

카메라의 내부 파라미터를 고려한 수렴형 다중 깊이 지도의 정렬

이강훈, 박종일¹ *신홍창, *방 건

한양대학교 컴퓨터·소프트웨어학과, * 한국전자통신연구원

khlee@mr.hanyang.ac.kr, jipark@hanyang.ac.kr¹, hcshin@etri.re.kr, gbang@etri.re.kr

Alignment of Convergent Multi-view Depth Map in Based on the Camera Intrinsic Parameter

Kanghoon Lee, Jong-Il Park¹, * Hong-Chang Shin, * Gun Bang

Department of Computer and Software, Hanyang University

* Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문에서는 원의 호 곡선에 따라 배치된 다중 RGB 카메라 영상으로 생성한 깊이 지도를 정렬하는 방법을 제안한다. 원의 호 곡선에 따라 배치된 카메라는 각 카메라의 광축이 한 점으로 만나서 수렴하는 형태가 이상적이다. 그러나 카메라 파라미터를 살펴보면 광축이 서로 수렴하지 않는다. 또한 카메라 파라미터는 오차가 존재하고 내부 파라미터도 서로 다르기 때문에 각 카메라 영상들은 수평과 수직 오차가 발생한다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 첫 번째로 광축이 한 점으로 수렴하기 위해서 카메라 외부 파라미터를 보정하여 깊이 영상 정렬을 하였다. 두 번째로 내부 파라미터를 수정하여 각 깊이 영상들의 수평과 수직 오차를 감소시켰다. 일반적으로 정렬된 깊이 지도를 얻기 위해서는 초기 RGB 카메라 영상으로 정렬을 수행하고 그 결과 영상으로 깊이 영상을 생성한다. 하지만 RGB 영상으로 카메라의 회전과 위치를 보정하여 정렬하면 카메라 위치 변화에 따른 깊이 지도 변화값 적용이 복잡해진다. 즉 정렬 계산 과정에서 소수점 단위 값이 사라지기에 최종 깊이 지도의 값에 영향을 미친다. 그래서 RGB 영상으로 깊이 지도를 생성하고 그것을 처음 RGB 카메라 파라미터로 워핑(warping)하였다. 그리고 워핑된 깊이 지도 값을 가지고 정렬을 수행하였다

1. 서론

여러 대의 카메라를 사용하여 다시점 영상을 촬영하는 목적은 파노라마 영상이나, 3D 입체 영상, 스포츠 중계경기에서 많이 소개된 다시점 영상 등 다양한 목적으로 활용되고 있다. 다중 카메라 배치는 정교하게 배치를 하였어도 오차가 발생하게 된다. 그 오차는 카메라의 방향 및 위치가 예상한 것과 다를 수 있다. 이것의 원인은 실제 카메라 배치를 하면서 의도하지 않게 잘못된 배치를 하였거나 카메라 캘리브레이션을 진행해서 나온 카메라 파라미터의 오차가 존재하기 때문이다[1][2]. 카메라 배치는 주의 깊게 하여도 완벽한 위치와 방향을 맞추는 것은 불가능하다. 그리고 카메라 캘리브레이션 오차는 같은 기종의 카메라이어도 센서와 렌즈특성이 조금씩 다르기 때문에 파라미터 오차는 감안해야 할 부분이 있다. 앞서 설명한 오차는 여러 대의 카메라를 원하는 형태에 맞게 배치하여 다중 영상으로 보면 각 영상마다 조금씩 다르게 왜곡되고 상하좌우로 흔들린 것으로 보여지게 된다. 다중 영상 정렬은 카메라의 방향과 위치를 기하학적으로 원하는 방향과 위치로 보정하고, 카메라의 내부 특성을 고려하여 영상을 변환하여 왜곡이나 흔들림 없는 영상을

생성하는 것이다. 즉 카메라 내부 파라미터와 외부 파라미터를 보정해 줌으로써 새로운 투영행렬(projection matrix)을 만들어 내는 것이다. 이러한 다중 카메라 정렬에 관한 연구는 다양하게 이루어지고 있다[3][4]. 또한 정확하고 품질 높은 깊이 지도를 생성하기 위해 카메라를 스테레오 또는 그 이상 배치하여 깊이 지도를 생성하는 것도 포함된다[5].

