

Leap Motion을 이용한 전자부품 조립 훈련 시스템 개발에 관한 연구

A Study on the Development of an Electronic Component Assembly Training System Using Leap Motion

이인철*

In-Chul Lee*

〈Abstract〉

In this study, an electronic parts assembly training system using Leap Motion was developed in consideration of the processes actually operated in the assembly process of electronic products. Based on Leap Motion and Oculus VR equipment, the system was developed to transfer user's hand movement data in real time and convert it into hand movement in virtual space so that electronic parts assembly simulation can be performed step by step. Through this, it was confirmed that the user can obtain an experience similar to the actual electronic parts assembly work, prevent errors that may occur during the assembly process, and improve proficiency. It is expected that this thesis will provide directions for the quality improvement and development of various education and training programs for virtual reality-based manufacturing processes.

Keywords : Leap Motion, Virtual Reality, Electronic Component Assembly, Virtual Training

1* 정회원, 인하공업전문대학, 원격교육지원센터, 박사
E-mail: aroma7020@inhac.ac.kr

1* Dept. of Distance Education Support Center, Inha Technical
College

1. 서론

최근에는 전자제품 제조 산업에서 인력 부족 문제와 고도의 기술력을 요구하는 제조 과정의 증가로 인해, 전자부품 조립 훈련에 대한 필요성이 높아지고 있다. 전통적인 훈련 방법은 비용적인 측면에서 많은 부담을 야기할 수 있으며, 시간적 제약이 있기 때문에 실제 조립 과정에서의 실수나 문제 해결 능력 향상에 한계가 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 가상 혹은 증강 현실 기술을 이용한 전자부품 조립 훈련 시스템의 개발이 활발하게 이루어지고 있다.[1-4]

본 연구에서는 립모션을 이용한 전자부품 조립 훈련 시스템을 개발하여, 사용자가 실제 조립과 유사한 경험을 할 수 있도록 하였다.[5-6] 립모션은 사용자의 손 움직임을 실시간으로 인식하고 추적하는 장치로, 사용자가 가상 공간에서 부품을 직접 조립하는 과정을 통해 전자부품 조립 업무에 대한 효율성과 정확성을 향상시킬 수 있다.

이 논문에서는 전자부품 조립 훈련 시스템의 개발 과정과 결과를 상세히 제시하며, 이 시스템이 전자부품 조립 훈련에 효과적으로 활용될 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

2. Leap Motion의 기술 동향 및 수준

Fig. 1 립모션 기술은 컴퓨터 비전과 인공지능



Fig. 1 Leap Motion

기술의 발전으로 많은 진보를 이루고 있다. 최근 립모션 기술을 사용한 다양한 산업용 어플리케이션과 교육용 시스템이 개발되고 있으며, 이를 통해 더욱 효과적인 교육과 훈련이 가능해지고 있다.

특히, 3D 립모션 기술은 센서 기술과 적응 제어 기술의 발전으로 립모션 기술의 발전을 이루고 있다. 이를 통해 인체의 움직임을 더욱 정확하게 측정하고 분석할 수 있게 되었다. 또한, 립모션 기술을 사용한 가상현실과 증강현실 기술도 점차 발전하고 있어, 더욱 현실적이고 효과적인 교육과 훈련이 가능해지고 있다.

한편, 국내에서는 립모션 기술을 활용한 교육 및 훈련 시스템도 개발되고 있다. 최근에는 산업계에서도 립모션 기술을 적용한 제품이 출시되고 있으며, 교육 및 훈련 분야에서도 립모션 기술을 사용한 시스템이 다양하게 개발되고 있다.[7-11]

하지만, 립모션 기술을 활용한 교육 및 훈련 시스템 개발은 아직 초기 단계이며, 기술적인 한계와 발전 가능성이 여전히 존재한다. 따라서 립모션 기술을 활용한 교육 및 훈련 시스템 개발에 대한 연구와 개발이 더욱 활발히 이루어져야 한다.

3. Leap Motion의 개발범위 및 절차

콘텐츠 개발에 사용된 기기는 Leap Motion과 시각 디스플레이 중심의 기기인 Oculus VR장비를 이용하여 인터랙티브 동작을 수행하며 작업할 수 있도록 개발을 진행하였다.

