

스마트폰 스테레오 카메라의 정량적 활용성 평가

Evaluation of the Quantitative Practical Use of Smart Phone Stereo Cameras

박경식* · 최석근**

Park, Kyeong Sik · Choi, Seok Keun

要 旨

현대사회에서 3차원 정보에 대한 관심과 활용도는 급속히 증가하고 있으며, 영화와 TV뿐만아니라 스마트폰에서도 입체시가 가능한 제품이 출시되고 있다. 스마트폰은 다른 기기와 달리 일상생활에 밀접하게 활용되고 있으며, 그 활용도 역시 무궁무진하다. 본 연구에서는 스마트폰의 스테레오 카메라를 이용하여 촬영을 수행하고 정량적인 정보의 취득이 가능한지 실험하였다. 또한, 취득된 정량적인 정보가 어느 정도 정확도를 가지는지 평가함으로써 스마트폰의 정량적 활용성을 평가하고자 하였다. 이를 위해 먼저 스마트폰에 장착된 카메라 두 대에 대한 렌즈 검정을 수행하여 내부표정요소들을 결정하였다. 결정된 내부표정요소들을 이용하여 테스트필드의 타겟들에 대한 3차원 좌표를 계산하고 정밀하게 관측한 기준좌표들과 비교하였다. 또한, 임의의 건물을 대상으로 표정을 수행한 결과 $X=0.0674m$, $Y=0.25319m$, $Z=0.04983m$ 의 표준편차를 나타내었으며 도화가 가능하였다. 이러한 결과는 cm급의 높은 정확도를 요구하지 않는 근거리 소규모측량에서는 스마트폰을 이용하여 정량적 정보를 취득하고 이것을 활용하는 것이 가능하다는 것을 보여준다.

핵심용어 : 스마트폰 입체 카메라, 렌즈자체검정

Abstract

The interest in 3-dimensional information and its practical use are rapidly increasing and thus some goods with stereoscopic views are being released. Mobile phones, unlike other units, are being closely utilized in everyday life and their applications are undoubtedly limitless. In this study, taking photographs with the stereo-camera of mobile phones has been accomplished and also the possibility of getting the quantitative information has been examined. In addition, this study aims to evaluate the quantitative practical use of mobile phones, evaluating the accuracy of the obtained quantitative information. Thus, interior orientation parameters were decided through the calibration of the lens of two cameras equipped with mobile phones. Using the determined interior orientation parameters, the 3-dimensional coordinates on the targets of the test field were calculated and then compared with precisely observed coordinates. Moreover, the performance of the orientation on the arbitrary building resulted in the standard deviation of $X = \pm 0.0674m$, $Y = \pm 0.25319$, and $Z = \pm 0.4983m$. The result also shows that the plot is possible. As a result, smart phones could be utilized for the acquisition of the quantitative information at close range and small measurement in which the high-accuracy on the basis of centimeters is not required.

Keywords : Smart Phone Stereo Camera, Lens Self Calibration

1. 서 론

최근, 인간생활과 관련하여 여러 분야에서 입체시가 다양하게 활용되고 있으며, 영화와 TV는 물론 스마트폰에까지 등장하고 있다.

특히, 스마트폰은 우리의 일상생활과 매우 밀접한 관

계를 가지고 있고, 언제나 주변에 있기 때문에 카메라 보다 오히려 더 많이 사용되고 있는 촬영장비이다. 더욱이 스테레오 카메라가 장착된 스마트폰의 경우에는 정량적 정보의 취득이 가능한 조건을 갖추고 있기 때문에 이를 이용할 경우 그 편리성과 활용성은 더욱 커질 수밖에 없다.

2012년 5월 21일 접수, 2012년 6월 21일 채택

* 교신저자 · 정회원 · 인하공업전문대학 항공지리정보과 부교수(pks@inhac.ac.kr)

** 정회원 · 충북대학교 토목공학부 교수(skchoi@cbnu.ac.kr)

사진으로부터 정량적인 정보를 취득하기 위해서는 중복촬영된 두 장의 사진을 입체시하여야 하며, 전통적으로 사진측량에서는 하나의 카메라를 이용하여 일정한 기선거리 만큼 간격을 두고 촬영하여 입체시 하고 있다. 이것은 두 개 이상의 렌즈로 인해 발생하는 계산의 복잡성과 오차를 줄이기 위함이다.

