

Realsense D400 series 에 대한 시차 정보 정제 방법

이상하, 유지상*
광운대학교, *광운대학교

Kcv456@kw.ac.kr, *jsyoo@kw.ac.kr

A Disparity Refinement Method on Realsense D400 Series

Lee Sang-Ha, Yoo Ji-Sang*
Kwangwoon Univ., *Kwangwoon Univ.

요 약

본 논문에서는 RGB-D 스테레오 카메라 Intel Realsense D400 series 카메라에서 획득할 수 있는 깊이 이미지를 개선하는 방법에 대한 내용을 다룬다. Realsense D400 series 는 active IR 스테레오 기반으로 깊이 정보를 획득하여 스테레오 매칭을 통한 시차 정보를 계산하여 깊이 정보를 추정하는 방법을 사용한다. 이 방법은 비용적인 측면에서 저렴하다는 장점을 가지고 있지만, ToF 방식에 비해 정확도 및 잡음이 심한 모습을 보여준다. 본 논문에서는 시차 정보를 정제하여 깊이 정보를 개선하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법을 이용하면 기존의 깊이 영상에서 평평한 벽면이나 경계 부분에 빈번하게 발생하는 과도치는 것과 같이 울렁거리는 에러를 효과적으로 제거한 것을 확인하였다. 또한 CUDA 를 활용한 GPU 병렬 처리를 통해 약 12ms 의 실시간 처리가 가능하다.

I. 서 론

본 논문에서는 RGB-D 스테레오 카메라인 Intel Realsense D400 series[1]에서 획득할 수 있는 깊이 이미지를 개선하는 방법에 대한 내용을 서술한다. RGB-D 카메라란 색상 및 깊이 이미지를 동시에 얻을 수 있는 카메라를 말하며, 대표적으로 Kinect azure dk[2]와 Realsense D400 series[1]가 있다. 깊이 정보를 획득할 수 있는 방법에는 대표적으로 ToF(Time of Flight)와 스테레오 카메라 방식이 있다. 특히, Realsense D400 series [1]는 active IR 스테레오 방식을 이용하여 깊이 정보를 획득하는데, 이는 스테레오 매칭을 통해 시차(disparity) 정보를 계산하여 깊이를 추정하는 방법을 사용한다. 이러한 방법은 비용적인 측면에서 저렴하다는 장점을 가지고 있지만, ToF 방식에 비해 정확도 및 잡음이 심한 모습을 보인다. 본 논문에서는 시차 정보를 정제하여 깊이 정보를 개선하는 방법을 제안한다. 제안하는 시차 정보 정제 방법의 소스 코드는 <https://github.com/Mustardsauce/Realsense-disparity-refinement-with-CUDA> 에 공개되어 있다.

II. 본 론

본 논문에서는 Realsense D400 series[1] 카메라에 대한 시차 정보 정제 방법을 제안한다. 그림 1 은 제안하는 방법에 대한 흐름도를 나타낸다. 제안하는 방법은 CENSUS 변환, 타일 정보 변환, 타일 시차 정보 정제, 타일 기울기 추정, 최종 시차 정보 계산으로 총 5 가지 과정으로 이루어져 있다.

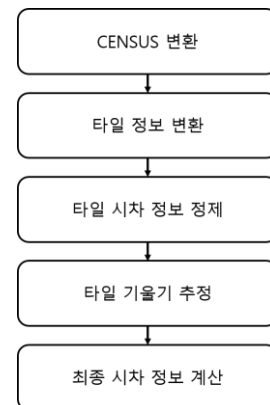


그림 1. 제안하는 방법의 흐름도

첫 번째로 CENSUS 변환[3]은 이미지의 한 픽셀에 대하여 그 픽셀 주변 영역의 밝기 값이 중심 픽셀보다 밝으면 0, 어두우면 1 로 인코딩하고 그 결과를 사전에 정의된 순서로 비트 스트링(bit string)으로 변환하는 것을 말한다. 이 변환은 수많은 스테레오 매칭 알고리즘에서 많이 사용되고 있다 [4-7]. 이 변환은 입력 이미지의 주변 밝기 변화에 대한 영향을 제거할 수 있다는 장점이 있고, 변환된 두 값에 대해 거리를 계산할 때 해밍 거리(hamming distance)를 사용한다.

두 번째로 타일 정보 변환은 기존에 Realsense D400 series[1] 카메라에서 획득한 시차 정보를 입력으로 받아 타일 정보로 변환하는 것을 말한다. 타일 정보란 이미지 상에서 블록 형태를 띄며, 시차 정보 및 기울기 정보를 포함하고 있다. 해당 과정에서는 시차 정보만을 변환한다. 최근에 이러한 구조를 통해 시차 정보 추정하는 방법들이 많이 나오고 있다 [8,9]. 이 구조는 잡음에 강건하며, 해당 위치에 대해 대략적인 측정이

가능하다는 장점이 있다. 그림 2 는 타일 정보와 시차 정보에 대한 비교를 나타낸다.

