

# Kinect camera 를 활용한 3D Scanning 의 표면 텍스처 정확도 향상을 위한 기법

## 요 약

최근 다양한 크기를 가진 물체들의 형상 정보를 손쉽게 얻을 수 있는 3D 스캐닝 기술이 발전하면서 제조업, 건설업 등을 비롯한 각종 산업 분야에서의 쓰임이 점점 증가하고 있다.

3D 스캐닝을 하는 방식 중 하나로 Azure Kinect 의 depth camera 를 활용한 Kinect Fusion 알고리즘 기반의 측정 방식이 있다. 하지만 이 방식을 통해 카메라를 움직이면서 3D 형상 정보를 얻을 때, 카메라와 물체 사이의 거리가 가까웠다가 멀어질수록 물체의 세부적인 표면 텍스처 정보가 평균화 되어 사라지는 한계점이 발생한다. 본 연구에서는 이런 한계점을 해결하기 위해 카메라와 물체의 거리가 가까워질 때의 표면 텍스처에 대한 가중치를 증가시켜 카메라의 거리가 멀어져도 표면의 텍스처 디테일을 유지하도록 하는 방식을 제안하고 구현한다.

## 1. 서론

### 1.1. 연구배경

최근 전 세계적으로 산업의 패러다임의 변화 즉, 4 차 산업이 시작되며 3D 프린팅과 3D 스캐닝 사업이 성장하고 있으며 이미 다양한 산업 군에서 활용되며 점차 발전하고 있다. 그 중에서 3D 스캐닝이란 모양과 색깔 등의 데이터를 수집하기 위해 실제 세계의 물체 또는 환경을 분석하는 과정이다. 3D 스캐닝 장비의 경우 현재 고가의 전문장비부터 게임을 비롯하여 간단하게 사용 가능한 저가형 제품까지 다양하게 분포해 상용화되어 있다. 고가의 전문 장비는 일반인이 구하기 어려우며 접근성이 떨어지기 때문에 일반인도 손쉽게 사용할 수 있는 Google Kinect Camera 를 이용하여 3D 스캐닝을 한다면 다양한 분야에 유용하게 활용될 것이다. Google Kinect Camera 를 사용하여 3D 스캐닝을 진행하는 방법은 다양한 각도와 거리에서 물체 또는 환경을 카메라로 촬영하는 것이다. 카메라로 촬영하면서 저장된 3D 데이터가 점차 축적되는 과정에서 3D 데이터들의 평균값을 구하며 전체적인 3D 데이터를 도출하게 된다. 이때 평균값을 구하면서 3D 데이터들의 디테일한 정보가 정확해지는 경우도 있으나 윤곽이 흐려지거나 디테일이 사라지는 한계점이 발생한다. 이는 보통 카메라와 물체의 거리가 가까워지면 세부적으로 잘 표현이 되지만, 거리가 멀어지면 비교적 세세하게 표현되지 않아 카메라와 물체의 거리에 따라 표면

질감(texture)에 대한 세부적인 정보가 달라지기 때문이다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위한 방식을 제안하고 구현하여 일반인들도 쉽게 고도화된 3D 스캐닝을 접하며 활용할 수 있는 환경이 되기를 기대한다.

## 1.2. 연구목표

Microsoft Kinect camera 를 활용하여 정확하고 디테일한 정보까지 포함하는 3D Scanning 을 일반인이 사용할 수 있을 정도로 간단하게 수행될 수 있도록 하는 것이 최종 목표이다. 이를 가능하게 하기 위해 첫 번째로 표면 디테일이 유지될 수 있는 3D 스캐닝 기능을 구현하는 것이 가장 중요하다. 카메라와 물체 간의 거리를 적외선 값을 활용한 깊이 맵으로 알아낸 후, 거리가 가까울 때의 3D point 정보에 가중치를 높게 설정하여 Kinect Fusion Algorithm 이 실행되도록 한다.

두 번째, 스캐닝된 3D 정보를 저장하는 기능을 구현하여 OpenGL, maya 등과 같은 3D 프로그램을 활용하여 확인할 수 있도록 한다. 이를 가능하게 한다면 사용자가 임의로 스캐닝된 3D 형상을 수정하거나 색상, 텍스처를 매핑하여 상업적, 개인적으로 광범위하게 사용할 수 있게 될 것이다.