그러나 움직이는 물체 또는 신속한 정보의 처리를 위해서는 두 대의 카메라를 장착하여 동시촬영을 수행하고 있으며, 본 연구에서 실험하고자하는 스마트 폰 역시 두 대의 카메라를 장착하고 있어 이러한 목적에 적합하다 할 수 있다.

사진측량은 이론적으로 고도의 정확도를 지닌 3차원 정보를 취득할 수 있으며, 비측량용 카메라를 이용한다 할지라도 자체검정을 통하여 소요의 정확도를 지닌 3차원 형상을 얻을 수 있다(정수, 2009). 그러나 스테레오 카메라가 장착된 스마트폰의 경우, 사진측량용이라기보다는 입체감을 얻고 이로부터 사실성을 추구하는데 목적을 두고 있으므로 정확도측면에서 볼 때 단점이 많을 수밖에 없다.

더욱이, 3D용 스마트폰은 두 개의 비측량용 카메라를 사용함으로써 고려해야할 렌즈의 내부표정요소도 증가한다. 뿐만 아니라 기선길이가 매우 짧아 입체시를 구현하는데 한계를 가지고 있어 정량적인 정보의 취득에는 제한 적일 수밖에 없다.

그럼에도 불구하고, 필요한 정확도만 확보된다면 값비싼 측량용카메라를 사용하지 않고도 여러 상황에서 즉시 촬영하고 그것으로부터 필요한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

본 연구에서는 이러한 관점에서 최근 출시된 입체시 스마트폰을 대상으로 하여 정량적 정보의 취득 가능성과 그 활용성을 평가하고자 한다.

이를 위해, 스마트폰에 장착된 두 대의 카메라 렌즈에 대하여 검정을 수행하고 검정결과를 이용하여 검사점의 3차원좌표를 계산하였다. 계산된 3차원정보는 기준점좌표와 비교하여 그 정확도를 평가하였다.

다만, 연구의 목적이 정밀사진측량 보다는 3D스마트폰의 정량적 정보 취득가능성과 일상생활에서의 활용가능성을 평가하는 만큼 검정결과를 이용한 실제 활용 단계에서는 타겟을 사용하지 않고 자연점에 의해 표정과 도화를 수행하였다.

2. 입체시와 정량적 활용성 평가 방안

2.1 스마트폰 스테레오 카메라와 입체시

본 연구에 사용된 스마트폰은 Figure 1과 같이 두 대의 카메라가 전화기의 본체에 장착된 것으로 카메라의 일반적인 제원은 Table 1과 같다.



Figure 1. Optimus 3D smart phone

Table 1. The Specifications of the LG Optimus SU-760 Camera

모델명	LG Optimus 3D SU760
초점거리	4.6~7mm
CCD크기	5.4*3.6mm
화소수(Cosmo)	2592*1944pixels
화소수(3D)	2048*1536pixels
카메라간격	24mm
셔터스피드	1/120sec

카메라와 카메라간의 기선거리는 24mm로서 스테레오 촬영이 가능하며, 스테레오 영상은 카메라 자체내에서 무안경 입체시가 가능하다.

입체시란 두 장의 영상을 이용하여 실제로 현장에서 보는 듯한 입체공간감을 느낄 수 있도록 해주는 것을 말한다. 입체시를 위해서는 좌측영상과 우측영상이 각각 좌측눈과 우측눈에 분리되어 입사되어야 하며, 일반적으로는 영화와 TV에서처럼 전용 안경을 착용하여야 가능하다.

입체감은 두 카메라간의 기선거리와 촬영거리에 따라 결정되며, 기선고도비가 클수록 많이 느낄 수 있다. 그러나, LG SU-760 모델의 스마트폰은 기선길이가 매우 짧기 때문에 입체감을 느끼기 위한 촬영거리에 한계를 가지고 있다(박경식, 2012).

때문에, 스마트폰의 스테레오카메라를 이용하여 정량적 정보를 취득하고자 하는 경우 입체영상이 필수적으로 구성되어야 하는바 입체시 가능거리를 확인하는 것이 필요하다. 이것은 계산을 통하여 알 수 있으며, 또한 스마트폰 자체에서 입체시를 구현해 봄으로서도 확인이 가능하다.

