

## 포인트 클라우드 정합 시스템 자동화를 위한 개선된 정합 평가 방법

김종욱 김형민 박종일<sup>†</sup>

한양대학교

{glowingbell, hyungminy, jipark}@hanyang.ac.kr

### An Improved Registration Evaluation Method for Automating Point Cloud Registration System

Jongwook Kim Hyungmin Kim Jong-Il Park<sup>†</sup>

Hanyang University

#### 요 약

본 논문에서는 포인트 클라우드 정합 시스템 자동화를 위한 재정합 프로세스에서 정합의 실패 유무를 판단하는 기존의 정합 평가 방법을 개선한 방법을 제안한다. 포인트 클라우드 정합 자동화를 위해 정합의 실패를 판단하여 다시 정합하는 재정합 프로세스는 자동화 시스템에서 필수적인 요소이다. 기존의 정합 평가 방법은 정합하고자 하는 두 포인트 클라우드의 점의 간격이나 데이터의 양이 다를 경우 계산된 정합 오차가 정성적인 결과와는 다르게 측정되는 문제가 발생하는데, 이는 재정합 프로세스에서 치명적인 오류를 초래한다. 제안하는 방법은 참조 포인트 클라우드에서 가장 인접한 목표 포인트 클라우드의 세 점이 이루는 평면과의 수직 거리를 계산하고, 일정 거리 임계치를 만족하는 점들의 개수를 측정해 계산된 오차를 검증하여 정합 오판단율을 효과적으로 감소시켰다.

#### 1. 서론

최근 3 차원 깊이 정보 획득에 필요한 다양한 깊이 센서들의 보급이 보편화되면서, 이를 이용한 물체의 3 차원 포즈를 추정하는 연구들이 활발히 진행되고 있다. 깊이 센서를 활용한 물체의 3 차원 포즈를 추정하는 연구는 다양한 산업분야에서 적용되고 있는데, 그 중 로봇 팔로 물체를 집어내는 빈피킹(bin-picking) 시스템에서 물체를 인식하고 물체와 로봇 팔 간의 기하학적 관계를 추정하는 문제에서 적용이 이루어지고 있다.

물체와 로봇 팔 간의 기하학적 관계는 3 차원 메쉬 모델에서 샘플링한 참조 포인트 클라우드와 깊이 센서로부터 획득한 목표 포인트 클라우드를 정합함으로써 추정이 가능하다 [1]. 빈피킹 시스템에서 물체를 인식하고 포즈를 추정하여 파지 하는

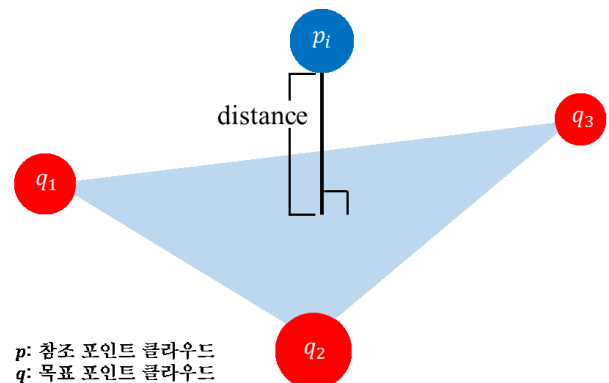


그림 1. 제안하는 방법의 모식도

프로세스를 자동화하기 위해서는 참조 포인트 클라우드와 목표 포인트 클라우드 간의 정합을 자동화해야한다. 포인트

클라우드 정합을 자동화하기 위해서는 정합한 물체가 올바르게 정합 되었는지를 판단하고, 만약에 정합이 실패했다면 다시 정합을 시도하는 재정합 프로세스가 필수적이다. 본 논문에서는 재정합 프로세스에서 정합 오판단을 줄이기 위해 기존의 정합 방법을 개선한 정합 평가 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제안하는 정합 평가 방법을 2 절에서 설명한 후, 3 절에서 제안하는 방법의 성능을 실험을 통해 확인한다. 마지막으로 결론을 4 절에서 기술한다.

## 2. 정합 평가 방법

기존의 정합 실패 판단 방법인 정합된 참조 포인트 클라우드와 가장 인접한 목표 포인트 클라우드 점들의 평균 거리를 계산하는 방법은[2], 두 데이터의 점의 간격이나 데이터의 양이 다를 경우 실제 정성적인 정합 결과와는 다른 측정 결과가 나타나는 오판단이 빈번하게 발생한다. 본 논문에서 제안하는 방법을 통해 기존 방법의 오판단율을 효과적으로 감소시켰다.

제안하는 방법은 그림 1 과 같다. 참조 포인트 클라우드와 가장 인접한 목표 포인트 클라우드의 세 점이 이루는 평면과의 수직 거리를 계산하고, 일정 거리 임계치를 만족하는 점들의 개수를 세어 측정된 거리 오차를 검증한다. 표 1 은 제안하는 방법의 알고리즘이다. 실험적으로 거리 임계치는 5.0 으로 설정하였고, 정합을 평가하는 score 와 계산된 score 를 검증하는 ratio 값은 각각 2.0 미만, 0.6 이상의 값을 만족해야 정합에 성공한 것으로 설정하였다.