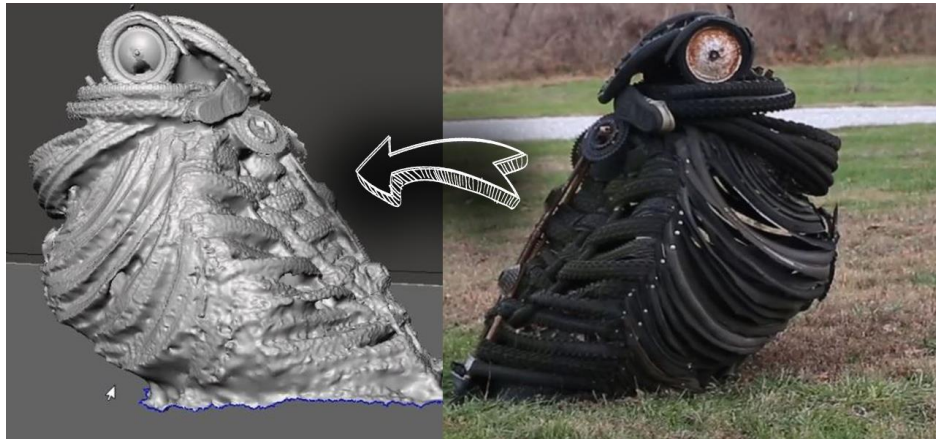
## 2. 관련연구

### 2.1. 3D Scanning

3D 스캐닝은 하드웨어 장비를 이용하여 물체의 3D 형태를 측정하는 방법으로, 크게는 대상과의 접촉 여부에 따라 접촉식(3 차원 측정기: CMM, Coordinate Measuring Machine)과 비접촉식(3D scanner, 3D digitizer)으로 나뉜다. 접촉식은 탐촉자를 물체에 직접 닿게 하여 스캐닝하는 방식으로 정확도가 높은 것이 장점이지만, 물체의 변형이나 손상 가능성이 있고 물체의 크기에 따라 제한적이기 때문에 주로 제품 검측에 많이 활용되고 있다. 비접촉식은 빛을 이용하여 물체를 스캐닝 하는 방법으로 레이저나 백색광으로 물체에 빛을 쬔 후 반사된 빛의 시간을 측정하고 거리를 수치화하는 방식으로 광범위한 공간을 스캐닝 하는 데에 주로 사용되고 있다.

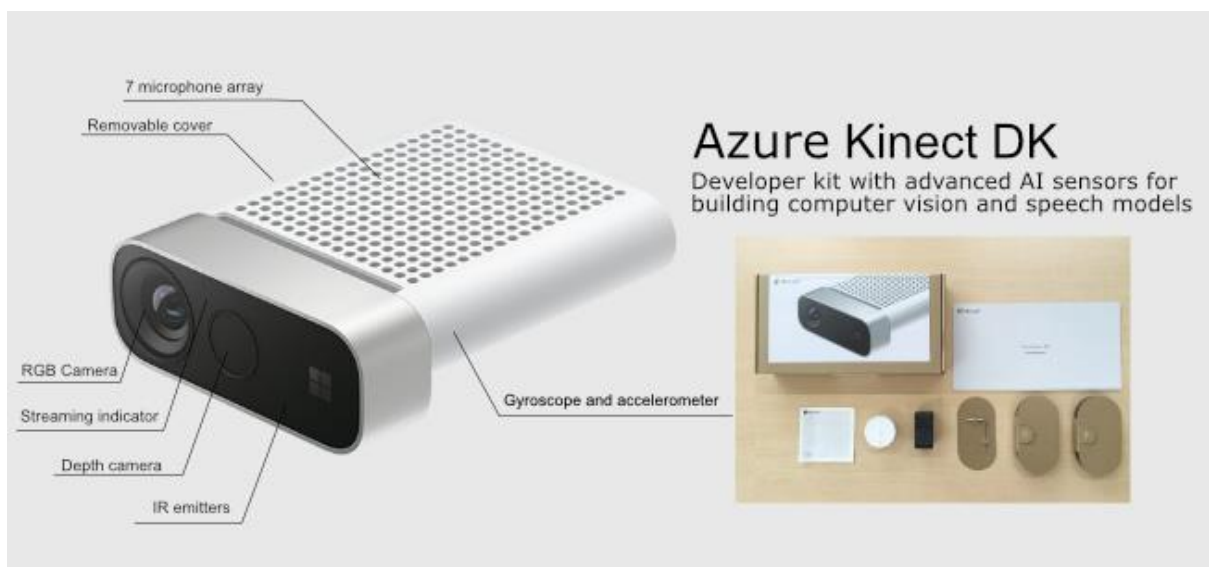
비접촉 3D 스캐닝은 레이저를 발사하여 물체에 맞고 돌아오는 시간으로 물체까지의 거리를 측정하거나 특별히 고안된 적외선 패턴을 이용하여 물체까지의 거리를 측정하는 방법이 있다. 적외선 패턴을 이용하여 거리를 잴 때는 미리 고안된 여러 가지 무늬의 빛을 물체에 가한 뒤, 빛이 물체에 맺힌 형태로부터 물체까지의 거리를 측정한다. 빛을 이용한 측정의 특성상 물체가 그림자에 가려지거나 물체 표면 마감이 반짝거리는 재질인 경우에는 3D 데이터 획득이 어렵다는

