

RGB-D 카메라기반 작업자 공간 포인트 클라우드 생성 기법 구현

(Implementation of point cloud creation technique for worker
space based on RGB-D camera)

황 상 호, 권 오 언, 김 정 한, 변 지 현, 윤 철 진, 김 성 호*
(재)경북IT융합산업기술원

(Sang-Ho Hwang, Oeon Kwon, Jung Han Kim, JiHYeon Byeon, Cheol Jin Yoon and Sungho Kim)
(Gyeongbuk Institute of IT Convergence Industry Technology (GITC))

Abstract : In this paper, we implemented a point cloud creation technique to create an RGB-D-based 3D worker space. The RGB-D camera may not be able to accurately recognize depth information due to an out-of-sensing distance or reflectance of an object. Since such missing information can make the 3D map inaccurate, in this paper, depth information is restored through median filter and time-based depth information stacking based on the raw data from RGB-D. This implemented technique can obtain an accurate point cloud compared to the existing method, and can use it to generate a more accurate 3D object.

Keywords : RGB-D Camera, Point Cloud, Digital Twin, 3D object

1. 서 론

현재 대부분 공장의 고위험설비의 경우 작업자의 안전이 고려되지 않아 안전사고가 지속적으로 일어나고 있다. 작업자의 안전을 위해 작업자 및 설비에 많은 센서를 부착하여 모니터링하고 있으나 작업환경이나 설비의 특성을 고려하지 않거나 사고 위험에 대한 분석 및 피드백을 하지 않아 비슷한 사고가 지속적으로 발생하고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 최근에는 작업자 안전을 고려하는 스마트공장에 대한 연구 및 도입이 많이 이루어지고 있으며, 특히 디지털트윈이 등장하면서 다양한 센서 데이터 및 CCTV 영상을 가상환경에 시각화하여 작업자의 안전사고를 예방하는 스마트 안전에 대한 연구도 활발히 이루어지고

있다[1]. 하지만 현재 스마트공장이나 스마트안전에 적용되고 있는 디지털트윈기술은 상당한 비용이 드는 고가의 기술로 이 기술을 적용한 스마트 안전 시스템은 대부분 대기업에 적용되고 있으며 작업자 안전기술이 절실하게 필요한 중소기업에서는 가격 등의 이유로 도입이 어렵다.

본 논문에서는 저비용으로 고위험설비 인근 작업자의 안전 모니터링 기술을 도입할 수 있도록 RGB-D기반 3D 작업자 공간을 생성하기 위한 포인트 클라우드(Point Cloud) 생성 기법을 구현하였다. RGB-D카메라는 감지거리를 벗어나거나 물체의 반사율 등의 이유로 깊이 정보를 정확하게 인지를 못할 수 있다[2]. 이러한 누락된 정보는 3D 맵을 정확하지 않게 만들 수 있으므로 본 논문에서는 RGB-D에서 출력되는 원시 데이터를 기반으로 중간 값 필터, 시간기반 깊이정보 적층을 통해 깊이 정보를 복원하였다. 이를 통하여 본 기법은 기존 방식에 비해 정확한 포인트 클라우드를 얻을 수 있으며, 이를 이용하여 보다 정확한 3D 맵을 생성에 활용할 수 있다.

*Corresponding Author (shk@gitc.or.kr)

황상호, 권오언, 김정한, 변지현, 윤철진, 김성호:
(재)경북IT융합산업기술원

※ 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-02016, Digital Twin을 활용한 고위험군 장비 사용 작업자 안전관리 모니터링 플랫폼 개발)

II. RGB-D기반 작업자 공간 포인트 클라우드 생성기법 구현

RGB-D 예지 컴퓨팅 노드

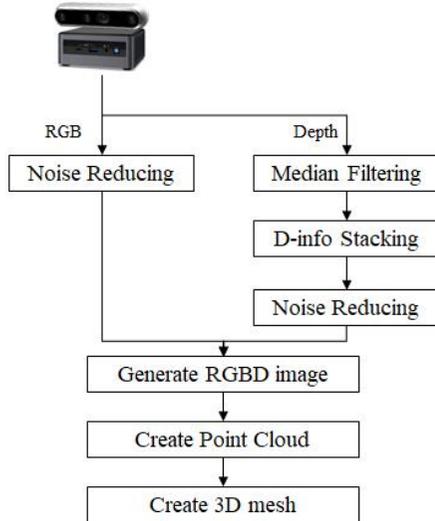


그림 1. RGB-D기반 작업자 공간 포인트 클라우드 생성을 위한 흐름도

Fig. 1. Flowchart for creating RGB-D-based worker space point cloud

구현한 작업자 공간 포인트 클라우드 생성 기법은 RGB-D카메라를 활용하고 있다. 작업자 안전판

리 모니터링 시스템은 우선 작업자 공간에 RGB-D 카메라를 설치하고 주변을 스캐닝하여 3D 맵을 생성한다. 생성된 3D 맵에는 한 곳 이상의 위험공간을 설정할 수 있다. 이렇게 설정된 맵을 기반으로 작업자 안전관리 모니터링 시스템은 YOLO(You only look once) 알고리즘을 통해 작업자를 찾고 설정된 위험공간에 작업자가 근접할 경우 작업자 또는 감독관에게 알람을 주도록 설계가 되어있다. 본 기법은 작업자 안전관리 모니터링 시스템에서 보다 정확한 3D 맵 생성에 필요한 포인트 클라우드를 생성한다. 그림 1은 본 기법의 절차를 보여주고 있다. RGB-D 카메라를 통해 입력되는 깊이 정보는 중간 값 필터(Median Filter)를 통해 정제되고 시간 기반 깊이 정보 적층 모듈로 보내진다. 이 모듈은 N번의 프레임을 적층시켜 가장 큰 값을 가지는 프레임의 값을 대표 깊이 정보로 정한다. 수식 1은 N개의 프레임에서의 깊이 정보 계산을 보여준다.

