증강 현실 환경에서 IoT 기기들을 조작할 때 의도하지 않은 입력을 방지하는 기술에 대한 연구

채한주, 황정인, 김이은, 고건, 서진욱

서울대학교 컴퓨터공학부

{hanjoo, jihwang, yekim, kyle}@hcil.snu.ac.kr, jseo@snu.ac.kr

A Study to Advise Involuntary Inputs While Configuring IoT Devices in Augmented Reality Environment

Han Joo Chae, Jeong-in Hwang, Yieun Kim, Kyle Koh, Jinwook Seo

Department of Computer Science and Engineering, Seoul National University

요 약

증강 현실과 IoT 시대가 도래하면서 각종 IoT 기기들을 보다 효율적으로 조작 및 제어할 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 그에 반해 사용자의 실수 또는 센싱 오류로 인해 발생할 수 있는 비의도 입력으로 인한 안전 문제에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 증강 현실 환경에서 mid-air 제스처를 이용해 IoT 기기들을 조작할 때, 비의도 입력을 방지할 수 있는 다양한 인터페이스 디자인을 제시한다. 또한, 각 인터페이스를 이용해 실제 IoT 기기를 조작하는 파일럿 테스팅을 통해 효율성 및 안전성을 검증하고, 해당 인터페이스의 앞으로의 가능성에 대해 제시한다.

1. 서 론

근래에 증강 현실 (Augmented Reality) 기술과 사물 인터넷 (IoT) 기술의 발달에 힘입어 다양한 연결된 장치(Connected Device)들을 원격으로 조작하고 제어하는 모습을 어렵지 않게 볼 수 있게 되었다. 예를 들어, 스마트폰이나 웨어러블 기기의 대시보드[5,6] 또는 mid-air 제스처[4]를 이용하여 스피커의 볼륨, 전등의 밝기, 그리고 실내의 온도 등을 손쉽게 조절할 수 있다. 스마트폰을 이용하여 IoT 기기들을 제어하는 모습을 가장 흔히 볼 수 있는 것은 사실이나, 대부분 대시보드의 형태로 인터페이스가 구성되어 있으며 이는 장치의 개수가 늘어나면 리스트가 지나치게 길어지고 조작하고자 하는 장치를 찾고 조작하는데 드는 시간/노력 비용이 늘어나게 된다[1]. Mid-air 제스처를 이용한 조작은 위와 같은 문제 없이 눈앞에 있는 IoT 기기들을 즉시 효율적으로 제어할 수 있고, 부가적인 컨트롤러를 손에 들 필요 또한 없어[4] 대시보드에 기반한 인터페이스 보다 더 큰 잠재력을 지니고 있다.

IoT 기기를 제어하는 데에 있어 가장 기본적이면서 필수적인 기술은 주어진 범위 내의 임의의 값을 설정하는 부분이다. 앞서 예로든 볼륨, 밝기, 그리고 온도 조절 모두 해당 기술을 필요로 하지만 mid-air 제스처의 경우 스마트폰 인터페이스와는 달리 임의의 값을 입력하는 데에 어려움이 존재한다. 게이지(gauge) 인터페이스는 이러한 mid-air 제스처의 단점을 극복하고 손쉽게 임의의 값을 설정할 수 있어 널리 사용되고 있으며, 기존에 증강 현실에서 손목 회전 제스처와 게이지 인터페이스를 활용하여 IoT 기기를 조작한 연구[1,3]에서 그 효율성을 입증했다.

그러나, 이러한 효율적인 인터페이스는 양날의 검으로 제스처 인식 기술의 한계 또는 사용자의 실수 등으로 인하여 사용자가 의도하지 않은 입력이 발생할 수 있고, 해당 기술이 주변의 IoT 기기에 즉시 반영이 될 시에는 단순한 사용성 문제 뿐만 아니라 불편함이 초래될 수 있으며 더 나아가 사용자의 안전까지 위협할 수 있다. 예를 들어, 스피커의 볼륨이 갑자기 최대로 높여지게 되면 깜짝 놀라는 등 주위 사람들에게 불편함을 줄 수 있고, 최악의 경우에는 청력 손상도 가져올 수 있다. 전등, 가스렌지, 물 온도 조작에도 비슷한 문제를 쉽게 생각할 수 있으며, 조작하고자 하는 IoT 기기의 종류에 따라 그 위험도가 달라질 수 있다. 앞선 연구에서는 이와 같은 문제를 방지하기 위하여 손목 회전 제스처에 대해 안전사고 방지 기술[1,3]을 적용하기도 했다.

