

깊이 영상 기반 카메라 모션 추정을 위한 효율적인 포인트 샘플링 기법

박성연¹, 심현철¹

¹ 한국과학기술원 항공우주공학과

Effective Sampling for Depth image based Camera motion Estimation

Park SungYeon¹, Shim Hyunchul¹

¹Korea Advanced Institute of Science and Technology, KAIST

e-mail: sungyeon_park@kaist.ac.kr, hcshim@kaist.ac.kr

요 약

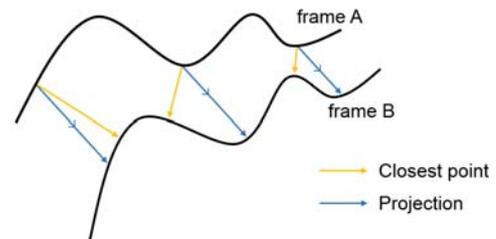
ICP 알고리즘 중 투영매칭기법을 이용하여 깊이 영상을 추적할 경우 연산량이 줄어드는 장점이 있으나, 잘못된 점 간의 매칭을 구분하지 못하는 경우가 발생한다. 이는 알고리즘의 수렴속도를 저하시키며 부정확한 결과를 도출할 가능성을 높인다. 본 논문에서는 잘못된 점 간 매칭 및 불필요한 점을 배제하는 포인트 샘플링 기법을 제안하고 실험을 통하여 성능향상을 검증한다.

1. 서론

로봇의 자율적인 임무 수행을 위해서는 센서를 통해 인식한 주위정보를 토대로 현재 위치를 추정해내는 능력이 필수적으로 요구된다. 일반적으로 로봇의 위치추정을 위해서는 RGB 카메라, 스테레오 카메라 등 물체의 색상정보와 시차(parallax)를 사용하여 물체와의 거리를 추정하는 비전센서나, 적외선 스캐너, 레이저스캐너(LIDAR) 등 물체와의 거리정보를 바로 얻을 수 있는 거리센서가 사용된다. 거리센서의 경우 색상 및 텍스처 정보가 나타나지 않는다는 단점이 있지만, 별도의 영상처리과정 없이 즉각적으로 물체와의 거리를 얻을 수 있기 때문에 상대적으로 텍스처 정보가 적은 특수한 환경 또는 연산능력이 낮은 소형 로봇의 경우 효과적으로 사용될 수 있다.

거리센서로부터 얻은 정보는 일반적으로 3차원 포인트 클라우드로 변환된 후, 스캔매칭(scan matching)기법을 이용하여 로봇의 위치 추정에 사용된다. 대표적인 스캔매칭 기법에는 ICP(iterative closest point)가 있다. ICP는 포인트 매칭 기법에 따라 최근 점점(closest point), 노말슈팅(normal shooting), 투영(projection) 등으로 나뉜다. 이 중 투영매칭의 경우, 점 간의 유클리드 거리 또는 면에 수직인 성분을 구하기 위한 후처리 과정을 필요로 하지 않기 때문에 상대적으로 빠른 추정이 가능하다.[1] 하지만 투영매칭으로 깊이 영상을 매칭할 경우, 영상 내 텍스처 정보의 부족으로 인하여 잘못된 점 간 매칭을 구분하지 못하는 경우가 있다. 이로 인해 알고리즘의 수렴속도가 저하되며 부정확한 위치추정 결과를 도출할 가능성이 높아진다.

본 논문에서는 투영매칭기법의 수렴을 방해하는 잘못된 점 간 매칭과 불필요한 점을 배제하는 포인트 샘플링 기법을 제안하여, 안정적으로 센서의 움직임을 추정하고 거리센서와 투영매칭기법의 이점인 빠른 연산속도가 효과적으로 활용되도록 하고자 한다.



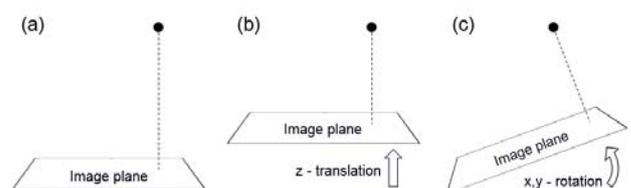
[그림 1] Closest point and projection matching method

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장의 본론에서는 카메라 위치 추정기법에 대하여 개략적으로 기술한 후, 깊이 영상매칭 과정에서 잘못된 점 간 매칭이 어떻게 발생하는 지 설명한다. 다음으로 본 논문에서 제안하는 포인트 샘플링 기법에 대하여 설명하고, 실험을 통해 알고리즘의 성능을 검증한다. 마지막으로 3장에서 결론을 제시한다.

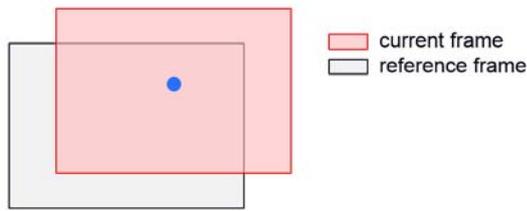
2. 본론

2.1 Camera Tracking method

카메라의 위치는 투영매칭을 통해 얻은 기하학적 깊이 오차를 LM (Levenberg-Marquardt) 알고리즘을 통해 최소화하여 추정한다.[2] LM 알고리즘에는 카메라의 6자유도 움직임에 의한 오차의 변화를 나타내는 자코비안(Jacobian) 행렬이 사용된다. 깊이 영상의 각 픽셀값이 가지는 깊이 정보를 사용하면 그림 2와 같이 카메라의 z축 이동, x, y축 회전의 3자유도 움직임을 추정할 수 있으며[3], 나머지 움직