본 논문은 다중 깊이 지도 정렬에 대해서 다루고 있다. 카메라 배열형태는 원호 곡선에 따라 배치되어 각 카메라의 광축이 한 점으로 수렴하도록 하는 것을 사용하였다. 깊이 지도는 일반 RGB 카메라를 다중 배치하여 촬영한 영상으로 생성하였다. 생성한 깊이 지도는 스테레오 교정 (Stereo rectification)을 하면서 왜곡되어 있기에 처음 RGB 카메라 파라미터로 워핑한 것을 다중 깊이 지도로 사용하였다. 깊이 영상의 정렬은 카메라 외부 파라미터를 보정하여 카메라 배치가 수렴하도록 하였다. 그리고 각 깊이 지도 영상의 수평 및 수직 불일치 오차를 감소시키기 위해서 카메라 내부 파라미터를 고려하여 실험을 수행하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 다중 카메라 영상으로 생성한 깊이 지도의 정렬에 대해서 설명하고, 3 절에서는 깊이 지도 정렬을

¹ 교신저자

위해서 카메라 내부, 외부 파라미터를 고려한 정렬 실험을 통해서 수평 수직 오차가 감소한 결과를 비교하였다. 끝으로 4 절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

2. 깊이 지도의 정렬

본 논문에서는 원호 곡선으로 배치된 다중 카메라로부터 깊이 지도를 생성하였다. 그리고 다중 깊이 지도의 정렬을 수행하였다. 깊이 지도는 스테레오 교정 (Stereo rectification)과 스테레오 정합(Stereo Matching) 과정에 의해 생성된다. 촬영된 다중 영상은 곡선으로 촬영되고 완벽하게 수평 하지 않기 때문에 스테레오 교정 과정에서 영상의 수평을 맞추기 위해 내부 파라미터와 외부 파라미터의 회전 요소가 바뀌면서 영상이 왜곡된다. 이와 같은 방법으로 생성한 깊이 지도는 다른 상태의 카메라 파라미터로 투영된 영상으로 만들어 진 것이다. 수렴형 다중 깊이 지도의 정렬을 하기 위해서는 오차가 존재하지만 처음 카메라 파라미터로 워핑해 주어야 한다. 그림 1 은 정렬하기 위한 깊이 지도 생성과정을 도식화 한 것이다.

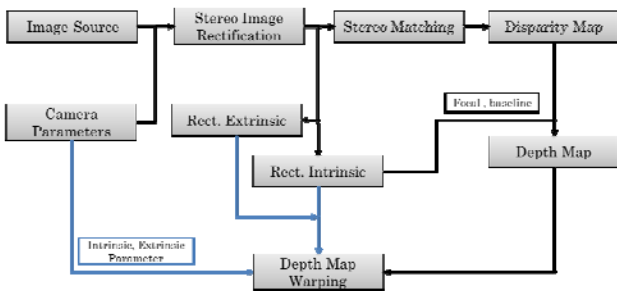


그림 1 깊이 지도 생성 과정과 변환

깊이 지도의 정렬을 하기 전 카메라의 위치와 방향을 분석하였다. 그림 2 에서 보는 것처럼 카메라의 위치는 비교적 원 호 곡선에 따라 배치되어 있다. 하지만 카메라가 바라보는 방향 즉 광축(Optical axis)은 제각각 다르고 한 점으로 수렴하지 않는다. 따라서 카메라 배열의 오차는 광축의 방향이 큰 영향을 미쳤을 것으로 예상된다. 카메라 외부 파라미터를 이용한 수렴 정렬에서는 카메라 위치에 대한 오차는 미미하기 때문에 카메라의 회전 행렬만 이용하여 수행하였다. 또한 카메라의 위치를 보정한다면 앞서 깊이 지도를 생성하기 위해 사용한 baseline 과 차이가 생기게 된다. Baseline 의 차이에 의한 깊이 지도 값 변화를 주지 않기 위해서 이기도 하다.