본 연구에서는 머리에 착용 가능한 HMD(Head-Mounted

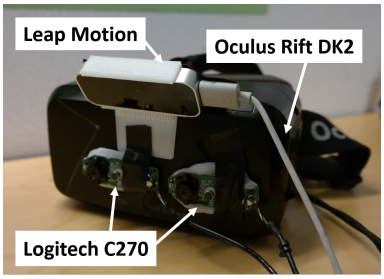

그림 1. AR HMD 프로토타입.

Display) 증강 현실 기기를 이용하여 IoT 기기를 조작하는 데에 있어, 사용자가 의도하지 않은 입력이 발생하지 않도록 방지하는 사용자 인터페이스를 제시한다. 게이지 인터페이스의 전반적인 조작 효율성은 최대한 유지한 채 의도하지 않은 입력을 방지하는 것을 목표로 하며, 실제로 IoT 기기를 제어하는 파일럿 테스팅을 통해 디자인을 다듬고 그 효율성을 검증한다.

2. 시스템 디자인

본 연구에서는 손목 회전 제스처에 적용한 안전 사고 방지 기술[1,3]에 기반하여 게이지 인터페이스 전반적으로 사용 가능하도록 비의도 입력 방지 기술을 확장 하였고, 세부적인 튜닝은 파일럿 테스팅을 통해 진행하였다. AR HMD 프로토타입은 그림 1과 같이 Oculus Rift DK2 장비에 스테레오 카메라와 손을 인식하기 위한 Leap Motion 센서를 장착하였다.

2.1 물체의 선택 및 조작 방식

기본적으로 조작하고자 하는 IoT 기기를 가리키는 방식은 HMD에서 가장 널리 쓰이고 있는 가운데에 표시된 커서로 물체를 포인팅 하는 방식을 채택하였다. 원하는 기기를 가리킨 후에는 드래그와 비슷하게 touch-and-hold 한 후에 손 또는 팔을 움직여 조작하는 방식을 사용하였다. 이와 같은 방식은 터치를 통하여 분명한 조작 의도를 전달할 수 있어 조작 전/후의 불필요한 노이즈를 방지할 수 있다.

2.2 Mid-air 제스처 선정 및 인식

많은 mid-air 제스처들[2] 중에서 IoT 기기의 값을 설정하기에 부적합한 제스처들은 필터링한 후, 가장 많이 사용되는 제스처 두가지를 선정하였다 (그림 2).

Mid-air 터치: 직선의 게이지를 사용자가 손가락으로 직접 터치한 후 손가락을 좌/우로 움직여 조작하는 방식이다. HMD를 통하여 공간 상의 특정 위치에 게이지를 시각화한 후, Leap Motion 센서로 손의 위치를 판단하여 터치 및 이동을 인식하고 반영한다.

손목 회전: 엄지 손가락으로 검지 손가락의 반지 형태의 센서를 터치한 후, 손목을 시계방향 또는 반 시계 방향으로 회전하여 게이지를 조작하는 방식이다. 손목에 착용한 스마트워치를 이용하여 손목의 회전 각도를 인식한다.

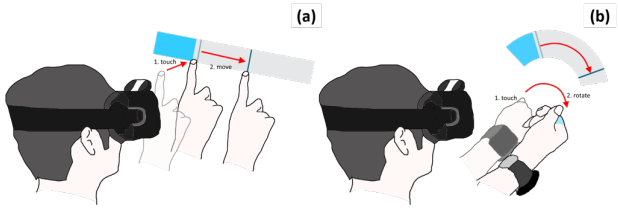

그림 2. Mid-air 제스처의 종류 및 사용 방식.