Table 1 개발환경을 Table 2와 Table 3은 개발에 사용된 Leap Motion Controller 및 Oculus 장비의 HMD사양을 나타내었다.

Fig. 2와 Fig. 3은 체험자로 하여금 실제와 유사한 환경을 경험할 수 있도록 콘텐츠를 개발하기 위해 가상의 손과 반응하는 물체에 대한 물리 처리 및 공정 시나리오에 맞는 이벤트 가상환경을

Table 1. Development environment

Category	Specification
OS	Windows 10 or more
Development Engine	Unity 3d
Language	C# Script
Essential Requirement	DirectX 9.0c or more

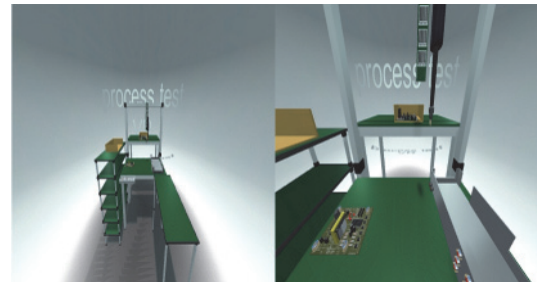


Fig. 3 Virtual Workspace Area

Table 2. Leap Motion controller specification

Category	Specification
Length	0.5 inches
Width	1.2 inches
Depth	3 inches
Weight	0.1 pounds

Table 3. HMD specification

Category	Specification
Screen	Diamond Pentile OLED
Resolution	Each eye resolution 1440×1600 (total resolution 2880×1600)
Refresh Rate	72Hz
Viewing Angle	~95-100도
SoC	Qualcomm Snapdragon 540
Connection	USB Type-C, WiFi, Bluetooth, Headphone Jack
Input	Integrated Microphone



Fig. 2 Leap Motion Hand Model (VR user point of view)

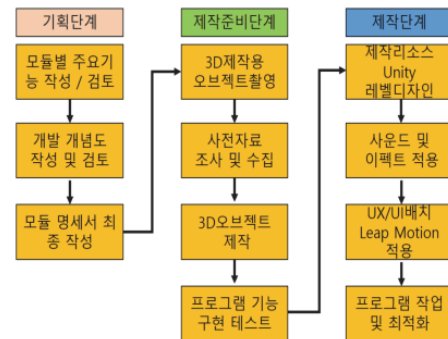


Fig. 4 Production process

Table 4. Details of each process

Step	Performance details
Plan	<ul style="list-style-type: none"> · Writing and reviewing key functions for each module · Final preparation of functional specifications for each module
Production Preparation	<ul style="list-style-type: none"> · 3D object data collection and · Object production, function implementation
Produce	<ul style="list-style-type: none"> · Unity level design · Apply sounds and effects · Apply UX/UI placement / Leap Motion program and optimize

구축하였다. 구축된 가상공간으로 몰입도를 높이기 위해 불필요한 UI는 최소화였으며, 공정시나리오에 적합한 작업 단계 및 시간 등의 간단한 UI만을 제공하였다. 개발 절차는 Fig. 4와 같으며, 각 단계별 수행 세부내용은 Table 4와 같다.

4. 개발과정

콘텐츠는 Leap Motion 센서 영역에 손이 감지되면 3D 모형의 손이 화면에 나타나며, 손의 움직임

Table 5. Screen Fader

Main function	Explanation
Fade In	· When the program starts, Fade In is performed to convert the black screen to the original screen.
Fade Out	· Fade Out is performed when the device is disconnected via Leap Motion Check.
Leap Motion Connect Check	· Make sure your Leap Motion device is connected.

Table 6. Process Manager

Main function	Explanation
Event List initialization	· All events present in the current process are stored in a List.
Check keyboard input	· If you press the R key on your keyboard, you will return to the beginning of the process. Perform reset function. · Exit the program when you press the Esc key.
Event execution completion processing	· Each time a process is completed, the index is increased so that the process can be performed sequentially. · Disable events for finished process events.

