

정밀 근접사진측량을 위한 비 측량용 카메라의 효과적인 캘리브레이션 방법

An Effective Methods for Non Metric Camera Calibration for Its Use in Accurate Close Range Photogrammetric Surveying

황진상¹⁾ · 윤홍식²⁾ · 정태준³⁾ · 김창우⁴⁾

Hwang, Jin Sang · Yun, Hong Sic · Jeong, Tae Jun · Kim, Chang Woo

¹⁾ 정회원 · 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정(E-mail:gpsboy@skku.edu)

²⁾ 교신저자 · 정회원 · 성균관대학교 사회환경시스템공학과 교수(E-mail:yunhs@geo.skku.ac.kr)

³⁾ 정회원 · 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정(E-mail:tjun97@skku.edu)

⁴⁾ 정회원 · 국토지리정보원 지리정보과 주무관(E-mail:jumbo@korea.kr)

Abstract

This study is on the effective methods for non metric camera calibration for its use in accurate close range photogrammetric surveying. We tested four estimation methods used for calculating interior orientation parameters and two methods for building calibration field, one is using targets which have three dimensional coordinates and the other is using two dimensional grid targets. By analysing test results effective and accurate calibration methods were suggested.

▶ Keywords : Close range photogrammetry, Camera calibration, Mobile Mapping System

1. 서 론

비측량용 카메라를 지상 MMS(Land-based Mobile Mapping System)와 같은 정밀 측량 장비의 측량센서로 사용하기 위해서는 적합한 카메라 캘리브레이션을 수행하여 내부표정 파라미터들의 값을 결정해야 한다. 카메라 캘리브레이션 결과는 파라미터 추정방법과 캘리브레이션 필드의 구성방법에 따라 달라질 수 있으며 정밀한 계산 결과를 획득하려면 적합한 방법들이 적용되어야 한다.

본 연구에서는 먼저 사진측량 분야와 컴퓨터 비전 분야에서 주로 사용되고 있는 내부표정 파라미터 추정방법들의 정확도를 상호 비교하였으며, 다음으로 캘리브레이션 필드 구성 방법들의 적합성을 비교하였다.

다양한 내부표정 파라미터 추정방법들 중에서 사진측량학적인 방법과 Heikkila(2000)가 제시한 방법, 그리고 Tsai(1987)가 제시한 방법을 비교하였으며, 캘리브레이션 필드 구성 방법들 중에서는 3차원 타깃을 이용하여 구성하는 방법과 2차원 격자 형태의 타깃을 이용하여 구성하는 방법을 비교하였다. 각 방법들의 비교를 위하여 디지털카메라 기반의 지상 MMS 장비를 적용하여 정확도 평가를 실시하였으며, 평가 결과 캘리브레이션 작업의 효율성에 근거하여 적합한 캘리브레이션 방안을 제시하였다.

2. 연구방법 및 결과

2.1 내부표정 파라미터 추정방법의 선정

카메라 캘리브레이션을 수행하여 내부표정 파라미터를 계산하는 방법에는 DLT 방법과 같이 추정 방정식을 선형화 하여 음해법을 사용하는 방법과 양해법과 비선형 방정식을 사용하는 방법으로 구분할 수 있다. 또한 초점거리, 주점의 위치, CCD 소자의 크기 등의 주요 파라미터만을 추정하는 방법과 방사방향 왜곡량과 접선방향 왜곡량까지 모두 계산하는 방법으로 구분할 수도 있다. [그림 1]은 선형화된 방정식을 사용하고 기본적인 내부표정 파라미터만을 추정하는 방법과 비선형 방정식을 사용하고 모든 파라미터를 추정하는 방법 사이의 차이를 나타낸 것이다. 선형방정식을 이용하여 기본적인 파라미터만을 추정하는 경우는 조정계산 결과의 잔차가 수 픽셀 수준으로 나타나는 반면에 비선형방정식을 사용하고 대부분의 파라미터를 추정하는 경우에는 1 픽셀 미만의 잔차가 발생하는 것을 확인할 수 있다.