$$Depth_{h,w} = \max(Depth_{h,w,f}) \quad 0 \leq f \leq N-1 \quad (1)$$

RGB-D카메라의 경우 특정 감지거리 이후는 깊이 정보를 정확하게 인지하지 못해 정보를 누락시킬 수 있다. 이를 보완하기 위해 본 기법은 깊이 정보를 일정시간 동안 누적시켜 가장 큰 값을 보이는 값을 해당 위치에서의 깊이 정보로 정한다. 이를 통해 순간 누락될 수 있는 깊이 정보를 반영할 수 있으나 노이즈도 같이 늘어날 수 있으므로 노이즈 제거 필터를 적용한다. 이렇게 필터된 영상의 색상 값

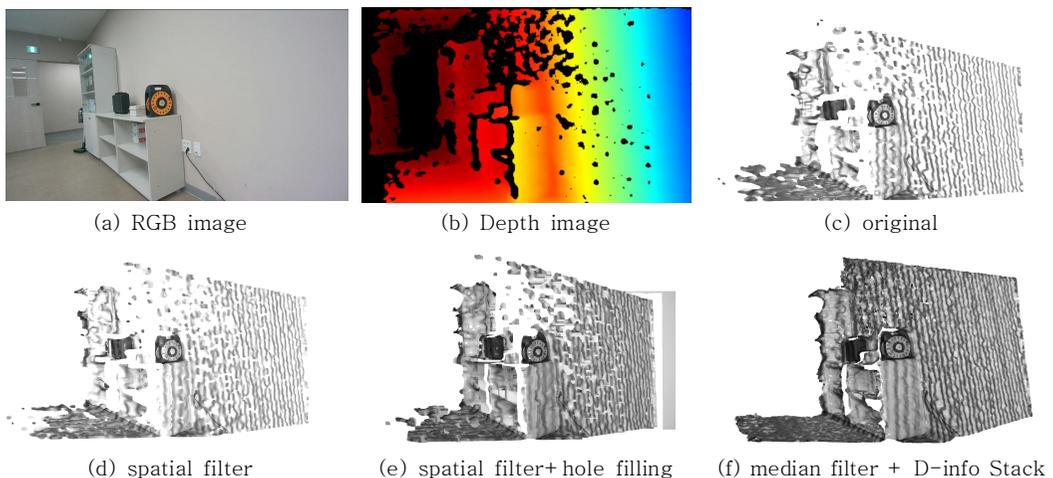


그림 2. 원시이미지 및 적용된 필터 알고리즘에 따른 3D 메쉬 품질 차이

Fig. 2. Raw image and 3D mesh quality difference according to the applied filter algorithm

과 깊이 정보는 RGB-D정보로 통합되고 이를 활용하여 포인트 클라우드를 생성한다. 이렇게 생성된 포인트 클라우드는 3D 메쉬(Mesh) 생성에 활용될 수 있다.

그림 2는 Intel Realsense D455 카메라를 활용한 원시(raw) 이미지 및 적용된 필터 알고리즘에 따른 3D 메쉬 품질 차이를 보여주고 있다. (a)는 RGB 영상 이미지, (b)는 깊이 정보를 색상으로 표현한 이미지, (c)는 필터를 적용하지 않은 3D 메쉬, (d)는 Intel API에서 제공하는 공간 필터(spatial filter), (e)는 공간필터에 홈 채움(hole filling), (f)는 본 논문에서 구현한 중간값 필터와 시간기반 깊이 정보 적층을 각각 적용한 이미지를 보여주고 있다. 그림 2(c)에서 확인할 수 있듯이, RGB-D카메라는 감도에 따라 깊이 정보를 누락할 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 여러 필터를 적용하여 누락된 정보를 복원 또는 보간을 수행해야한다. 그림 2(d)에서 공간 필터의 경우 복원 효과가 크게 나타나지 않았다. 그림 2(e)에서 홈 채움 필터를 적용하는 경우 높은 복원율을 보여주지만 그림의 우측과 같은 잘못된 정보로 복원하는 단점을 보여준다. 그림 2(f)의 본 논문에서 구현한 알고리즘은 다른 기법에 비해 상당히 향상된 복원율을 보여주고 있다.

III. 결론

본 논문에서는 저비용으로 고위험설비 인근 작업자의 안전 모니터링 기술을 도입할 수 있도록 RGB-D기반 3D 작업자 공간을 생성하기 위한 포인트 클라우드 생성 기법을 구현하였다. 본 기법은 RGB-D에서 출력되는 원시 데이터를 기반으로 중간 값 필터, 시간기반 깊이정보 적층을 통해 깊이 정보를 복원하였다. 이를 통하여 본 기법은 기존방식에 비해 정확한 포인트 클라우드를 얻을 수 있으며, 이를 이용하여 보다 정확한 3D 맵을 생성에 활용할 수 있다. 다만 본 기법은 정적 환경에서만 활용할 수 있으며, 3D 맵 생성 정확도가 작업공간의 조도 및 환경에 큰 영향을 받을 수 있다. 또한 RGB-D카메라의 성능에 따라 생성된 3D 메쉬의 품질이 달라질 수 있다. 향후 머신러닝을 활용하여 깊이 정확도 개선을 진행할 예정이다.

References

[1] Liu, Mengnan, et al. "Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications." *Journal of Manufacturing*

Systems, vol. 58, pp.346-361, 2021.

[2] Xian, Chuhua, et al. "Fast Generation of High-Fidelity RGB-D Images by Deep Learning With Adaptive Convolution." *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2020.