macro motion 은 펌 (peg)이 홀(hole)을 탐색하는 동작이다. 말단장치가 x, y 방향으로 나선 궤적을 따라 움직이도록 하는 동작, z 방향으로 일정한 힘으로 피조립부품의 표면을 누르는 동작 그리고 방위각은 현재 상태를 강인하게 유지하는 동작으로 구성된다.

2.3 action block 의 구성

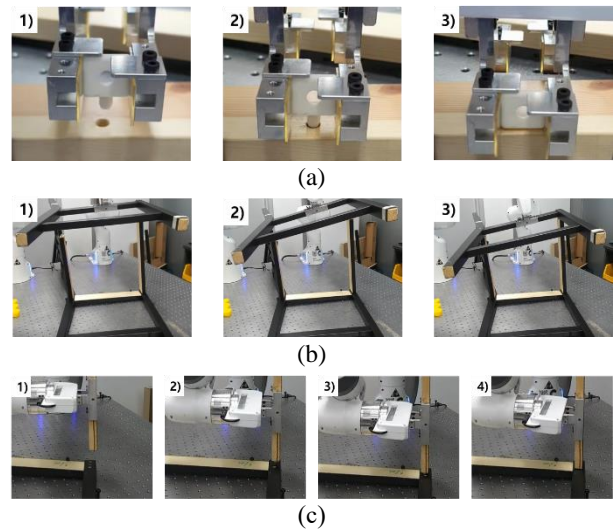
정의된 여러 개의 macro motion 를 목적에 맞는 순서로 배치하여 하나의 부품을 조립하기 위한 action block 을 구성할 수 있다. 예를 들어, [Fig. 2-b]은 펌인홀(peg in hole)작업을 위해 4개의 macro motion 을 배치하여 구성한 action block 을 도식적으로 나타낸 것이다. Approach 단계에서 조립부품은 피조립부품으로 접근한다. Search 단계는 홀을 탐색하는 과정이다. Insert 단계에서 조립부품을 피조립부품에 삽입을 시도한다. 마지막으로 Verify 단계에서 조립의 성공을 확인한다.

3. 실험

본 연구의 검증을 위해 토크제어로 구동이 가능한 7 자유도 수직 다관절로봇 Franka Panda 를 사용하였다. 또한 macro motion 의 구현을 위해 위치/힘 복합 제어를 사용하였다 [3]. 실험에 사용한 조립형 목재 가구는 IKEA STEFAN 이다. [Fig. 3]은 상황에 맞게 구성한 action block 이 IKEA STEFAN 을 조립하는 과정을 스냅샷으로 구성한 것이다. [Fig. 3-a]은 각쇠 모양의 부품을 결합하는 과정, [Fig. 3-b]는 의자의 옆판을 내려놓는 과정 그리고 [Fig. 3-c]는 기둥 모양의 부품을 의자의 옆판에 끼우는 과정을 나타낸다.



[Fig.2] (a) An example of how to compose a macro motion using given micro motions. (b) An example of an action block which has 4 macro motions.



[Fig.3] Three different snapshots present the applications of each action block to assemble various component.

4. 결론

본 연구에서는 조립형 가구의 조립을 위하여 로봇 동작의 모듈화를 제안하였다. 위치/힘 복합 제어 방식을 기반으로 가구 조립에 필요한 micro motion 을 분석하고 다양한 부품 조립에 대응할 수 있는 macro motion 과 action block 를 가변적으로 구성하였다. 또한 다양한 부품에 대해 모듈화 동작이 적용된 조립 과정을 통해 간단한 동작의 집합으로 다양한 형태의 가구 부품의 조립이 가능함을 확인하였다.

References

- [1] F. Suárez-Ruiz, X. Zhou, Q.C. Pham, "Can Robots Assemble an IKEA Chair?," *Science Robotics*, vol. 3, no. 17, 2018.
- [2] F. Smirez-Ruiz, Q.C. Pham, "A framework for fine robotic assembly," *IEEE/International Conference on Robotics and Automation(ICRA)*, Stockholm, Sweden, pp.421-426, 2016.
- [3] H. Park, J. Park, D.H. Lee, J. H Park, M.H. Baeg and J.H. Bae, "Compliance-Based Robotic Peg-in-Hole Assembly Strategy Without Force Feedback," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol 64, no.8, pp. 6299 – 6309, Aug. 2017.