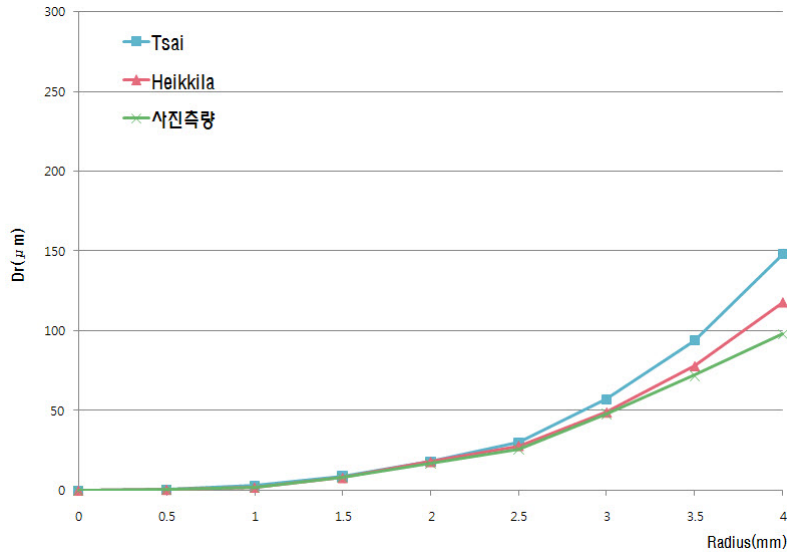


[그림 1] 파라미터 추정에 있어서 선형 모델과 비선형 모델의 차이

[그림 1]의 결과는 비측량용 카메라를 정밀한 측량에 사용하기 위해서는 모든 파라미터에 대한 계산을 수행하되 비선형 방정식을 사용하는 추정방법을 사용하여 캘리브레이션을 수행해야 한다는 사실을 나타내고 있다. 본 연구에서는 이러한 사실에 근거하여 여러 캘리브레이션 방법들 중에서 사진측량학적인 방법과 Heikkila(2000)가 제시한 방법, 그리고 Tsai(1987) 등을 선정하고 세 가지 방법을 비교하였다.

2.2 파라미터 추정방법의 비교

동일한 디지털카메라를 대상으로 하여 세 가지 방법으로 내부표정 파라미터들을 계산하였다. 정확한 3차원 좌표 정보를 가지고 있는 타깃들을 이용하였으며, 각 방법별 파라미터 계산 결과들 중에서 방사 왜곡량에 대한 결과들에 대한 비교 결과를 정리하면 [그림 2]와 같다. 사진측량학적인 추정방법과 컴퓨터 비전 분야에서 제시된 방법들 중 비선형 방정식을 사용하고 모든 왜곡량에 대한 추정을 실시하는 두 가지 방법들이 매우 유사한 결과를 계산하는 것을 알 수 있으며, 이러한 사실은 컴퓨터 비전분야에서 개발된 방법들 중에서 사진측량학적인 방법과 유사한 구성을 나타내는 방법들을 정밀측량 목적의 비측량용 카메라 캘리브레이션 작업에 사용할 수 있다는 사실을 나타낸다.