2.3 즉시 및 지연 반영

사용자가 IoT 기기를 게이지 인터페이스를 통해 조작하였을 경우, 변경된 값을 반영하는 데에는 두가지 방식이 존재한다: 즉시 반영 또는 지연 반영. 즉시 반영은 변화의 결과를 실시간을 관찰하면서 조작이 필요한 경우에 용이하다 (예, 볼륨 또는 밝기 조절). 반면에 지연 반영은 실수나 에러에 대해 안전하며 실시간으로 변화를 관찰하는 closed-loop 피드백이 필요하지 않을 경우에 유용하다 (예, 실내 온도 조절). 본 연구에서는 변화를 실시간으로 관찰할 수 있는 즉시 반영 방식의 장점을 최대한 활용하되, 그 과정에서 생기는 비의도 입력 문제를 최소화 하는데 집중한다.

3. 비의도 입력 방지 인터페이스

기존에 손목 회전 인터페이스에서 고안되었던 안전사고 방지 사용자 인터페이스[1,3]에 기반하여 보다 다양한 제스처에서 일반화된 게이지 인터페이스에 적용 가능하도록 확장하였다.

3.1 Absolute – 기본 (ABS)

기본적인 방식으로 사용자가 터치한 위치 또는 손목의 절대 각도에 의해 게이지가 변경된다. 한번의 터치 또는 움직임으로도 변화가 즉시 생기기 때문에 비의도 입력으로 발생할 수 있는 문제에 취약하다.

3.2 Absolute – 임계치 모드 (ATH)

터치를 통해 조작 단계에 돌입하더라 하더라도, 손가락의 위치 또는 손목의 각도가 일정 임계치 이상 변화하지 않으면 변경이 이루어지지 않는 방식이다. 실수로 잘못된 제이지 위치를 터치하거나 손목의 각도가 잘못되었다고 할지라도 변경이 이루어지기 이전에 취소가 가능하여 비의도 입력을 예방할 수 있다.

3.3 Absolute – 자석 모드 (AM)

사용자가 터치한 위치 또는 손목 각도가 어디인지에 관계없이

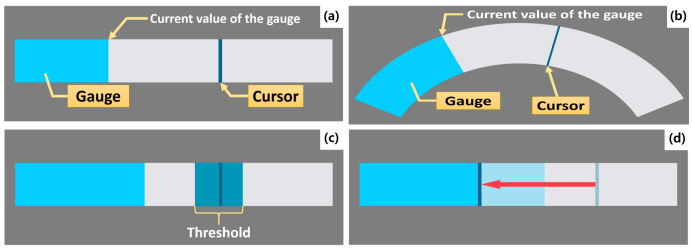

그림 3. 게이지 인터페이스.

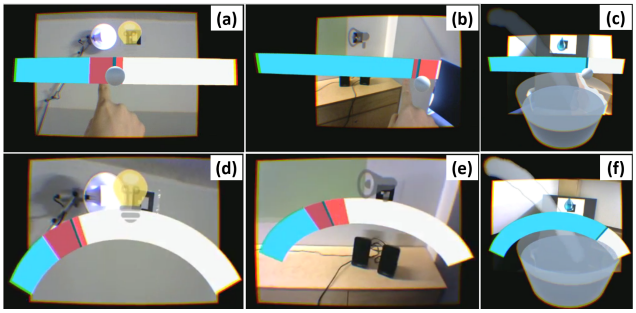

그림 4. 증강 현실에서 실제 IoT 기기를 조작하는 화면.

반드시 현재 게이지의 위치로 커서를 이동시킨 후에 조작을 시작해야 하는 방식이다. 반드시 현재 게이지 위치로부터 변화가 시작되기 때문에 비의도 입력을 예방할 수 있다.

3.4 Absolute – 지연 모드 (AT)

터치를 통해 조작이 시작되게 되면, 즉시 변경 내용을 반영 시키지 않고 현재 사용자가 터치한 위치 또는 손목 각도로 서서히 변화가 이루어지도록 지연시키는 방식이다. 어떠한 경우에도 변화가 단계적으로 나타나기 때문에 비의도 입력으로 인한 갑작스런 변화를 예방할 수 있다. 지연 모드의 경우 변화의 속도가 사용성에 큰 영향을 미치기 때문에 속도 튜닝이 필수적이다. 본 연구에서는 게이지 0%에서 100%까지의 이동 속도를 3초로 설정하였고, 파일럿 테스팅에서 가장 균형 있는 결과를 보였다.

