

키넥트의 깊이정보 데이터를 활용한 Iterative Closest Point의 초기추정

강민석, 호요성
광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부
e-mail : {kangminseok, hoyo}@gist.ac.kr

Initial Estimation of Iterative Closest Point using Experimental Data of Kinect

Min-Seok Kang, Yo-Sung Ho
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)
Electrical Engineering and Computer Science (EECS)

요 약

저가의 효율적인 3D 깊이 센서가 출시되면서 로봇 적용분야를 위한 3D 맵을 표현하는 것이 가능해지고 있다. 최근 들어, 낮은 계산 복잡도의 알고리즘으로 3D 맵을 표현하는 방법이 소개되고 있지만, 3D 맵이 가진 많은 양의 데이터와 연속된 시간의 프레임에 대해 모든 처리를 고성능 컴퓨팅 시스템에서도 버거운 작업이다. 본 논문은 이러한 문제점을 해결하기 위해, 초기 추정 방법을 사용하여 더욱 정확하고 낮은 계산 복잡도를 갖는 Iterative Closest Point 방법을 제안한다. 키넥트로 얻은 색상 정보로 특징점 추출하고, 특징점과 키넥트의 깊이 정보를 일정한 조건에서 얻은 3D 근접 데이터를 분석하여 일정한 수식을 얻고, 다음 시점의 초기 값을 추정한다. 실험 결과를 통해 제안한 방법이 기존의 Iterative Closest Point보다 빠르게 최적의 값으로 수렴했으며, 정성적 평가에서도 기존의 방법에 비해 정확한 정보를 획득하는 것을 확인했다.

1. 서 론

지난 수십 년간 모바일 로봇과 자율 주행 시스템 분야는 전 세계적으로 많은 주목을 받아오며 발전을 이루었다. 현재 모바일 로봇은 복잡한 작업을 자율적으로 수행할 수 있으며, 자율적으로 탐색하고, 경로 계획을 수립하기에 이르렀다. 이러한 작업을 효율적이고 안전하게 수행하기 위해 로봇 자신의 환경에서 자신의 위치를 정확하게 인지할 수 있어야 한다. 이에 로봇 자신의 위치를 파악하는 문제의 연구가 주목받고 있다.

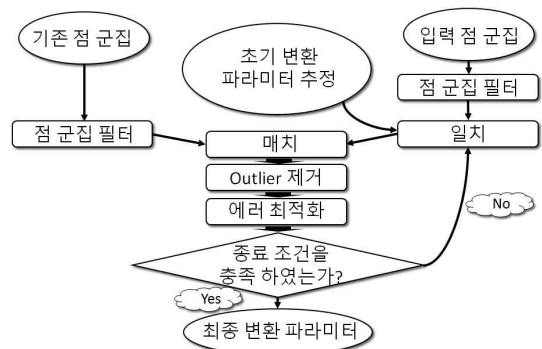
초기 연구에서 주로 사용되었던 방법이 바퀴 주행 측정 방법이다. 로봇 바퀴의 회전량을 측정하여 바퀴 주행 측정법을 사용하는 것인데, 이는 몇 가지 제한사항을 갖고 있어 현재는 많은 관심을 받고 있지는 않다. 몇 가지 제한사항으로는 바퀴의 회전수를 측정하는 것으로 바퀴가 있는 로봇에만 제한적으로 적용할 수 있고, 누적된 값을 계산하는 방식으로 오차도 누적이 되며 광범위한 영역을 이동할 때 오차가 커지게 된다.