카메라의 회전 행렬의 수렴 정렬은 그림 3 의 과정에 따라 수행하였다. 첫 번째로 카메라의 외부 파라미터에서 회전과 위치 분리하였다. 회전행렬은 오일러 식[4]을 사용하여 카메라의 광축이 X 축, Y 축, Z 축 방향으로 각각 몇 도씩 회전하는지 나타내었다. 두 번째로 카메라의 광축의 X 축 회전 값과 Y 축 회전 값을 보정해 주면 각 카메라들의 광축을 한 점으로 수렴시킬 수 있다. X 축 회전은 카메라가 동일한 수평상 상에 놓여져 있기 때문에 전부 같은 회전 값을 가져야 한다. Y 방향은 각 카메라가 1 도씩 회전 하면서 배치 하였지만 실제 값은 고르게 증가하지 않고 불규칙하게 증가하거나 심지어 감소하기도 하였다. Y 회전 값 보정 어떤 카메라를 기준으로 하여 1 도씩 증가하거나 감소시킬 것인지 정해야 한다. 기준 카메라와 기준 Y 축 회전각에 따라 정렬 깊이 영상의 수직오차에 영향을 준다. 실험에서는 실험은 0 도를 기준으로

좌우로 증가 감소 시켰다.

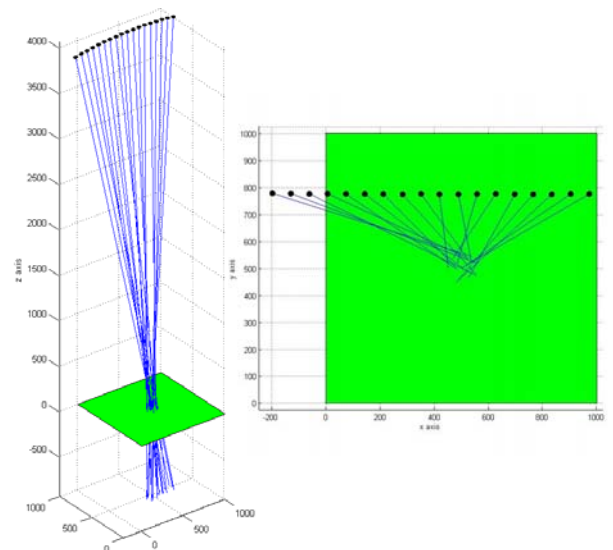


그림 2 카메라의 위치 및 방향과 배치 상태

Z 축 회전값은 카메라 마다 차이가 미미하고 광축 수렴에 영향이 미치지 않기 때문에 보정하지 않았다. 마지막으로 보정된 각 카메라의 X 축, Y 축 회전값을 오일러 식으로 다시 회전 행렬로 변환하여 수렴 정렬된 외부 파라미터를 생성하였다. 그림 3 은 앞서 설명한 과정을 도식화 한 것이다.

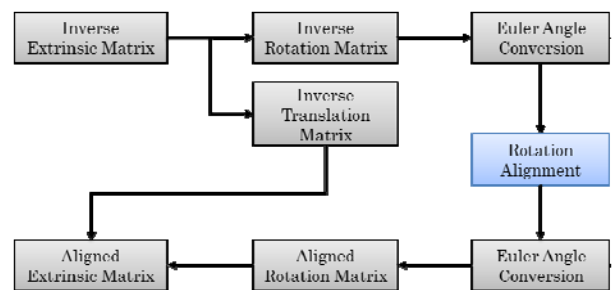


그림 3 카메라 회전 행렬 정렬 과정

X 축, Y 축으로 회전값을 보정하면 그림 4 와 같이 카메라의 광축이 하나의 수렴 점으로 모이는 것을 확인 할 수 있다.