단점이 있다. 이러한 비접촉 3D 스캐닝은 최대 1,000m 이상의 장거리 스캐닝 대상으로부터 마이크로미터 단위의 미세한 3D 데이터까지 획득할 수 있는 장점이 있으나, 장비가 고가이며 장비의 이동이 어려워서 보통 실내에서만 측정이 가능하다는 단점이 있다. 최근에는 노트북에 연결하여 사용할 수 있는 휴대용 스캐너나 이동식 고정밀스캐너가 소개되고 있어 이동성의 단점이 많이 개선되고 있다.

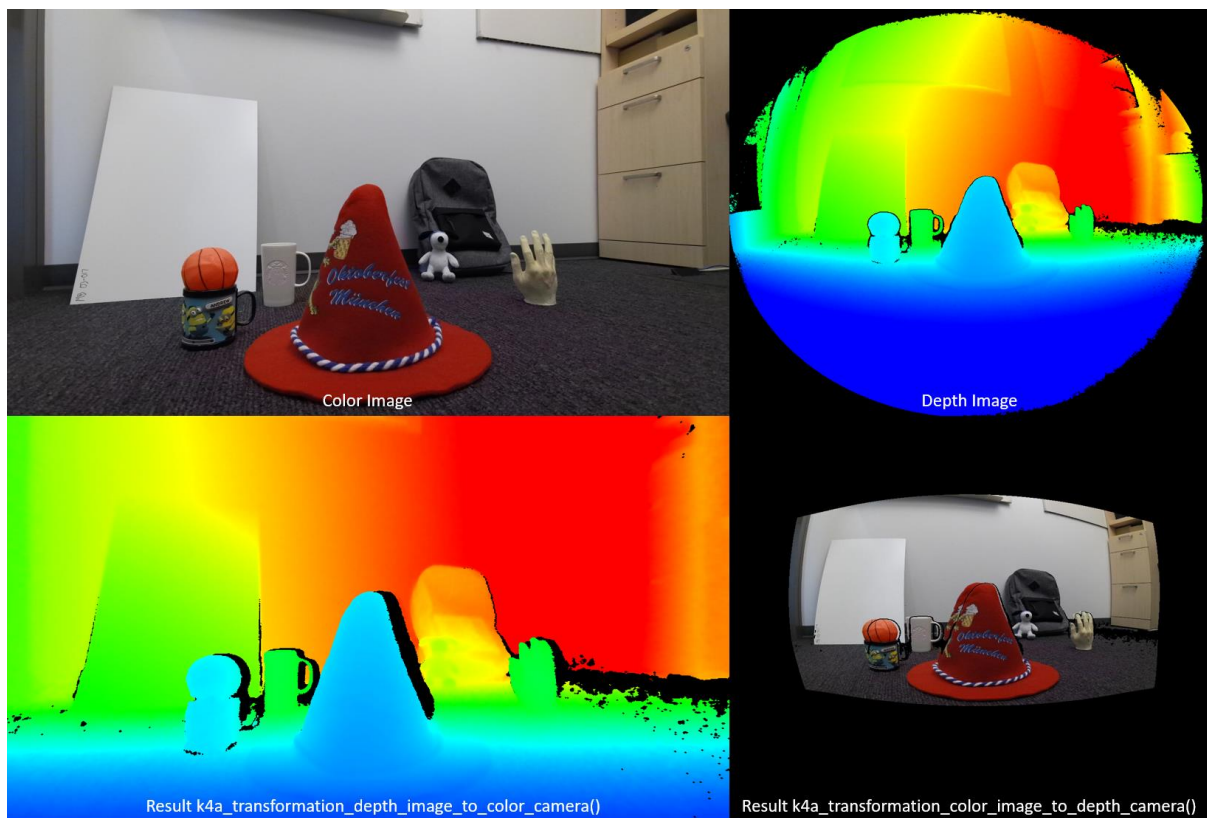


대부분의 경우에는 한 번의 스캔으로 완벽한 모델을 만들 수 없고 여러 번의 스캐닝 과정을 거쳐 얻은 데이터들은 후처리 작업을 요구한다. 데이터들을 기준 좌표로 변환하는 작업을 정렬(Alignment) 또는 정합(Registration)이라 하고, 정합된 여러 데이터를 하나로 합치는 작업을 머징(Merging)이라 한다. 데이터를 후처리 하는 일련의 과정이 엔지니어링 업무의 시작이라 할 수 있고 여기에는 많은 시간과 노력이 요구된다.

## 2.2. Kinect depth camera



kinect 는 Microsoft 사에서 게임을 목적으로 개발한 가정용 게이밍 제품으로, kinect 의 기본 구성은 적외선 레이저 카메라와 색상을 감지하는 RGB 카메라, 그리고 적외선 센서로 구성되어 있다. 기존에는 XBOX 360 의 주변기기로 활용되었지만, 현재는 PC 어플리케이션 개발에 특화된 Kinect for Window 가 출시되어 있는 상태이며, 기존 기기에 비해 성능이 소폭 향상되었다. kinect 는 사람의 관절을 20 개 영역으로 나누어 처리한다. 