[그림 2] 각 점의 깊이는 3자유도 운동 추정에 사용된다



[그림 3] Two misaligned surfaces on a plane

구분	비율 (%)
Unmeasured area (black)	12.85
Pixel with zero-gradient	76.33
Pixel with nonzero-gradient	10.82

[표 1] Point distribution in the depth image

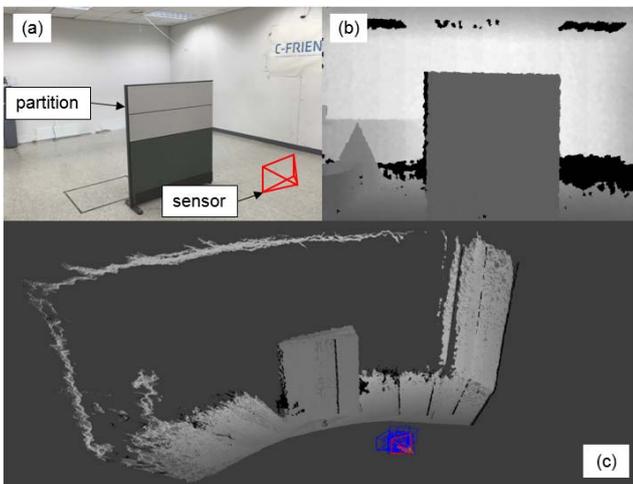
임의 추정을 위해서 인접 픽셀값 사이의 변화 (gradient)를 이용한다.[2] 최종적으로 두 가지 요소로부터 구한 행렬을 서로 더하여 사용한다.

2.2 Sampling method

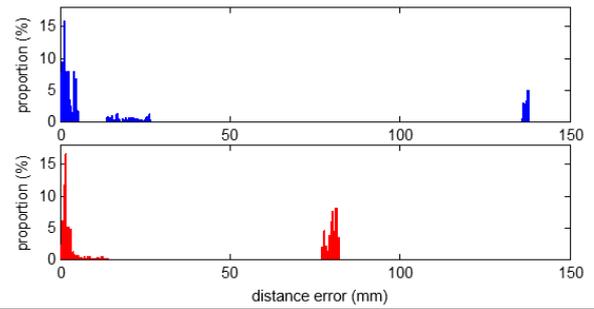
인접 픽셀과의 값차이가 없는 픽셀의 경우 틀린 매칭을 지지하여 추정을 방해할 수 있다. 예를 들어 그림 3과 같이 두 개의 평행한 면이 같은 평면상에서 서로 어긋나 있을 경우, 푸른색으로 표시된 매칭 점은 잘못된 매칭임에도 불구하고 깊이 오차가 0인 매칭으로 판단되며, 이러한 매칭은 두 면이 서로 맞닿는 것을 저해하는 역할을 한다. 따라서 인접한 픽셀과의 값 차이가 센서의 잡음 미만인 점 중 깊이 오차가 2 cm 미만인 매칭은 모두 추정과정에서 제외하고, 깊이 오차를 가진 매칭은 uniform sampling을 통해 그 외 나머지와 비슷한 개수로 줄인다. 그림 4(b)에 나타난 깊이 영상에서의 각 점의 분포비율은 표 1과 같다.

2.3 Result

깊이 영상을 얻기 위한 거리센서로는 Occipital사의 Structure 센서를 사용하였으며, 소형 임베디드 컴퓨터인 Odroid XU4로 위치 추정을 수행하였다. 점의 개수를 줄이기 위해 해상도를 160x120으로 낮추



[그림 4] (a) 실험 구성, (b) 깊이 영상 예시, (c) 카메라 회전에 대한 영상 추적 결과



[그림 5] error histogram and experiment result, blue : no sampling, red : sampling

	no sampling	sampling
Convergence time (ms)	48.62	35.67
Number of point pairs	16402	2903
Error variance	2.17x10 ³	1.48x10 ³

어 사용하였다. 실험은 센서를 정지상태에 놓고 좌우로 45°회전시키며 파티션을 촬영하고, 카메라의 움직임 추정을 하는 것으로 진행하였다. 제안된 샘플링을 사용한 경우 점의 개수를 크게 줄임으로써 수렴속도를 증가시켰음에도 안정적으로 위치를 추정하였고 이상점(outlier)의 크기가 줄어드는 것을 확인하였다.

3. 결론

본 논문에서는 보다 효율적인 카메라 움직임 추정을 위해 깊이 영상을 이용한 투영 매칭기법에서의 포인트 샘플링 방법을 제안하였다. 수렴을 늦추거나 불필요한 점을 배제하여 안정적이면서도 보다 빠르게 위치 추정을 수행하였으며 실험을 통해 이를 검증하였다. 제안한 알고리즘은 깊이 영상 매칭을 이용한 로봇의 위치 추정 분야에 효과적으로 활용될 것으로 예상된다.

후기

이 논문은 2014년 산업통상자원부와 방위사업청의 재원으로 민·군 겸용기술개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (14-CM-MC-12)

참고문헌

- [1] S. Rusinkiewicz, and Marc Levoy. "Efficient variants of the ICP algorithm." 3-D Digital Imaging and Modeling, 2001. Proceedings. Third International Conference on. IEEE, 2001.
- [2] J. Engel, T. Schöps, and D. Cremers, "Lsd-slam: Large-scale direct monocular slam," in Computer Vision-ECCV 2014. Springer, 2014, pp. 834-849.
- [3] Gelfand, Natasha, et al. "Geometrically stable sampling for the ICP algorithm." 3-D Digital Imaging and Modeling, 2003. 3DIM 2003. Proceedings. Fourth International Conference on. IEEE, 2003.