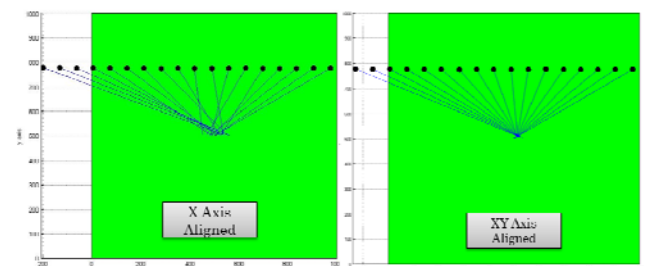


그림 4 카메라 광축의 수렴 정렬

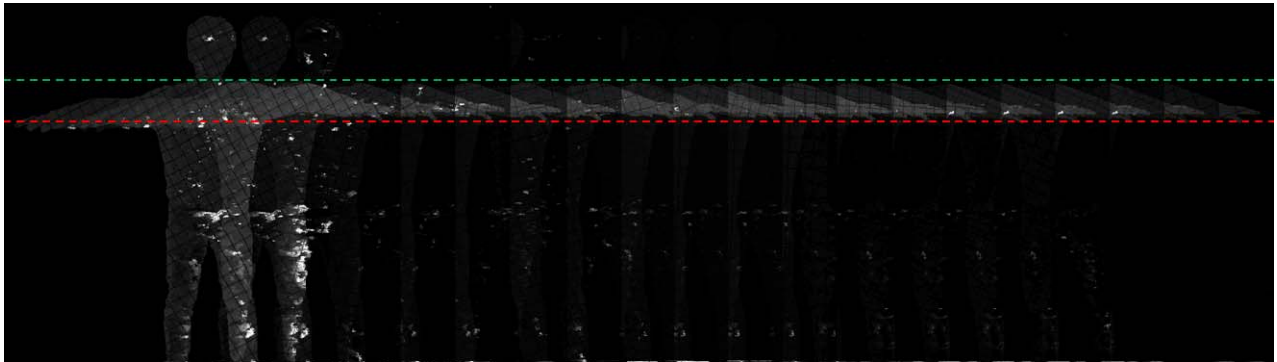


그림 5. 내부 파라미터를 사용한 깊이 지도의 수평 정렬

다중 카메라들의 광축을 한 점으로 수렴하도록 보정된 회전 행렬을 이용하여 깊이 지도를 정렬한 결과를 보면 예상과 다르게 수평, 수직 오차가 발생한다. 이러한 오차는 각각의 카메라 내부 파라미터 값들이 서로 다르고, 카메라의 회전과 위치를 나타내는 값 자체의 오차가 영향을 미치기 때문이다[5] [6]. 이러한 오차로 인해서 발생하는 깊이 지도의 수평 오차와 수직 오차를 줄이기 위해서 내부 파라미터를 고려한 정렬을 수행하였다. 내부 파라미터에서 카메라의 주점의 위치를 특정 위치로 보정하게 되면 수평 및 수직 오차가 감소하게 된다. 주점의 c_y 값의 평균을 구하여 깊이 지도를 변환시키면 수평오차가 상당히 감소하였다. 그리고 c_x 값의 경우 평균값으로 정렬한 결과보다 카메라들의 중앙위치에 있는 값으로 정렬한 결과 이전보다 수직오차가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 실험 결과 비교는 3 절에서 자세히 설명한다.

3. 내부 파라미터를 고려한 정렬 결과 비교

본 절에서는 깊이 지도의 정렬 결과를 비교하고 관련설명을 한다. 내부 파라미터를 고려하지 않고 카메라의 회전으로 정렬한 각각의 깊이 지도는 수평라인과 수직라인이 일관되지 않고 상하 좌우로 흔들리는 오차가 있다. 수평 오차는 내부 파라미터 주점의 c_y 값을 평균값으로 보정하여 오차를 감소시켰다.