Table 7. Creation Event

Main function	Explanation
Initialize object to create	· Objects with pre-creation events are created and stored as Count by the object memory pool method in advance.
Trigger Event	· When the hand touches (Trigger) and picks up, connect the hand with an object that matches the index value among pre-made objects.
Trigger Exit	· An event that occurs when the object leaves the trigger area.
Detached object check	· Created objects have individual events. · It is necessary to continuously check whether the corresponding event has been performed. · If an event is performed at this time and the count is incremented to the next event, · Increase the Index of Memory Pool.

Table 8. Contact Event

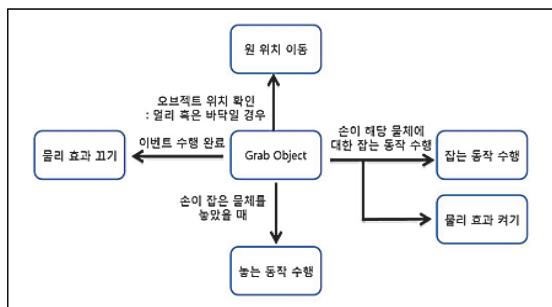
Main function	Explanation
Trigger Enter	· Occurs when objects with physical effects come into contact. · Call Active Event.
Active Event	· Check what event the contacted object is. · Figure out the relationship between the object and the contact event. · If it is correct that the object is in contact, the object is attached to the coordinates where the trigger is located. · Call the process manager to complete event execution.

Table 9. Grab Object

Main function	Explanation
performing a grabbing action	· When holding an object with the hand, the object is connected to the hand and tied so that the hand moves along with it.
perform the action of putting	· If you open your hand and let go, the connection with the connected object is disconnected and it falls down by its own physical effect.
Turn on physics	· Since physical effects are temporarily turned off for objects in the Memory Pool by the creation event, physical effects must be turned on when picking up objects by hand.
Disable Physics	· When the physical effect is turned off, the physical effect is canceled when the object in the Memory Pool is initialized and the object for which the event is completed.
Move to original position	· If a person's gaze is out of reach or an object that has fallen to the floor is automatically returned to its original position.

Main function	Explanation
Check the current hand state	<ul style="list-style-type: none"> · Determine whether something is being held, held, or released · Performs specific actions according to each state. · When it is in the grabbing state, the grabbing action is called. · When it is in the released state, the release action is called. · When holding, the position and rotation of the hand are checked every frame and corrected if there is an object being held.
Perform a pinching action	<ul style="list-style-type: none"> · It is called when bending or pinching the hand by bringing the index finger and thumb together. · At this time, check the nearest object.
Perform the action of putting	· It is called when you open your hand, and if there is an object you are holding, you release it.
Hand position Update	· The position is checked every frame so that the physical effect can be applied to the object being held according to the movement of the hand.
Hand rotation direction Update	· Rotation information is checked every frame so that the object can face up or down depending on the rotation direction of the hand.
Identify the nearest picked object	<ul style="list-style-type: none"> · When performing a pinching motion, it is determined whether there is an object located within a certain distance. · If there is, find the nearest object among the objects. · Perform actions to pick up found objects.

Table 10. Grab Hand



직업과 동일하게 3D 모형도 같이 동작하도록 개발하였으며, 센서 영역에서 벗어나면 손이 사라지도록 하였다. Table 5에서 Table 10은 개발을 위해 작성된 모듈별 주요 기능 명세이다.