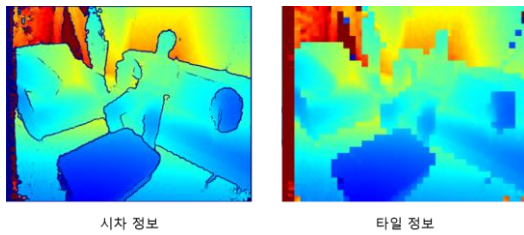


그림 2. 타일 정보와 시차 정보에 대한 비교

세 번째로 타일 시차 정보 정제는 정수 형태인 시차 정보 d 를 $d-1$ 과 $d+1$ 에 대한 시차 정보를 추가로 계산하고 포물선 근사를 통해 비용이 최소가 되도록 하여 최소에 해당하는 시차 값으로 업데이트한다. 이를 통해 시차 정보는 조금 더 정확한 값을 나타낼 수 있게 된다.

네 번째로 타일 기울기 추정에는 각 타일 정보에 대해 기울기 값을 업데이트한다. 본 타일에 대한 기울기는 주변 타일들에 대한 시차 정보를 수집하여 공분산 행렬(covariance matrix)을 계산하고 이를 고유값 분해(eigen value decomposition)을 통해 고유 벡터를 추출하여 x 축 및 y 축에 대한 기울기 성분을 분해하여 사용한다. 그림 3 은 제안하는 방법으로 추출한 타일 기울기 가시화를 나타낸다.



그림 3. 제안하는 방법으로 추출한 타일 기울기 가시화

다섯 번째로 최종 시차 정보 계산은 각 픽셀에 대하여 가까운 4 개의 타일 정보를 기반으로 4 개의 시차를 계산하고 각 시차에 대한 포물선 근사를 통해 최소 비용이 나온 시차를 출력한다. 이 방법은 주변 타일 중 어느 타일이 해당 픽셀의 환경을 잘 표현했는지에 대한 문제로 접근할 수 있다. 그림 4 는 시차 정보 정제 전후 비교 예시를 나타낸다.

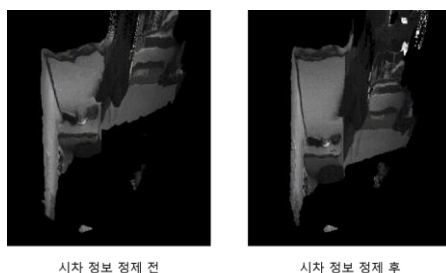


그림 4. 시차 정보 정제 전후 비교 예시

시차 정보 정제 전의 경우 평평한 벽면이나 경계 부분에 대해서 파도치는 듯이 값이 값이 출력되는

반면에 시차 정보 정제 후의 경우 그런 경우가 거의 없어진 것을 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 방법은 Intel® Core™ i7-9700K 3.60GHz CPU 와 RTX 2080ti GPU 에서 848x480 해상도에 대해 처리 속도를 실험한 결과 약 12ms 로 빠른 처리 속도를 보이는 것을 확인했다.

III. 결론

본 논문에서는 RGB-D 스테레오 카메라인 Intel Realsense D400 series[1]에서 획득할 수 있는 깊이 이미지를 개선하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법을 사용하면 기존의 깊이 영상에서 빈번하게 발생하는 파도치는 것과 같이 울렁거리는 에러가 제거된 것을 확인할 수 있었다. 또한, CUDA 를 이용한 GPU 병렬 처리를 통해 12ms 라는 빠른 속도로 실시간 동작이 가능함을 보였다.

ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학 ICT 연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2021-2016-0-00288)

참 고 문 헌

- [1] <https://www.intelrealsense.com/>
- [2] <https://azure.microsoft.com/en-in/services/kinect-dk/>
- [3] Zabih, Ramin, and John Woodfill. "Non-parametric local transforms for computing visual correspondence." European conference on computer vision. Springer, Berlin, Heidelberg, 1994.
- [4] Spangenberg, Robert, Tobias Langner, and Raúl Rojas. "Weighted semi-global matching and center-symmetric census transform for robust driver assistance." International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [5] Ibarra-Manzano, Mario Alberto, et al. "Stereo vision algorithm implementation in fpga using census transform for effective resource optimization." 2009 12th Euromicro Conference on Digital System Design, Architectures, Methods and Tools. IEEE, 2009.
- [6] Lohman, Maziar, and Joohee Kim. "SGM-based dense disparity estimation using adaptive census transform." 2013 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCV). IEEE, 2013.
- [7] Ma, Li, et al. "A modified census transform based on the neighborhood information for stereo matching algorithm." 2013 Seventh International Conference on Image and Graphics. IEEE, 2013.
- [8] Tankovich, Vladimir, et al. "Sos: Stereo matching in o (1) with slanted support windows." 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, 2018.
- [9] Tankovich, Vladimir, et al. "HITNet: Hierarchical Iterative Tile Refinement Network for Real-time Stereo Matching." arXiv preprint arXiv:2007.12140 (2020).