물론 각각의 관절에는 Tracking ID 가 할당되어 있기 때문에 여러사람이 들어가도 한 사람의 관절을 계속 따라 들어갈 수가 있다. kinect 는 RGB 영상뿐만 아니라 특정한 적외선 점 패턴을 물체에 투영하여 점 패턴의 특성을 분석하고 깊이 정보를 획득하고 스켈레톤 트래킹을 제공한다. 이처럼 깊이 영상 생성을 위해 물체에서 반사되어 되돌아오는 적외선의 패턴을 적외선 센서로 검출한다. 하지만 발광 장치와 적외선 센서 간의 거리 차이로 인한 사각지대 발생, 매끄러운 물체 표면으로 인하여 적외선의 난반사가 적게 일어나 적외선 센서로 레이저가 돌아오지 못하는 경우에 적외선 패턴을 감지할 수 없기 때문에 검출되지 않은 위 치에 대한 값은 깊이영상에서 홀(hole)의 형태로 나타난다. kinect 를 통해 흑백 음영 또는 히트맵으로 구성된 깊이 영상으로 표현할 수 있게 된다.



## 2.3. Kinect Fusion Algorithm

Kinect Fusion은 2011년 Microsoft Research에서 개발한 알고리즘이다. 이 알고리즘을 사용하면 사용자가 실제 장면 주위에서 Microsoft Kinect 센서3를 움직여 3D 장면을 실시간으로 강력하게

재구성할 수 있다. SLAM 기술이 효율적인 카메라 추적을 제공하지만 기초적인 재구성만 제공하는 경우 Kinect Fusion의 결과는 높은 수준의 견고성과 세부 사항을 모두 얻을 수 있게 된다.