표 1. 정합 평가 알고리즘

**M**: reference point cloud; **S**: target point cloud; **d**: distance; **dt**: distance threshold (hyper parameter); **q1**: the first nearest point from S in M; **q2**: the second nearest point from S in M; **q3**: the third nearest point from S in M; **P**: plane consisting of q1, q2, q3;

```

for i=0 → S size do
    if d(S[i], P) < dt then
        sum += d(S[i], P)
        count++
    end if
end for

score = sum / count
ratio = count / M size
    
```

## 3. 실험 및 결과

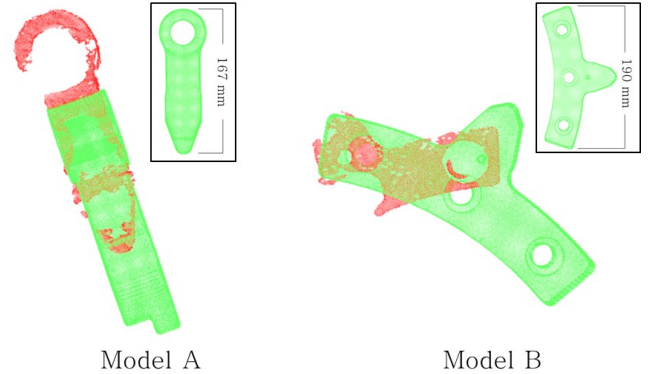


그림 2. 기존 방법의 오판단 결과 예 (녹색: 참조 포인트 클라우드, 적색: 목표 포인트 클라우드)

표 2. 제안하는 방법과 기존의 방법과의 오판단율 비교

Methods	Model A	Model B	Average
Proposed Method	4%	6%	5%
Previous Method[2]	22%	40%	31%

본 논문에서는 실험을 위해 깊이 오차가 0.244 mm 인 구조광(structured light)[3] 장비를 사용하여 목표 포인트 클라우드 데이터를 획득하였다. 정합 오판단은 두 포인트 클라우드 데이터의 샘플링된 점의 간격이 다르거나, 물체의 반사광 또는 폐색으로 인해 깊이 센서로부터 획득한 포인트 클라우드 데이터가 불완전할 때 빈번하게 발생한다. 실험은 이와 같이 오판단을 유발하는 불완전한 데이터들에 대해서 기존의 방법과 제안하는 방법으로 정합을 50 회 실시하여 오판단율을 비교하였다[4].

가장 인접한 점들의 거리만을 계산해서 정합 결과를 평가하는 기존의 방법을 사용하면 그림 2 와 같이 정합에 실패했지만 측정된 오차는 Model A, Model B 각각 1.845 mm, 1.992 mm 로 오판단된 수치를 나타낸다. 제안하는 방법으로 정합 결과를 평가 했을 때 기존 방법 대비 오판단율이 효과적으로 감소되었음을 표 2 에서 나타냈다.

## 4. 결론

본 논문에서는 포인트 클라우드 정합 시스템을 자동화하기

†교신저자

위한 재정합 프로세스에서 정합의 실패 유무를 판단하는 기존의 정합 평가 방법을 개선한 평가 방법을 제안하였다. 기존의 방법은 불완전하게 획득된 데이터에 대해서 정합 오판단이 빈번하게 발생하는 문제점이 있었는데, 제안하는 방법으로 오판단율이 효과적으로 감소되었음을 실험을 통해 확인하였다.

## 감사의 글

이 논문은 2020 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2017-0-01849, 실내외 임의공간 실시간 영상 합성을 위한 핵심 원천기술 및 개발툴킷 개발)

## 참고문헌

- [1] 김종욱, 심규동, 김형민, 박종일. "3 차원 메쉬 모델과 깊이 영상 간의 정합을 위한 포인트 클라우드 리샘플링." 제 32 회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 (IPIU), 2020.
- [2] Stefan Hinterstoisser, Vincent Lepetit, Slobodan Ilic, Stefan Holzer, Gary Bradski, Kurt Konolige, and Nassir Navab. "Model based training, detection and pose estimation of texture-less 3D objects in heavily cluttered scenes." In Asian Conference on Computer Vision (ACCV), pages 548-562, 2012.
- [3] Scharstein, Daniel, and Richard Szeliski. "High-accuracy stereo depth maps using structured light." IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Proceedings, Vol. 1. IEEE, 2003.
- [4] Diyi Liu, Shogo Arai, Jiaqi Miao, Jun Kinugawa, Zhao Wang, and Kazuhiro Kosuge. "Point Pair Feature-Based Estimation with Multiple Edge Appearance Models (PPF-MEAM) for Robotic Bin Picking." Sensors, 18(8), 2719, 2018.