

증강현실에서 펜을 이용한 3차원 스케치

김준한, 한제완, 최수미*
세종대학교 컴퓨터 공학과
smchoi@sejong.ac.kr

3D Sketch with a Pen in Augmented Reality

Jun-Han Kim, Je-Wan Han, Soo-Mi Choi*
Dept of Computer Engineering, Sejong University

요약

최근 증강현실 기술을 통해 현실의 공간적 한계를 극복하려는 시도가 늘고 있다. 본 연구에서는 이러한 흐름에 따라 증강현실 상에서 기존의 2차원 방식이 아닌 3차원 방식으로 간단한 메모나 실용적인 스케치를 할 수 있는 발전된 형태의 시스템을 제안한다. 사용자는 현실을 배경으로 3D 스케치를 하여 간단한 3D 모델을 생성할 수 있고, 더 나아가 생성된 모델을 검색 정보로 활용하여 다른 완성된 형태의 모델을 불러올 수 있으며, 생성된 모델과 작업 공간을 다른 이들과 실시간으로 공유할 수도 있다. 제안 시스템은 일반적인 스마트 폰을 기반으로 구성되어 있어 쉽게 활용이 가능하다.

1. 서론

최근 가상현실(VR, Virtual Reality) 기술을 이용한 다양한 시도가 이루어지고 있다. 알리바바는 가상 쇼핑몰을 체험할 수 있는 기회를 마련하여 가상공간이 현실의 공간을 대체할 수 있다는 가능성을 보여주었고, 구글은 VR 상에서 3D 스케치 및 모델링을 할 수 있는 Tilt Brush라는 툴을 공개하여 창작 수단의 범위를 크게 확장하였다.

또한 이러한 VR 기술의 발달을 스마트폰 기반의 증강현실(AR, Augmented Reality) 기술에 접목하여 휴대성과 접근성을 높이려는 시도가 존재한다. Just a Line과 같은 앱은 3D 스케치를 AR 형태로 재구성한 예이다.

하지만 기존에 출시된 3D 스케치 시스템들은 한계를 가지고 있다. VR 기반 스케치 시스템은 접근성과 휴대성이 제한되고, 다른 작업과의 멀티태스킹이 불가능하다. 이를 개선한 Just a Line의 경우 스마트폰에 내장된 관성 측정 장치(IMU, Inertial Measurement Unit)에 의해 자기 자신의 궤적을 스케치하는 방식이라 펜과 뷰어(Viewer)가 분리되지 않고 하나로 동작할 수밖에 없으며 그로 인해 오락용 이외에는 활용도가 떨어진다.

본 연구는 이러한 문제점을 개선하고자 AR상에서 펜과 같은 주변기기를 활용하는 3D 스케치 시스템을 제안한다. 시스템은 크게 펜, 앱, 서버로 구성된다. 사용자는 주변기기인 펜을 이용하여 스케치 작업을 하고, 동시에 앱을 통해 작업 중인 화면을 보거나 편집을 할 수 있으며, 완성된 모델을 서버를 통해 공유할 수 있다.

또한 3D 스케치 방식의 이점을 활용하여 기존에 연구

된 2D 스케치 기반 3D 모델 검색 기법(2D Sketch-based 3D model retrieval)[1]을 3D 스케치 기반의 검색 방식으로 확장하였으며 이에 따라 더 다양하고 세세한 특징(Feature)을 검색에 이용할 수 있다. 구글의 Cloud Anchors 기술을 활용하여 단순히 자신이 스케치한 모델을 공유하는 것을 넘어서 작업을 하고 있는 혼합현실공간(MRS : Mixed Reality Space) 자체를 공간적 제약 없이 실시간으로 타인과 공유할 수 있다.

이러한 시스템은 일반 사용자에게는 즐길 거리로, 예술업 종사자에게는 창작의 도구로 이용될 것이고, 더 나아가 여러 산업분야에도 활용될 수 있을 것이다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 AR기반 3D 스케치 시스템과 관련된 연구들을 기술하고, 3장에서는 시스템의 구현 방식에 대해서 상세히 설명하며, 결론에서는 해당 시스템의 한계와 향후 연구에 대해 제시한다.

2. 관련 연구

해당 분야의 관련 연구로는 크게 상용 시스템과 연구 방법으로 나누어 볼 수 있다. 먼저 관련 상용 시스템들은 다음과 같다.

- Tilt Brush : VR 기반 3D 스케치 및 모델링 툴이다. 정밀한 보정 기술이 적용되어 있으며 VR 환경에 적합한 편집 기능들이 구현되어 있다.
- Just a Line : AR 기반 3D 스케치 앱이다. 구글의 ARCore를 활용한 AR Experiments 프로젝트의 대표적인 앱으로 평가되며, 스마트폰에 내장된 IMU와 카메라를 통해 스마트폰 자체를 트래킹하여 선을 그리는 기능을 가지고 있다.