본 연구에 사용된 스마트 폰의 경우 패럴랙스 배리어(Parallax Barrier) 방식을 이용하여 안경 없이도 입체시의 확인이 가능하도록 해준다. 패럴랙스 배리어 방식은 Figure 2와 같이 배리어로 불리는 가느다란 슬롯을 영상 앞에 배치하여 시점에 따라 좌측영상과 우측영상을 분리시킴으로써 입체시를 가능하게 하는 방식이다(김세주, 2011).

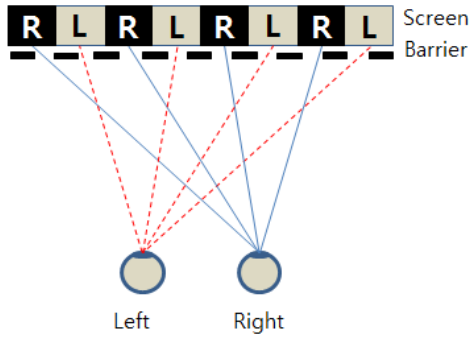


Figure 2. The Stereo view by parallax barrier

2.2 정량적 활용성 평가방안

스마트폰의 스테레오카메라에 의해 취득된 영상은 좌측과 우측영상이 동시에 촬영된 것으로 일정한 간격만큼 편위되어 있다.

좌측과 우측영상에는 각각 동일한 지점들이 중복 촬영되어 있으므로 이것을 이용하여 3차원 좌표를 취득할 수 있다.

본 연구에서 스마트폰 카메라를 이용하여 촬영을 수행하고 Figure 3과 같은 흐름으로 렌즈자체검정 및 3차원정보를 취득하고자 한다.

먼저, 검정용 타겟을 테스트필드의 대상면에 부착한 후 3차원 좌표를 정밀하게 관측하고 스마트폰 카메라로 촬영을 한다. 촬영된 영상으로부터 좌측과 우측영상을 각각 분리한 후 타겟들의 상좌표를 취득한다.

취득된 상좌표와 개략적인 외부표정요소, 6개 이상의 기준점좌표 그리고 하나이상의 거리를 이용하여 여러장의 영상을 한꺼번에 표정하는 다중영상표정(Multi Image Orientation)을 수행한다. 계산되어진 외부표정요소와 각 타겟점들의 좌표를 초기값으로 하여 광속조

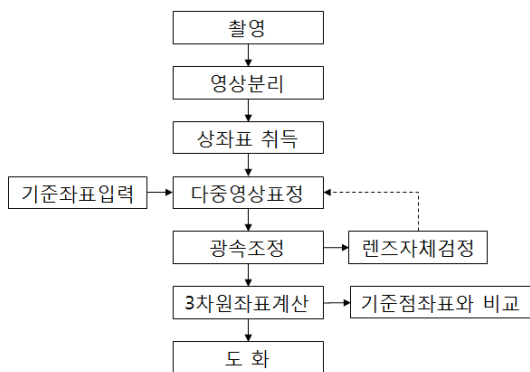


Figure 3. The flow of lens self calibration and 3D measurement

정을 수행하며 이때 렌즈의 자체검정을 동시에 수행한다.

렌즈의 자체검정결과를 이용하여 검사점들의 다중영상표정을 수행하고 계산되어진 3차원좌표와 기준점좌표를 서로 비교함으로써 검정결과를 검증한다.

마지막으로 스마트폰 카메라의 정량적 활용성을 검토하기위해 임의의 대상물을 촬영하고 표정과 광속조정을 거쳐 실제로 도화를 수행한다.

3. 카메라 렌즈 검정

스마트폰에 사용된 카메라를 이용하여 정량적인 정보를 취득하기 위해서는 먼저 렌즈의 특성을 규정해야 한다.

렌즈의 특성은 렌즈검정(Lens Calibration)에 의해 결정되는데 본 연구에서는 공선조건식(Mikhail et. al, 2001)을 이용한 자체검정(오재홍 등, 2006)을 수행하였다.

3.1 타겟 선정

렌즈를 정확하게 검정하기 위해서는 일반적으로 활용되는 자연점 대신 관측이 용이한 전문타겟이 필요하다. 현재 근거리 사진측량분야에서는 주로 원형타겟이나 십자형 타겟을 사용하며, 이러한 타겟들은 사진 촬영시 주변과 비교하여 명확하게 대비가 되도록 제작되고 있다.