5. 1차 개발 테스트 결과

Fig. 5, 6, 7은 1차 개발된 콘텐츠의 단계별 수

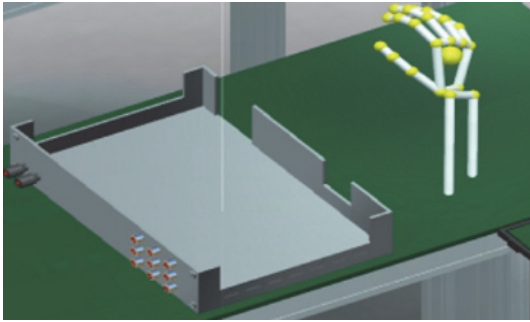


Fig. 5 [Step 1] Initial State

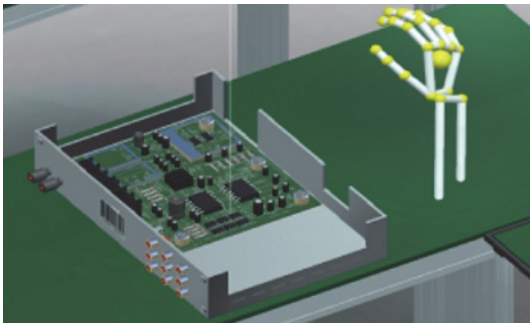


Fig. 6 [Step 2] Execution Status

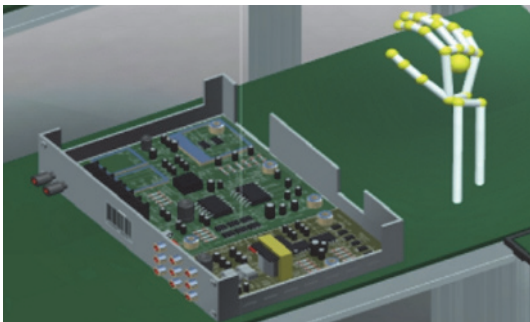


Fig. 7 [Step 3] Complete Assembly

행 작업을 나타내며, 테스트 결과 다음과 같은 보완이 필요한 것으로 확인되었다.

5.1 Leap Motion 하드웨어

Leap Motion 자체의 크기 및 적외선 센서의

인식 범위, 인지 거리 등의 한계로 VR과 연동 시 많은 제약이 발생하며, 제약사항은 다음과 같다.

- (1) VR 장비 전면에 Leap Motion을 장착하기 때문에 정면에서만 손을 인식할 수 있다는 단점이 있음.
- (2) 거리가 멀어질 경우 손가락 마디의 인식이 현저히 떨어져 손을 쥐고 있어도 손가락 몇 개가 퍼진 상태로 보이거나 손목이 접히는 현상 발생함.
- (3) 적외선 센서의 특성 때문에 손이 겹치는 경우 뒤에 있는 손을 인식하지 못해 가상의 손이 사라지는 현상이 발생함.

5.2 손과 오브젝트(객체) 연계성

- (1) 집는 동작과 잡는 동작이 Leap Motion에서 구분되기 때문에 물건을 집는다와 잡는다를 구분하지 않고 개발한 결과 실제와 같은 집는 동작 구현이 필요함.
- (2) 사용자들은 반드시 교육이 필요하며, 실제 VR과 Leap Motion과 같은 반응형 하드웨어를 모르는 사람이 사용할 경우, 물건을 제대로 잡지 못하는 상황이 발생하며 보완이 필요함.
- (3) 손과 오브젝트(객체) 간의 물리 효과 적용을 무시하도록 하여 잡고 있던 물체를 놓을 때 물체가 떨어지면서 손에 튕겨나가는 사태가 발생하며, 보완이 필요함.

6. 최적화 결과

Fig. 8, 9, 10은 1차 개발 테스트 결과를 보완하여 최적화된 최종 콘텐츠 운영과정을 시연한 결과이며, 최적화된 항목을 정리하였다.

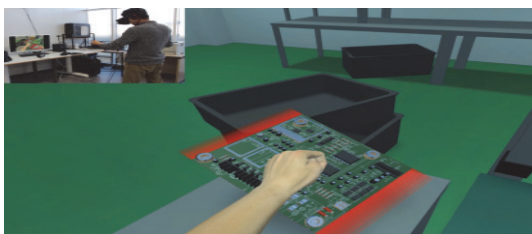


Fig. 8 [Step 1] Initial State



Fig. 9 [Step 2] Execution Status



Fig. 10 [Step 3]. Complete Assembly

6.1 손과 오브젝트(객체) 연계 최적화

집은 물체에 대해서 주변 물건과 상호작용을 못하도록 하며 주변 물건과 겹쳐 있을 때 다시 원 위치로 복귀하도록 수정하였으며, 손과 오브젝트(객체)와의 물리적인 충돌을 무시하도록 개선하여 최적화함.

6.2 오브젝트(객체) 접촉 이벤트 최적화

손으로 집은 물체를 접촉 이벤트와 접촉하기 전에 놓아서 떨어뜨린 경우 이벤트 발생하지 않도록 수정하였다.