관련된 연구 방법들은 다음과 같다.

- 2D Sketch-based 3D Model Retrieval : 2D로 스케치

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2019-2016-0-00312). (* 교신저자)

된 이미지를 통해서 데이터베이스에 저장된 3D 모델을 검색하는 기법이다.

- 3D Sketch-based 3D Model Retrieval : 합성곱 신경망(CNN, Convolutional Neural Network)을 통해 3D 모델의 특징 값을 생성하도록 학습하고 이를 토대로 검색하는 기법이다. Extended Reality(XR) 환경에서 3D 스케치 분야가 연구된 지 얼마 안 되었기에 실제로 활용하기에는 해당 분야에서의 추가적인 연구가 필요하다.
- Cloud Anchors : AR의 혼합현실공간은 앵커(Anchor)를 기반으로 생성되는데 이러한 앵커를 네트워크를 통해 공유하는 기술이다. Cloud Anchors를 이용하면 사용자 간에 실시간으로 혼합현실공간을 공유할 수 있다.

3. 증강현실 기반 3D 스케치 시스템

3.1 시스템 개요

사용자가 스마트폰에 의해 트래킹되는 펜을 가지고 스케치를 하면 모바일기반 AR플랫폼이 생성한 혼합현실공간에 스케치한 객체가 생성된다. 생성된 객체를 앱을 이용하여 편집하거나, 스케치 기반 모델 검색을 이용하여 완성된 형태의 모델로 대체하거나, 모델화시켜 서버를 통해 공유할 수 있다. 완성된 모델은 목적에 따라 3D 프린팅 등의 추가적인 작업에 사용될 수도 있다. 또한 사용자 간 실시간으로 혼합현실공간을 공유하는 기능이 제공된다. 그림 1은 이러한 시스템의 전체적인 개요를 보여준다.

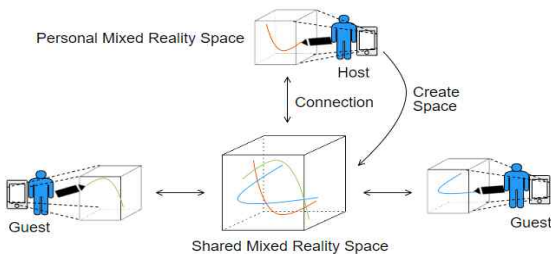


그림 1. 3D 스케치 시스템 개요도

3.2 펜의 구성 및 트래킹

펜은 마커(Marker), 버튼, 블루투스 모듈, 몸체로 구성된다. 마커는 펜을 인식시키는데 활용되고, 버튼과 블루투스 모듈은 스케치 작업의 ON / OFF를 위하여 쓰인다. 몸체는 손에 쥐고 사용하기 편리한 펜의 형태이다. 그림 2는 펜의 구성을 보여준다.

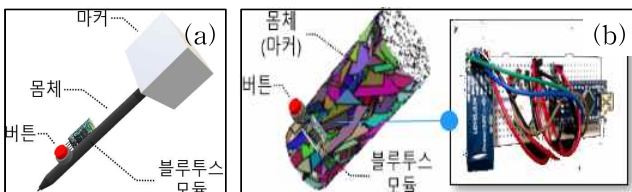


그림 2. (a) 큐브형 마커 펜, (b) 실린더형 마커 펜

그림 2의 (a)는 큐브 형태의 마커를 펜 뒤편에 부착하는 방식인데 이는 보편적으로 많이 쓰이는 방식이다. 반면에 (b)는 마커를 실린더 형태의 펜 전면에 부착하는 방

식이며, 본 시스템에서는 이 방식을 채택하였다. 이 방식의 가장 큰 장점은 펜 끝에 마커를 부착하는 방식과 달리 펜의 일부만이 화면에 보여도 트래킹이 가능하다는 것이고, 그 외에 디자인이나 균형감같은 부분에서도 보다 뛰어나다. 표 1은 실린더형 펜의 트래킹 유지율에 대한 표이다.

| 기준 | 펜의 가시면적(%) | | | | 펜의 속도(cm/s) | | | |
|------------|------------|----|----|----|-------------|----|----|----|
| 조건 | 10 | 20 | 30 | 40 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 트래킹 유지율(%) | 0 | 23 | 70 | 96 | 100 | 60 | 40 | 0 |

표 1. 트래킹 유지율 (10초간 작업시 트래킹이 유지된 횟수 / 전체 시행 횟수, 시행 횟수는 30회)

본 시스템은 마커를 통한 트래킹[2] 방식을 사용한다. 이 방식은 별도의 외부 센서를 필요로 하지 않아 모바일 환경에 부합하는 방식이지만 스마트폰의 카메라를 벗어나면 트래킹이 불가능하다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 외부 카메라(External Camera)가 혼합현실공간을 생성하는 방식을 사용자가 선택적으로 활용할 수 있게 하였다. 외부 카메라를 적절한 위치에 배치하여 더 넓은 범위의 공간을 혼합현실공간으로 확장할 수 있으며, 이때 스마트폰은 작업이 이루어지는 혼합현실공간을 보는 역할(Viewer)만 수행하게 된다.