십자형 타겟은 십자형태로 타겟을 만들어 대상물에 부착하는 방식으로 원형 타겟에 비해 그 중심 결정 정확도가 떨어진다. 이에 본 연구에서는 십자형에 비해 중심관측 정확도가 높은 원형 타겟을 사용하였으며, 그 바깥쪽에 2차원 코드를 넣어 자료처리과정을 자동으로 수행할 수 있도록 하였다(정성혁 등, 2004).

연구에 사용된 코드타겟의 형상은 Figure 4와 같다.

타겟의 상좌표를 관측하기 위해서는 중심위치를 정확하게 결정하여야 하며, 본 연구에서는 타겟을 구성하는 화소들의 밝기값을 이용하여 무게중심결정방법으로 중심의 위치를 결정하였다.

3.2 촬영

촬영은 카메라 검정을 위한 테스트 필드에서의 촬영과 실제 대상물을 도화하기위한 촬영으로 나누어 실시하였다.

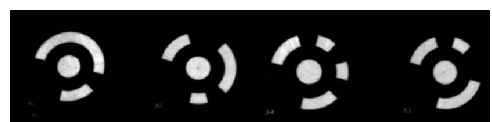


Figure 4. Coded circle target

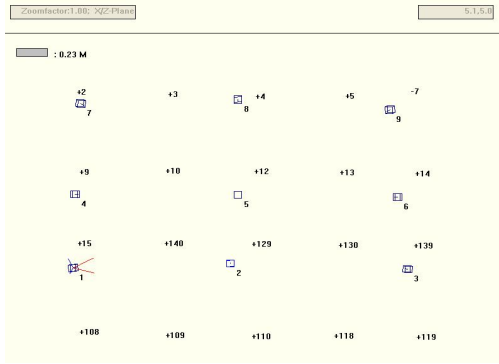


Figure 5. Photo shoot locations and target distribution (X-Z plane)

테스트 필드에서는 촬영축이 서로 만나도록 적절한 기선거리를 두어 수렴촬영을 하였으며, 실제도화를 위한 촬영에서는 대상물의 중앙에서 한 번만 스테레오모드로 수평직각촬영을 실시하였다.

렌즈 검정을 위한 테스트필드는 촬영점으로부터 약 4m 떨어진 수직벽면을 이용하였다. 수직벽을 이용할 경우 초기값을 입력할 때 Y값이 비교적 일정하고 X와 Z값도 손쉽게 결정할 수 있기 때문이다.

Figure 5는 테스트필드 벽면에 부착한 타겟의 분포와 시스템에 입력을 위한 초기 촬영지점을 나타낸 것이다.

촬영은 좌측과 우측 그리고 가운데의 세 방향에서 대상물을 중심으로 하는 수렴촬영(Cooper et al., 1996)을 실시하였다. 촬영 높이는 각 방향에서 각각 0.8m, 1.5m, 2.2m로 하였으며, 부가적으로 1.5m높이에서 카메라를 반시계방향으로 90도 씩 회전(swing)하면서 촬영하였다.

Table 2는 카메라의 검정을 위해 테스트필드에서 촬영한 카메라의 위치와 자세를 나타낸 것이다.

Table 2. The Initial EO parameters for lens self calibration

(Unit: m, grade)

No	X	Y	Z	Tilt	Axis	Swing
1	2	-0.3	0.8	10	-20	0
2	3.2	-0.3	0.8	10	0	0
3	4.4	-0.3	0.8	10	20	0
4	2	-0.3	1.5	0	-20	0
5	3.2	-0.3	1.5	0	0	0
6	4.4	-0.3	1.5	0	20	0
7	2	-0.3	2.2	-10	-20	0
8	3.2	-0.3	2.2	-10	0	0
9	4.4	-0.3	2.2	-10	20	0
10	2	-0.3	1.5	0	-20	100
11	3.2	-0.3	1.5	0	0	200
12	4.4	-0.3	1.5	0	20	300



Figure 6. The original stereo image

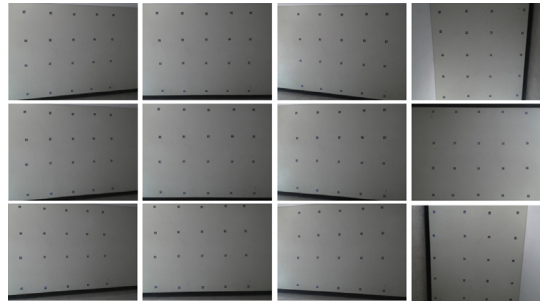


Figure 7. The Separated image for lens self calibration

여기서 Tilt는 X축을 기준으로 카메라가 회전한 양을 나타낸 것으로서 타겟을 향해 상향, 수평 또는 하향 촬영한 각을 의미한다. Axis는 Z축을 기준으로 수렴각을 나타낸 것으로서 Direction을 의미한다. 또한 Swing은 Y축을 기준으로 카메라가 좌우로 회전한 양이다.

