

Path-Following Task에서의 Haptic Guidance 생성을 위한 소프트웨어 개발

문희승^{1,2} · 서지원^{1,2}

¹연세대학교 글로벌융합공학부

²연세대학교 글로벌융합기술원

Software Development to Generate Haptic Guidance on a Path-Following Task

Hee-Seung Moon^{1,2} · Jiwon Seo^{1,2}

¹School of Integrated Technology, Yonsei University

²Yonsei Institute of Convergence Technology, Yonsei University

Abstract

In this paper, we develop a GUI software that assists users to perform a path-following task with haptic guidance. Haptic guidance can help users to learn new dynamic tasks by providing proper haptic feedback, and therefore the performance of the user can be enhanced. With this software, user can choose the type of haptic guidance and adjust the parameter of the guidance. This software can be utilized for future research regarding haptic guidance.

I. 서론

로봇은 다양한 방면에서 인간의 작업들을 보조해준다. 로봇과의 협업은 인간에게 추가적인 인지능력을 제공하거나 근력활동을 증진시켜줌으로써 전반적인 작업능력을 향상시켜준다. 뿐만 아니라, 로봇은 인간이 새로운 작업에 빠르게 적응할 수 있도록 학습시키는 역할을 수행할 수 있으며, 이는 최근 인간-로봇 상호작용 (Human-Robot Interaction, HRI) 분야에서 떠오르고 있는 분야이다. 로봇 전문가는 인간 대 인간의 학습보다 여러 장점을 가지고 있는데, 먼저 시간과 공간의 제약은 받지 않을 뿐 아니라, 한 대의 로봇 전문가가 동시에 여러 명의 사람을 학습할 수 있다는 장점을 예로 들 수 있다.

로봇이 인간을 학습시키는 방법 중 하나인 Haptic guidance (HG)는 사용자가 올바른 방향으로 작업을 진행할 수 있도록 촉각 피드백을 제공하는 학습 방법이다. Haptic

guidance가 주어진 경로를 따라 그리는 path-following task, 의료 수술, 그리고 무인기 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)를 조종하는 steering task에서 사용자의 작업 능력을 향상시켰다는 연구 결과가 있다 [1-3]. 하지만, 이와 더불어 Haptic guidance가 인간의 운동 학습을 오히려 저해한다는 연구 결과 역시 존재한다 [4]. Haptic guidance가 학습자들을 수동적으로 만들어 결론적으로 human-in-loop 시스템에서 운동 능력 학습이 이루어지지 않는다는 내용이다. 이를 보완하기 위해 사용자의 학습 성과에 따라서 특정 구간에서의 guidance 수치를 점차 조절해나가는 local-adaptive haptic guidance가 제시되어, haptic guidance에 비해 학습자가 우수한 motion smoothness를 보여주게끔 하였다 [5].

Haptic guidance는 미래의 로봇 환경에서 인간과 로봇의 상호작용의 한 요소로써 널리 활용될 수 있다. 하지만 아직까지 Haptic guidance가 효과적으로 활용될 수 있는 적용분야와 구체적인 설계에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 haptic guidance가 추가적인 연구에 쉽게 사용될 수 있도록 path-following task에서의 haptic guidance를 구체적인 수치를 직접 조절하며 생성시킬 수 있는 GUI 소프트웨어를 개발하였다.

II. Haptic Guidance

본 소프트웨어에서 사용된 haptic guidance 및 local-adaptive haptic guidance는 [5]의 알고리즘을 기반으로 제작되었다. Haptic guidance를 생성하는 기본적인 알고리즘은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x_{predicted} = x_{current} + x_{current} \cdot t_{look-ahead} \quad (1)$$

$$e = distance(x_{predicted}, p_{shortest}) \quad (2)$$

$$F_{HG} = k_s \cdot e \quad (3)$$

x 는 사용자가 입력한 cursor의 위치에 해당하며, p 는 주어진 경로를 나타낸다. $t_{look-ahead}$ 는 본 소프트웨어에서 직접 설정할 수 있으며, 초기값은 0.2(s)로 주어진다. k_s 역시 사용자에게 의해 조절할 수 있으며, 초기값은 200(N/m)로 주어진다.

III. 소프트웨어 구성

사용자에게 제공되는 촉각 피드백은 그림 1과 같은 햅틱 장비를 통해 전달된다. 본 소프트웨어는 다양한 햅틱 장비와 연동될 수 있도록 C++ 오픈소스 라이브러리인 CHAI 3D를 기반으로 제작되었다.