Kinect Fusion 알고리즘의 입력은 Kinect에서 반환된 깊이 맵의 시간적 시퀀스이다. 알고리즘은 깊이 맵만 사용하고 색상 정보는 사용하지 않기 때문에 조명 조건이 이를 방해하지 않아 Kinect Fusion이 완전한 어둠 속에서도 작동할 수 있다. 알고리즘은 실시간으로 실행되므로 센서에서 입력되는 입력 깊이 프레임을 차례로 사용하여 진행한다. 현재 깊이 프레임에서 표면 표현이 추출되고 먼저 새 표면을 정렬한 다음 병합하여 전역 모델을 다듬는다. 전역 모델은 각각의 새로운 단계에서 재구성되고 정제되는 전역 표면의 예측으로 얻을 수 있다. 각각의 프레임에서는 Kinect 센서에서 얻은 새로운 깊이 맵이 입력으로 사용된다. 깊이 맵은 색상 값을 유지하는 대신 깊이 값, 즉 카메라에서 3D 장면 지점까지의 거리를 유지하는 픽셀 이미지이다. Kinect는 적외선 프로젝터를 통해 장면에 불균일한 적외선 패턴을 방출한 다음 적외선 센서를 통해 동일한 패턴을 획득하고 TOF(Time-of-Flight)를 측정하여 깊이 맵을 계산한다. Kinect 내부의 프로세서는 조명 패턴의 하드 코딩된 이미지와 입력되는 패턴을 일치시킨 후 상관 관계를 찾아 장면에서 포인트의 3D 위치를 계산하여 깊이 맵을 구축한다. Kinect가 반환하는 깊이 맵은 노이즈가 발생하기 쉬우므로 양방향 필터를 적용하여 이미지를 부드럽게 하고 단일 픽셀 주변 값의 이웃 평균을 통해 깊이 값에서 노이즈를 제거한다. 그 결과 뚜렷한 경계선을 유지하면서 노이즈가 없는 깊이 이미지를 얻을 수 있다. Kinect Fusion 알고리즘이 작동하려면 깊이 맵을 back-projection과정을 거쳐 꼭짓점 및 법선 정보가 있는 3D point cloud로 변환해야 한다. 이는 서로 다른 계층화된 해상도에서 수행되므로 표준 알고리즘의 목적을 위해 세부 수준이 다른 3으로 설정되는 여러 이미지가 생성된다. 이를 위해 깊이 픽셀을 실제 3D 좌표와 일치시키는 Kinect의 내부 저장된 보정 행렬이 사용된다. 각 점의 법선은 두 벡터의 외적을 통해 추정된다. 이 단계의 결과로 세 가지 다른 세부 수준에서 각 점에 대한 정점 및 법선 데이터가 있는 point cloud가 반환된다. point cloud의 point들은 깊이 맵의 픽셀로 배열되기 때문에 point cloud는 정렬된 것으로 간주된다.

## 2.4. 기존 3D Scanning 에 관련된 연구

3D 기술이 점차 발전하고 다양한 분야와 융합되면서 3D 프린팅, 모델링 등의 작업을 진행하기 위해 3D 모델이 필요한데, 기존에는 별도의 프로그램으로 직접 하나하나 설계하고 제작해야 하는 번거로움이 존재했다. 이러한 번거로운 절차를 개선하기 위해 [1]의 저자들은 손쉽게 3D 모델링을 얻는 방법 중 하나인 3D 스캐닝을 일반 가정에서 게임 용도로 빈번하게 사용되어 고급 전문 장비에 비해 구비하기 쉬운 kinect 카메라를 이용하여 수행하여 모델링까지 마칠 수 있도록 하는 기법이 제안되었다.