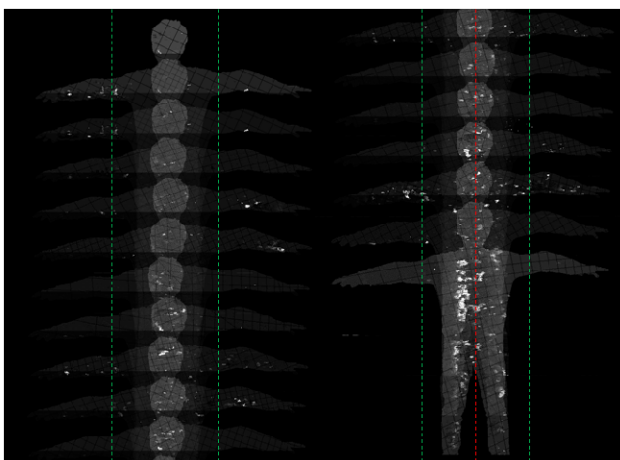


그림 6. 내부 파라미터를 사용한 깊이 지도의 수직 정렬

그림 5 는 투명도를 조절한 다중 깊이 지도의 가로로 배치하여 수평 오차가 감소된 것을 보여준다. 수직 오차는 내부

파라미터 주점의 c_x 값은 수렴형으로 배치된 카메라들의 중심 위치에 해당하는 값을 예측하고 보정하여 수직오차를 감소시켰다. 그림 6 은 그림 5 와 같은 방식으로 세로로 배치하여 나타낸 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 원의 곡선에 따라 수렴형으로 배치된 다중 카메라 영상으로 생성한 깊이 지도를 카메라의 회전행렬과 내부 파라미터를 고려하여 다시점 깊이 지도를 정렬하였다. 각 카메라들의 배치가 이상적으로 수렴하도록 보정한 다중 정렬 깊이 지도를 보면 수평 오차와 수직 오차가 발생한다. 오차를 감소시키기 위해서 내부 파라미터를 고려하여 정렬한 결과 각 깊이 영상 간 수평오차와 수직오차가 상당히 감소하였음을 확인 할 수 있었다. 수직 오차의 경우 카메라의 배치 위치가 한쪽으로 치우쳐 있기 때문에 미세하게 오차는 존재한다. 이러한 오차는 카메라 외부, 내부 파라미터들 사이의 상관관계를 보다 정밀하게 맞춘다면 줄어들 것으로 예상된다. 기하학적 오차가 감소한 깊이 지도 정렬 결과는 입체 영상 제작에 활용될 수 있으며, 다른 시점의 깊이 영상을 합성하면서 발생하는 여러 오차와 노이즈를 감소시킬 것으로 기대된다.

감사의글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [12221-14-1005, ICT 장비용 SW 플랫폼 구축]

참고문헌

[1]R.Hartley and A.Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer ViSion," Cambridge University Press, 2003.
 [2]Z.Zhang, "Flexible New Technique for camera Calibration," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.22, no.11, pp.1330-1334, 2000.
 [3]J Yang, F Guo, H Wang, and Z Ding, "A multi-view image rectification algorithm for matrix camera arrangement." Artificial Intelligence Research, vol.3, no.1, pp18-29, 2014.
 [4]YS Kang, YS Ho, "An efficient image rectification method for parallel multi-camera arrangement." Consumer Electronics, IEEE Transactions, vol.57, no.3, pp.1041-1048, 2011.
 [5]Zhang, Liang, and Wa James Tam, "Stereoscopic image generation based on depth images for 3D TV." Broadcasting, IEEE Transactions on 51.2 pp.191-199, 2005.
 [6]Slabaugh, Gregory G, "Computing Euler angles from a rotation matrix." Retrieved on August 6, pp.39-63, 1999.