그림 1. 사용자의 입력부 (햅틱 장비) 예시 (Force Dimension 社의 Omega 7)

사용자에게 제공되는 소프트웨어의 GUI는 아래 그림 2와 같다. 사용자는 해당 GUI 화면의 오른쪽 상단에서 생성하고자 하는 Haptic Guidance의 종류를 다음의 세 가지 중에서 설정할 수 있다; I) Guidance 없음, II) Haptic guidance, III) Local-adaptive haptic guidance. 오른쪽 하단에서는 생성하는 haptic guidance의 구체적인 파라미터를 설정할 수 있다. 조절 가능한 파라미터는 look-ahead time, stiffness gain 그리고 local-adaptive HG의 learning factor이다. 사용자는 원하는 종류의 haptic guidance를 직접 생성해내고 이를 직접 햅틱 장비를 통해 확인할 수 있다. 뿐만 아니라, 모든 시뮬레이션이 종료된 후에는 사용자의 실험 데이터가 자동으로 출력되어 향후 haptic guidance 연구에 쉽게 활용될 수 있다.

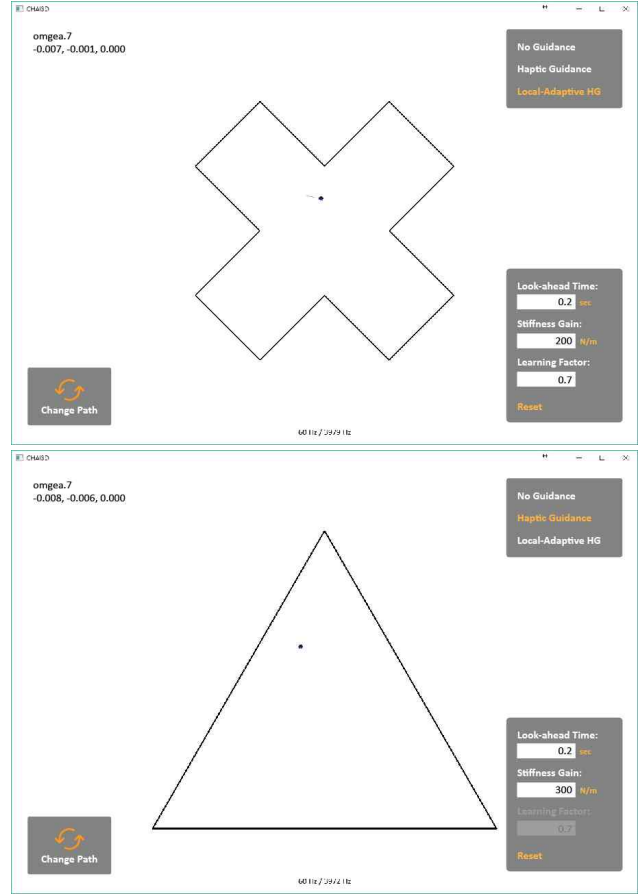


그림 2. Haptic Guidance 생성 소프트웨어 GUI

IV. 결론

본 논문에서는 사용자의 path-following task 수행을 보조해주는 haptic guidance를 생성 및 제공하는 GUI 소프트웨어를 개발하였다. Haptic guidance는 아직까지 효과적으로 사용할 수 있는 적용 분야 및 구체적인 설계 내용에 있어 추가적인 연구를 필요로 하며, 본 제작된 소프트웨어는 haptic guidance를 포함하여 향후 인간과 로봇간의 상호작용 연구에 활용될 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT명품인재양성사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2017-2017-0-01015).

참고 문헌

[1] J. Bluteau, S. Coquillart, Y. Payan, and E. Gentaz, "Haptic Guidance Improves the Visuo-manual Tracking of Trajectories," PLoS One, 3(3), pp. 1775, 2008.

- [2] E. Zahedi, J. Dargahi, M. Kia, and M. Zadeh, "Gesture-based Adaptive Haptic Guidance: A Comparison of Discriminative and Generative Modeling Approaches," *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2(2), pp. 1015-1022, 2017.
- [3] L. M. Crespo and D. J. Reinkensmeyer, "Haptic Guidance can Enhance Motor Learning of a Steering Task," *Journal of Motor Behavior*, 40(6), pp. 545-557, 2008.
- [4] C. J. Winstein, P. S. Pohl, and R. Lewthwaite, "Effects of Physical Guidance and Knowledge of Results on Motor Learning: Support for the Guidance Hypothesis," *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65(4), pp. 316-323, 1994.
- [5] H. S. Moon and J. Seo, "Effect of Local-Adaptive Haptic Guidance on a Path-Following Task", *Proceedings of the 17th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, accepted, 2017.