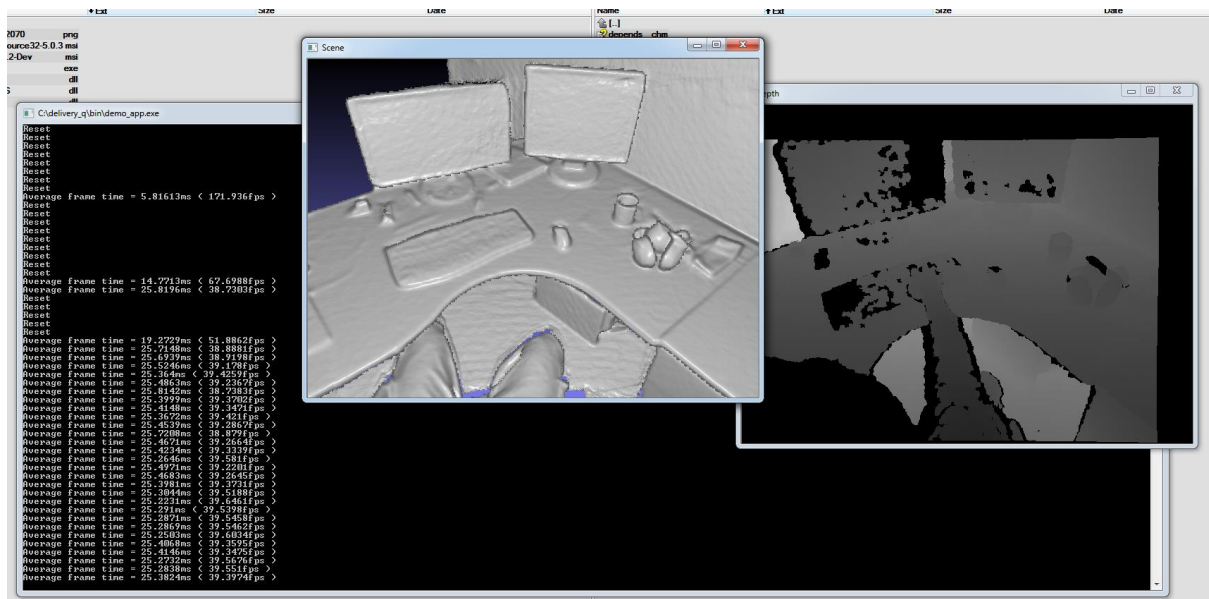
## 2.5. 기존 연구의 문제점 및 해결 방안

Kinect 카메라를 사용하여 3D 스캐닝과 모델링을 진행할 경우 비접촉 방식이므로 접촉 방식에 비해 비교적 덜 정확한 point cloud 를 얻게 된다. 비접촉 방식 임에도 불구하고 더욱 정확한 point cloud 를 얻기 위한 해결방안으로 카메라를 물체와 가까이 두어 촬영을 하여 세부적인 표면 정보까지 스캐닝을 하고, 이 세부적인 값을 계속 유지할 수 있도록 가중치를 높게 두는 것을 제안한다. kinect 카메라를 위치, 방향, 거리에 따라 점진적으로 이동해가며 스캐닝을 진행하여 세부적인 부분이 유지되는 동시에 새로운 입력 데이터로부터 3D 형상을 얻어내어 좀 더 정확한 3D 스캐닝과 모델링이 가능하도록 한다.

### 3. 프로젝트 내용

#### 3.1. 시나리오

1) kinfu 등과 같이 kinect camera 를 사용하여 3D Scanning 할 수 있는 알고리즘을 구현해 놓은 모듈을 찾아 테스트해본다.



2) 모듈의 코드 분석을 하며 카메라로부터 거리를 얻는 부분, 순차적으로 입력된 데이터들을 평균화하는 부분을 각각 찾는다.

3) 거리와 데이터 간의 상관관계를 기반으로 알고리즘을 설계한다.

4) 설계된 알고리즘을 기존 모듈에 연동하거나 모듈을 사용할 수 없을 경우에는 직접 구현한 코드와 병합한다.

5) 프로그램을 통해 생성된 모델을 OpenGL, Maya 등의 3D Tool 으로 디스플레이하여 테스트하고 개선한다.





키넥트 기반 코드 테스트, 개선 및 3D tool로 디스플레이													
최종보고서 작성													

## 5. 결론 및 기대효과

본 연구는 비접촉 3D Scanning 방식 중 하나인 kinect camera 를 활용해 Scan 을 진행하고, 향상된 표면 텍스처를 가진 3D 모델을 도출해내는 것이 목표이다. 더욱 향상된 표면 텍스처를 생성하기 위해 기존 3D Scanning 의 한계점인 표면 텍스처 평균화로 무뎠지는 현상을 개선하고 해결한다. 이러한 과정에서 kinect fusion algorithm 을 참고하여 본 프로그램에서 개선된 형태로 사용된다.

본 연구의 기대효과로는 첫째, 고급 장비를 마련하기 어려운 일반인 등의 사용자들도 손쉽게 3D Scanning 을 접할 수 있어 다양한 분야에서 접근성이 한 층 좋아진 상태에서 활용될 수 있다. 둘째, 게임 개발, 제조업 등에서 좀 더 편리하고 간단하게 3D Scan 을 할 수 있다. kinect 카메라로 실제 풍경을 찍어 게임의 맵을 생성할 수도 있고, 부품의 디테일한 표면을 찍어 3D 모델을 생성할 수도 있다. 추후 kinect camera 의 성능이 더욱 개선된다면, 본 프로그램과 kinect camera 를 이용하여 상업적으로 충분히 활용 가능한 향상된 표면 텍스처를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

## 6. 참고문헌

- [1] 최순혁, 김영균, 류관희 (2017). 키넥트와 유니티 3D 를 이용한 물체 스캔 및 3D 모델 생성기법. 한국정보과학회 학술발표논문집, 1963-1965
- [2] 이병도, 김태혁 (2018). 4 차 산업혁명을 위한 3D 스캐너와 BIM 데이터의 활용
- [3] Michele Pirovano , Kinfu – an open source implementation of Kinect Fusion + case study: implementing a 3D scanner with PCL