3.3 앱의 구성

앱은 Vuforia, ARCore[3] 등의 모바일 AR 플랫폼을 통해 혼합현실공간을 생성하며 동시에 그 공간을 카메라 화면을 통해 현실의 공간과 합하여 AR로 볼 수 있게 한다. 이러한 카메라 화면을 중심으로 UI에는 펜의 형태, 크기, 색이나 Undo, Redo, 지우기 등 스케치와 관련된 기능들과 편집, 저장, 불러오기, 모델 검색, 공유, Cloud Anchors 연결 등 모델이 완성된 뒤 사용할 기능들이 모두 배치되어야 한다.

3.4 스케치 보정 기술

기존의 Ramer-Douglas-Peucker 알고리즘[4]은 모든 점을 반복적으로 탐색하기 때문에 실시간으로 점의 개수를 최소화하기에는 적합하지 않다. 이를 해결하기 위해 사잇각 개념을 도입하여 처리 방식을 개선하였다.

새로운 점 x 를 추가하는 과정에서 이전에 작성된 점 o 를 기준으로 x 와 펜의 위치 p 의 사잇각 θ 를 계산하고, 이 값이 임의의 상수 α 를 o 와 p 사이의 거리로 나눈 값보다 작으면 x 를 삭제한다. α 의 값을 조정하면 삭제 허용 범위를 조절할 수 있다. 식 (1)은 이러한 사잇각을 이용한 판별 공식을 실험을 통해 도출한 것이다.

$$if \theta_{(x,p)} < \alpha/dist(o,p) \text{ then Remove}(x) \quad (1)$$

또한, 정밀도를 높이기 위해서 작은 크기의 리스트(List)로 관리되는 최근 점들을 o 와 함께 사잇각 판별의 기준으로 사용하였다.

그림 3은 스케치를 구성하는 점들을 드러나게 하여 보정 이전(a)과 이후(b)의 상태를 비교한 사진이다. 직선뿐만 아니라 사용자의 손 떨림에 의해 미세하게 꺾어진 선에서도 보정과 동시에 점의 최소화가 수행되는 것을 볼 수

있다. 또한 완성된 객체에 사잇각에 의한 실시간 보정 방식과 기존 보정 방식을 함께 적용하면 최적의 결과가 나오는 것을 실험을 통해 확인하였다.

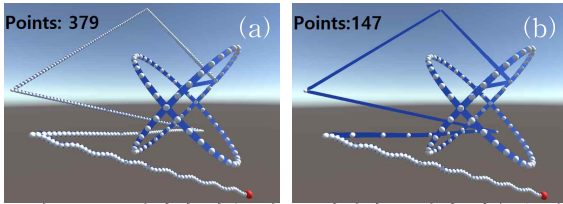


그림 3 (a) 보정되지 않은 선, (b) 사잇각 보정이 적용된 선

3.5 모델 검색

3D 스케치 기반 모델 검색 기법[5]을 활용하여 카메라가 바라보는 위치에 따라 3D 스케치를 2D 이미지로 직교 투영(Orthogonal Projection)하여 특징 값을 추출하고, 이를 인덱스(Index)로 사용해 데이터베이스에 저장된 3D 모델을 검색한다. 사용자는 바라보는 방향을 계속 바꾸어가며 자신이 원하는 모델이 나올 때까지 검색을 시도할 수 있으며 매 검색마다 시스템은 검색에 사용된 이미지와 특징 값이 일치하는 비율이 높은 순으로 상위 n개의 모델들을 반환한다. 검색을 실행하면 그림 4의 (a)와 같이 가장 유사한 모델들을 화면에 보여주고, 이 중 하나를 선택하면 (b)와 같이 혼합현실공간에 모델이 삽입된다.

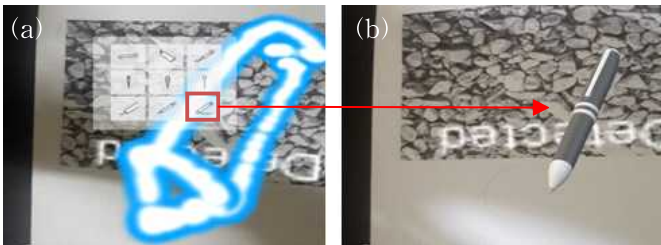


그림 4. (a) 모델 검색 UI, (b) 모델 삽입

설계 방식에 따라 이전에 추출한 특징들을 현재 수행하고 있는 검색에 활용하여 정확도를 높일 수 있다. 이 경우 이전 특징들을 저장할 공간이 필요하고 검색에 추가적인 시간이 소요되므로 성능은 떨어질 것이다.