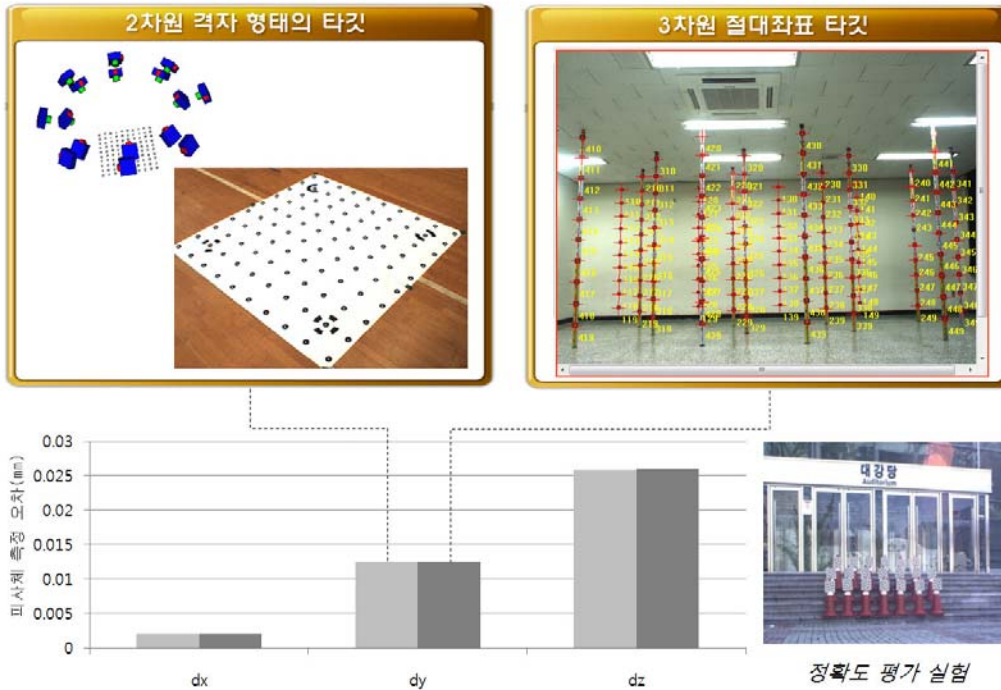
[그림 2] 캘리브레이션 모델별 방사왜곡량의 크기 비교
(동일 카메라)

컴퓨터 비전 분야에서 제시한 방법들은 주로 계산과정을 단순화 하여 캘리브레이션에 소요되는 프로세스의 크기와 소요시간을 단축하는 효과를 나타내도록 구성된 경우가 많으며 DLT(Direct Linear Transform)가 대표적인 예라고 할 수 있다. 이러한 방법들이 정밀 측량 목적에는 적합하지 않다는 것은 [그림 1]에 정리한 실험 결과를 통하여 알 수 있다. 컴퓨터 비전 분야에서 제시한 방법들 중에서 Heikkila가 제시한 방법과 같이 사진측량학적인 방법과 유사한 구조를 나타내면서도 파라미터의 초기값 계산 과정에 선형화된 방정식을 적용한 방법들은 계산의 효율성과 정확도를 모두 만족시키는 방법이라고 할 수 있다.

2.3 캘리브레이션 필드 구성방법의 비교

카메라 캘리브레이션 작업을 수행하려면 캘리브레이션 필드가 구축되어야 하는데, 일반적으로 3차원 좌표정보를 가지고 있는 타깃을 다수 설치하여 구축한다. 최근 3차원 타깃을 사용하지 않고 동일한 간격으로 배치된 2차원 격자 형태의 타깃을 이용하여 캘리브레이션 필드를 구성하는 방법이 자주 사용되고 있는데, 이러한 방법은 타깃을 측량할 필요가 없고 캘리브레이션 필드의 구성 방법 또한 매우 용이한 방법이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 2차원 격자 형태의 캘리브레이션 필드가 정밀 측량목적의 캘리브레이션 작업에 적용될 수 있는지를 판단하기 위하여 기존의 필드 구성방법과의 비교 실험을 수행하였다.