GPS, 레이저 주행 측정법, 시각적 주행 측정법(Visual Odometry), 동시적인 위치 파악과 지도생성(Simultaneous Localization and Mapping) 기술에 이르기까지 다양한 접근을 하고 있다. 본 논문에서는 동시적인 위치 파악과 지도생성(Simultaneous Localization and Mapping)을 목적으로 한다. 동시적인 위치 파악과 지도생성방법에서 카메라의 위치가 조정되지 않은 프레임 간의 점 군집을 한 프레임마다 등록을 하고 카메라의 상대적인 움직임으로 변

환해주는 변환 매트릭스를 구하는 방법으로 Iterative Closest Point (ICP)를 사용한다. 하지만 ICP의 경우 두 점군집이 초기 카메라 포즈의 변화가 적거나 초기 추정이 되어있어야 ICP가 정확하게 작동한다는 한계점이 있다[1].

본 논문에서는 ICP에 대한 설명과 본 논문에서 제한하는 깊이정보를 데이터를 이용한 초기설정 방법과 이에 따른 실험결과를 설명한다.

2. Iterative Closest Point



(그림 1) Iterative Closest Point 흐름도 [1]

ICP는 일반적으로 점 군집 필터, 일치, 매치, Outlier 제거, 에러 최소화 과정을 거치면서 임계값의 에러 값보다 낮아 질 때까지 반복하거나 또는 에러의 변화가 없을 때까지 이 과정을 반복하게 된다. 기본적인 ICP 흐름도는 그림 1과 같다. 본 논문에서는 초기 변환 파라미터 추정에

대해 새로운 방법을 제안한다.

점 군집 필터는 점 군집에서 ICP에 사용되는 포인트를 샘플링하는 과정으로 알고리즘 계산 속도는 포인트의 숫자에 영향을 받는다. 계산 속도를 위해 일반적으로 다운 샘플링을 하게 된다. 본 논문에서는 일정한 간격으로 샘플링을 한다. 앞서 입력된 점 군집을 기존의 점 군집에 대해 초기 추정을 하게 된다. 본 논문에서는 이 일치과정에 입력 영상의 특징점과 깊이 정보 이미지를 활용해 보다 정확한 초기 추정을 제안한다. 이에 대한 내용은 챕터 3에서 다룬다.

에러 최적화를 위한 입력 점 군집과 기존의 점 군집에서 각각 에러값을 계산 하는 쌍을 만들어주는 과정이다. 매치하는 입력 점 군집과 기존의 점 군집을 모든 점들을 매치하게 된다. 이때 성능을 저해하는 매치의 경우 제거해 주게 된다. 본 실험에서 임계값 이상의 거리를 갖는 매치된 연결의 경우 제거 해주게 된다.

에러 최적화는 최적화 방법을 이용해 반복적으로 수행하여 특정 임계값 이하의 에러를 갖는 변환 파라미터를 찾을 때까지 반복 수행하게 된다. 아래 수식 Point to Plan[2]방법으로 에러 값을 최적화 한다. 이 때 이상적으로 알고리즘이 수렴하고 입력과 기존 점 군집이 완벽하게 정렬되기 까지 반복 수행 하게 되지만. 특정한 경우 반복 수행을 멈추게 한다. 에러가 특정한 임계값보다 작아질 경우, 최대 반복횟수를 도달한 경우, 반복했을 때 에러 값이 변하지 않을 경우에 반복이 멈추도록 설정된다.

$$E = \sum_i [(R\vec{b}^i + \vec{t} - \vec{a}^i) \cdot \vec{n}^i]^2 \quad (1)$$

3. 제안하는 초기 추정 방법

기존의 ICP과정에서 초기 추정이 생략되거나 부정확한 초기 추정을 계산 했을 때 에러 최적화 과정에서 지역 최소에 빠지는 경우가 생기므로 ICP 성능에 있어서 초기 추정 과정은 중요한 역할을 하고 있다. 이에 본 논문에서는 RGB영상에서의 특징점을 이용하여 입력 점 군집과 기존 점군집의 깊이정보 이미지에서 얻은 3차원 정보에 대한 수집을 한 결과는 표 1에서 볼 수 있다.