즉, 접촉된 상태에서 놓는 동작을 수행했을 때에만 접촉 이벤트가 발생하도록 하였으며, 단, 선행 오브젝트(객체)가 결합되어야만 하는 접촉 이벤트의 경우 이벤트 발생 직후 결합할 수 있도록 하여 접촉 이벤트가 발생한 후 접촉한 물체는 제거하도록 수정 및 개선하였다.

6.3 레이아웃 최적화

모든 공정 프로세스가 완료되면 각각의 프로세스별로 끝난 시점의 시간을 표시하고 처음부터 다시하기와 종료 기능을 추가하였다.

6.4 리소스 최적화

미리 완제품 형태로 제작된 오브젝트(객체)를 하나 만들어 놓고 그 안에 들어가는 다른 오브젝트(객체)들은 개별적으로 제작하여 최적화 하였으며, 완제품에는 Trigger 영역을 하나만 잡도록 설계하여 일부 접촉한 오브젝트(객체)들이 들어 좌표를 세팅할 필요가 없도록 최적화 하였다.

7. 결론

본 연구에서는 전자제품 조립과정에서 실제 운영되고 있는 과정들을 고려하여, 립모션을 이용한 전자부품 조립 훈련 시스템을 개발하였다. 시스템은 Leap Motion과 Oculus VR장비를 기반으로, 사용자의 손 움직임 데이터를 실시간으로 전달하여 가상 공간 상의 손 움직임으로 변환하여 전자부품 조립 시뮬레이션 단계적으로 수행할 수 있도록 개발 하였다. 시스템의 특성 상 1차 개발 테스트 결과를 통하여 보완점을 도출하고 최적화하였

다. 이를 통해 사용자는 실제 전자부품 조립 작업과 유사한 경험을 얻을 수 있으며, 조립 과정에서 발생할 수 있는 오류를 예방하고, 숙련도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 본 논문을 통해 가상 현실 기반의 제조공정의 다양한 교육훈련 프로그램의 질적향상과 개발에 대한 방향을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] W. H. Kim and H. W. Chung, "A Conceptual Study of Application of Digital Technology to OOH Advertising: Focused on Extended Reality Technology", *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 21, No. 2, pp. 301-310, February 2020. [https://DOI : 10.9728/dcs.2020.21.2.301](https://doi.org/10.9728/dcs.2020.21.2.301).
- [2] Jae-Doo Yoo. (2022). A review of VR/AR Educational Possibilities for the Prevention and Reduction of School Violence. *Journal of the Korean Digital Content Society*, 23(1), 83-88.
- [3] Chen, Y., Wang, Y., & Guo, Y. (2019). Research on the Application of Leap Motion in Virtual Assembly Training System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1193(3), 032038.
- [4] Gao, Y., Li, Z., Zhu, X., & Li, X. (2020). Development and evaluation of a virtual reality assembly training system for electronics manufacturing. *Virtual Reality*, 24(3), 369-382.
- [5] Kim, H. J., Lee, Y. J., & Kang, D. W. (2018). Leap Motion-based virtual reality training system for laparoscopic surgery. *Journal of Healthcare Engineering*, 2018, 1-11.
- [6] Liu, Y., Liu, X., & Wang, H. (2019). Design and implementation of assembly training system for electronic products based on Leap Motion and virtual reality technology. In 2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA) (pp. 1848)
- [7] Seongjin Kim, Yujin Park, & Youngchul Kang. (2014). Drawing education on a virtual canvas using Leap Motion. *Journal of the Korean Computer Information Society*, 19(12), 65-72.
- [8] Young-Geun Kim, Hyun-Chul Yoo, Young-Hwan Kim, Seung-Hyeon Park, Sang-Min Kim, & Joo-Hyun Kim. (2015). Design of industrial robot operation training system using leap motion sensor. *Journal of the Korean Society of Robotics*, 10(3), 164-171.
- [9] Unity Technologies. (2021). Unity. <https://unity.com/>
- [10] Alqassab, M., Hasan, M., & Al-Dujaili, A. (2019). Sign Language Recognition Based on Leap Motion Sensor. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(2), 123-129.
- [11] Chen, H. C., Chung, Y. C., Chen, M. F., & Lin, S. H. (2021). A study on the effectiveness of using Leap Motion for enhancing surgical training. *International Journal of Medical Informatics*, 146, 104324.