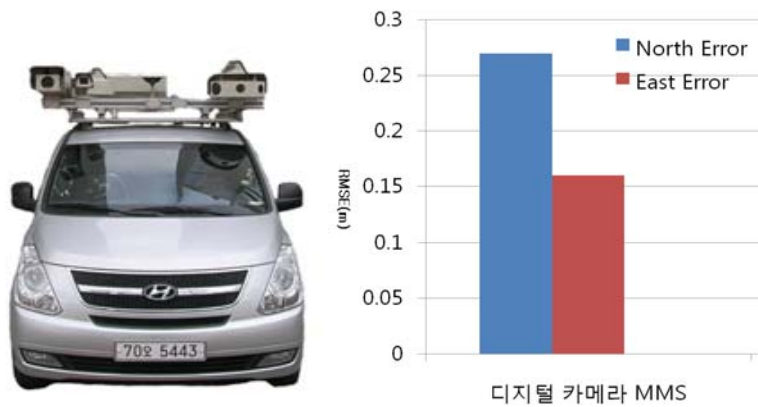
[그림 3]에 정리한 것과 같이 2차원 격자 형태의 타깃과 3차원 절대좌표 타깃으로 각각 캘리브레이션 필드를 구성하여 내부표정 파라미터들을 계산하고 검사점에 대한 측량 정확도를 평가한 결과 두 방법이 유사한 결과를 나타내는 것을 알 수 있었다. 2차원 격자를 이용하는 경우 필드가 일정 크기 이상이어야 정확도가 확보되는 것으로 나타났으며, 이러한 사항을 고려하여 간편하게 구성함으로써 정밀 측량 목적의 카메라 캘리브레이션에 적용할 수 있는 것으로 나타났다.



[그림 3] 캘리브레이션 사이트 구성방법별 근접사진측량 정확도 비교

2.4 지상 MMS를 이용한 측량 실험

사진측량학적인 방법과 2차원 격자 형태의 캘리브레이션 필드를 사용하여 카메라 캘리브레이션을 수행하고 계산 결과를 지상 MMS에 탑재한 디지털 카메라에 적용하여 정확도 평가 실험을 수행하였다.



[그림 4] 실험에 사용한 지상 MMS와 정확도 평가 결과

[그림 4]는 실험에 사용한 디지털 카메라 기반의 지상 MMS와 검사점에 대한 정확도 평가 결과를 정리한 것으로서 40m 이내의 측정 범위 내에서 근접사진측량 방법으로 지형·지물을 측량한 결과 30cm 미만의 오차 범위를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이러한 실험 결과는 2차원 격자 형태의 캘리브레이션 필드와 적합한 파라미터 계산 방법을 적용하여도 정밀 측량 목적에 부합하는 캘리브레이션 결과를 획득할 수 있다는 사실을 나타내고 있다.

3. 결론

정밀 측량에 사용할 디지털 카메라에 대한 정확하고 효율적인 캘리브레이션 방법의 결정을 위하여 내부표정 파라미터의 계산 모델과 캘리브레이션 필드 구성 방법에 대한 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 파라미터 추정 모델의 경우 전통적인 사진측량학적인 방법 혹은 컴퓨터 비전 분야에서 개발한 일부 방법이 적합하였으며, 모든 내부표정 파라미터들에 대한 추정모델을 포함하고 있어야 하고 비선형 방정식을 사용하는 방법들이 적합하였다.

둘째, 컴퓨터 비전 분야에서 사용하는 방법들 중에서 Heikkila(2000)가 제시한 방법은 캘리브레이션의 정확도화 효율성을 모두 만족시키는 우수한 방법인 것으로 나타났다.

셋째, 2차원 격자 형태의 타깃을 사용하여 캘리브레이션 필드를 구성하는 방안은 전체 필드의 크기만 충분히 확보된다면 정밀 측량 목적의 캘리브레이션 결과 산출에 문제가 없는 것으로 나타났으며, 효율성 부분에 있어서 기존 방법에 비하여 우수한 것으로 나타났다.

참고문헌

- J. Heikkila. Geometric camera calibration using circular control points. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22:1066-1077, 2000.
- Tsai, R.Y., 1987: A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses. IEEE Int. Journal Robotics and Automation, Vol. 3(4), pp. 323-344