3.5 Relative (R)

게이지를 터치한 지점으로부터 상대적인 이동 거리에 따라 게이지에 변화를 주는 방식이다. 변화가 항상 현재 게이지 위치로부터 시작되기 때문에 비의도 입력으로 인한 갑작스러운 변화를 예방할 수 있다.

4. 인터페이스 적용 및 IoT 기기 조작

IoT 기기를 조작하는 데에 있어 중요한 두가지 요소는 효율성과 안전성이라고 할 수 있다. 그러나, 두가지 모두를 만족시키는 것은 쉽지 않아 대부분의 경우 서로 간의 trade-off가 발생한다. 본 연구에서는 위 소개한 인터페이스들이 얼마나 효율성과 안전성을 만족하는지 관찰하고 검증하기 위하여 실제 IoT 기기들을 조작하는 데에 구현 및 적용하였다. 그림 4와 같이 LED 전등의 밝기, 스피커의 볼륨, 가상 수도꼭지의 물의 양을 조절하도록 구현하였다. 파일럿 테스팅을 통해 각 인터페이스에 대한 선호도를 조사한 결과 사용성은 기본 Absolute 모드가 뛰어났으나, 비의도 입력을 방지하지 못해 안전성이 가장 떨어졌고, 안전성은 Absolute 마그넷 모드가 가장 뛰어났으나, 사용성이 떨어졌다. 반면에 Absolute 지연 모드의 경우 두가지에 대해 모두 좋은 평가를 받았으며 가장 균형 있는 성능을 보였다 (표 1).

5. 결론

증강 현실 기술과 IoT 기기들의 발전으로 이들을 효율적으로 조작하고 관리하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 그와 함께 비의도 입력으로 인한 안전 문제가 발생할 수 있어, 이 또한 함께 연구되어져야 한다. 본 연구에서는 증강 현실 환경에서 IoT 기기들을 효율적이고 안전하게 조작할 수 있는 인터페이스의 디자인을 제시하였고, 실제로 IoT 기기를 조작하는 데에 사용하여 사용성을 검증하였다. 미래에는 제시한 인터페이스에 대한 심도 있는 사용자 실험과 보다 다양한 IoT 기기들에 적용해 볼 수 있을 것으로 기대한다.

	ABS	ATH	AM	AT	R
Usability	**1.50**	3.50	3.50	2.67	3.83
Safety	4.67	2.54	**1.92**	2.92	2.96
Overall	3.79	2.67	2.54	**2.42**	3.58

표 1. 파일럿 테스팅 결과 (평균 선호 순위)

참 고 문 헌

[1] 고건, et al. "IoT 환경에서 증강현실과 웨어러블 기기를 이용한 손목회전 기반 장치 제어 사용자 인터페이스에 대한 연구." 한국정보과학회 학술발표논문집 (2016): 1411-1413.

[2] Cabreira, Arthur Theil, and Faustina Hwang. "An analysis of mid-air gestures used across three platforms." Proceedings of the 2015 British HCI Conference. ACM, 2015.

[3] Chae, Han Joo, et al. "Prevention of Unintentional Input While Using Wrist Rotation for Device Configuration." Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology. ACM, 2016.

[4] Huang, Zhanpeng, Weikai Li, and Pan Hui. "Ubii: Towards seamless interaction between digital and physical worlds." Proceedings of the 23rd ACM international conference on Multimedia. ACM, 2015.

[5] Sakamoto, Sarah Gomes, et al. "Home control via mobile devices: State of the art and hci challenges under the perspective of diversity." International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. Springer, Cham, 2014.

[6] Suo, Yue, et al. "Housegenie: Universal monitor and controller of networked devices on touchscreen phone in smart home." Ubiquitous Intelligence & Computing and 7th International Conference on Autonomic & Trusted Computing (UIC/ATC), 2010 7th International Conference on. IEEE, 2010.