3.6 서버와 Cloud Anchors를 통한 공유

앱을 통해 완성된 객체를 obj 파일화하여 서버에 저장하거나 불러올 수 있으며 타인과 공유할 수 있다. 서버의 데이터베이스는 계정단위로 나누어 관리되므로 사용자는 자신만의 계정을 통해 이러한 작업을 더욱 편리하게 할 수 있다.

Cloud Anchors는 구글의 클라우드 DB인 Firebase를 통해 실시간으로 혼합현실공간을 공유할 수 있는 기술이다. 혼합현실공간은 앵커(Anchor)를 기반으로 생성되는데, 이 기술은 그러한 앵커를 생성하고 앵커에 대한 정보를 제공하는 호스트(Host)와 제공받는 게스트(Guest)들로 구성된다. 그림 5의 (a)와 같이 호스트가 앱 상에서 특정 앵커를 탭하면, Firebase에 그 앵커의 정보와 자신의 Room Code가 저장되고, (b)와 같이 게스트들은 그 Room Code를 통해 공유된 앵커에 접근할 수 있다.

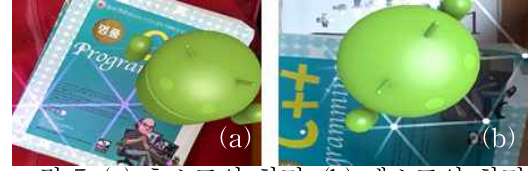


그림 5. (a) 호스트의 화면, (b) 게스트의 화면

이 기술은 일반적으로는 근거리에서 카메라로 같은 화면을 바라보며 사용하는 방식이지만, 프린트 등으로 특정 이미지를 출력하여 서로 같은 앵커를 보유하기만하면 원거리에서도 작업 공유가 가능하다. 이에 착안하여 사용자가 서버로부터 미리 정의된 앵커를 가져와 출력하면, 앱에서 Cloud Anchors를 활용하여 하나의 앵커에서 다수의 사용자와 스케치를 할 수 있도록 한다.

4. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 모바일 AR분야에서 사용될 수 있는 3D 스케치 시스템을 제안하였다. 이는 기존에 존재하는 각각의 기술들을 향상시키고 유기적으로 통합하여 더욱 발전된 형태로 구성한 것이다.

본 시스템은 여타 AR 시스템처럼 카메라 기반 트래킹이라는 한계가 있으나, 향후에 펜에 직접 IMU를 부착하고 보다 발전된 트래킹 기술을 적용한다면 카메라에 구애받지 않는 트래킹이 가능할 것이다. 같은 카메라 기반의 트래킹이더라도 CNN과 같은 딥러닝 기술을 통해 펜이 담긴 이미지와 펜촉의 상대적인 위치들을 데이터 셋(Dataset)으로 삼아 학습시켜서 마커리스(Marker-less) 트래킹을 시도해볼 수도 있다.

모델 검색 분야에서는 3D 객체 자체의 Point Cloud를 특징 값으로 활용하는 검색 기법이 연구되고 있다. 이 기법을 사용하면 보는 방향에 상관없이 전체적인 3D 특징 값을 추출할 수 있을 것이므로 보다 편의성이 높아질 수 있을 것이다.

또한 현재는 아두이노를 사용하여 펜이 크고, 비용이 많이 들지만 이를 PIC와 산업용 모듈 등으로 대체한다면 비용의 절감과 함께 펜 크기의 축소가 가능할 것이다.

참고 문헌

- [1] Mathias Eitz et al., "Sketch-Based Shape Retrieval," in *ACM Trans. Graph.*, Vol. 31, No. 4, pp. 1-10, 2012.
- [2] Vincent Lepetit and Pascal Fua, "Monocular Model-Based 3D Tracking of Rigid Objects: A Survey", in *Computer Graphics and Vision*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-89, 2005.
- [3] Jonathan Linowes, Krystian Babilinski, "Augmented Reality for Developers : Build practical augmented reality applications with Unity, ARCore, ARKit, and Vuforia", England, Packt Publishing, 2017.
- [4] Visvalingam, M., Whyatt, J. D., "The Douglas Peucker Algorithm for Line Simplification: Re-evaluation through Visualization" , in *Computer Graphics Forum*, Vol. 9, No. 3, pp. 213-225, 1990.
- [5] Ye Yuxiang, Li Bo, and Lu Yijuan, "3D Sketch-based 3D Model Retrieval with Convolutional Neural Network", in *Pattern recognition (International conference)*, Cancun, Mexico, pp. 2936-2941, 2016.