(표 1) RGB 매칭 포인트 3차원 정보

	X					Y				
	정면	좌 30도	우 30도	좌 50cm	우 50cm	정면	좌 30도	우 30도	좌 50cm	우 50cm
1	0.1432	0.5389	-0.6223	-0.4255	0.4335	0.1829	0.1436	0.1098	0.0870	0.1462
2	-0.0814	0.8675	-0.9068	-0.6491	0.5964	0.0462	0.0483	0.0433	0.0242	0.0198
3	-0.0828	1.1050	-1.1105	-0.5906	0.4944	-0.1042	-0.0154	-0.0021	0.0294	-0.0633
	Z					Depth				
	정면	좌 30도	우 30도	좌 50cm	우 50cm	정면	좌 30도	우 30도	좌 50cm	우 50cm
1	1.4906	1.2901	1.4249	1.2528	1.33640	1.50869	1.40555	1.55875	1.32603	1.41257
2	2.3130	2.2076	2.1710	2.3129	2.31300	2.31489	2.37245	2.35320	2.31291	2.38873
3	2.8089	2.3182	2.2841	2.8090	2.66513	2.81214	2.56818	2.53980	2.87059	2.71135

표 1에서 보듯이 회전과 대칭이동에 대한 정보들이 일정한 규칙을 갖고 있다. 주된 변화는 회전 변환 매트릭스에 적용이 되고 본 논문에서는 로봇 특성을 고려해 Y축

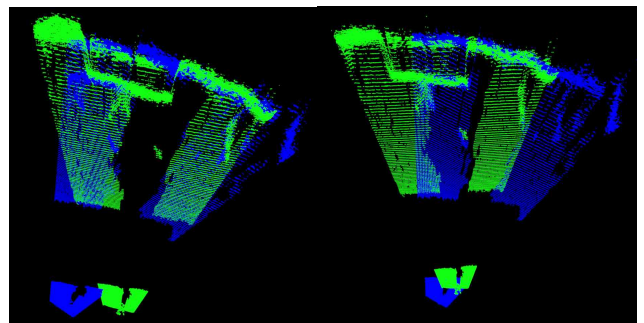
변환 매트릭스에 대한 수식을 식 3에 표현하였다. 파라미터 α 와 파라미터 β 는 매칭 포인트 3차원 정보에서 추정이 가능하다.

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & -\cos\theta \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\theta_y = \alpha(\text{Relative Depth}) + \beta(\text{Relative X}) \quad (3)$$

4. 실험결과

본 논문에서 제안하는 초기 추정 방법을 Technical University of Munich의 Computer Vision Group에서 제공하는 실제 키넥트의 RGB 이미지와 깊이정보영상 데이터 세트에 적용하여 결과를 확인하였다. 초기 추정 후 34회 반복으로 등록된다.



(그림 2) 왼쪽, 초기 추정 없이 ICP 적용 결과
오른쪽, 초기 추정 이후 ICP 적용 결과

그림 2와 같이 초기 추정 없이 ICP를 적용 했을 경우 지역 최소에 빠져 정확하게 등록되기 전에 멈추게 되었다. 또한 반복 횟수도 53회로 제안하는 방법의 34회 보다 높은 것을 알 수 있다.

5. 결론

기존의 ICP 방법은 정확도 지역 최소라는 문제에 있어서 강인하지 못하며, 보다 정확하고 연산 량이 적은 방법으로 문제를 해결해야 한다. 이에 본 논문은 저 연산의 초기 추정 방법을 제안하여 기존의 ICP의 지역 최소 문제를 줄이고 반복하는 과정의 횟수를 줄이며 속도 향상을 하였다.

감사의 글

본 논문은 민·군기술 협력사업(Civil-Military Technology Cooperation Program)으로부터 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] Thomas, C “ICP Optimization for 3D Robot Mapping”, Master-Thesis, 2011, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, April 2011.
- [2] Low, K. L. “Linear least-squares optimization for point-to-plane icp surface registration”, Chapel Hill, University of North Carolina, April 2011.