연구를 위해서는 스테레오 영상이 필요하므로 카메라의 모드는 스테레오모드로 설정하여 촬영을 하였다. 따라서 한 번 촬영할 때 두 카메라에서 동시에 촬영이 수행되며 Figure 6과 같이 4096*1536화소를 지니는 하나의 영상으로 저장되어진다.

그러나 두 대의 카메라를 검정 하기 위해서는 각 각의 영상이 필요하므로 포토샷에서 2048*1536화소의 크기를 갖는 두 개의 영상으로 분리 하였다.

Figure 7은 각 촬영지점에서 높이와 방향을 달리하여 촬영한 입체영상 중 좌측카메라에 의해 촬영된 영상만을 나타낸 것이다.

가장 우측에 나열된 3장은 카메라를 회전(Swing)하며 4번과 5번 그리고 6번 위치에서 촬영한 영상이고 나머지 9장은 1번부터 9번까지 회전 없이 촬영한 영상이다.

3.3 기준점 측량

기준점측량은 렌즈검정과 그 결과를 검증하기 위해 필요하다. 기준점측량 결과 중 일부는 렌즈검정을 위한 기준좌표로 활용되며, 나머지는 검정이 완료된 후 타겟들의 좌표를 재계산하였을 때 그 차이가 얼마나 되는지 정확도 평가를 위한 기준좌표로 활용된다.

Table 3. The Coordinates of control points

(Unit: m)

No	X	Y	Z
2	2.082	3.96	2.352
3	2.722	3.945	2.348
4	3.341	3.934	2.338
5	3.98	3.923	2.355
7	4.479	3.911	2.354
9	2.104	3.958	1.733
10	2.712	3.946	1.749
12	3.338	3.932	1.755
13	3.952	3.920	1.757
14	4.502	3.910	1.753
15	2.092	3.958	1.179
108	2.111	3.959	0.496
109	2.718	3.946	0.467
110	3.332	3.933	0.463
118	3.929	3.919	0.468
119	4.528	3.904	0.462
129	3.329	3.932	1.167
130	3.951	3.917	1.189
139	4.496	3.905	1.188
140	2.704	3.945	1.190

기준점 측량은 탑콘 DTS 711 토털스테이션을 이용하였으나 반사타겟을 사용할 경우 영상에서 구분이 불가능하기 때문에 삼각수준측량기법으로 수행하였다. Table 3은 기준점측량 결과를 나타낸 것이다.

3.4 렌즈 자체검정

렌즈의 자체검정을 위해서 본 연구에서는 독일 Rollei Metric사의 CDW 2.0 프로그램을 사용하였다. CDW2.0은 자체검정 기능을 갖추고 있으며, 공선조건을 기본으로 하여 표정과 광속조정을 수행할 수 있다.

본 연구의 경우 입체시를 위해 동시에 두 대의 카메라를 사용하므로 자체검정 역시 두 대에 대하여 각각 수행하여야 한다.

촬영된 이미지는 각 촬영지점마다 두 장이므로 이것을 각각 분리하여 좌측과 우측영상 각각에 대하여 처리를 수행하였다. 또한, 카메라의 촬영위치는 두 사진이 모두 동일하므로 같은 초기값을 주었고 상좌표는 각각의 이미지에 대하여 20점씩 취득하였다.

관측된 상좌표는 검정을 위한 기준점과 초기 외부표정요소를 이용하여 다중영상표정을 수행한다. 이 과정은 고정된 좌표값을 기준으로 각 점들간의 상관관계를 계산하는 단계로서 그 결과는 광속조정을 위한 초기값으로 활용될 수 있다(최현식, 1999).

Table 4. The System fixing coordinates for multi image orientation

(Unit: m)

	No	X	Y	Z
기준점	2	-	3.960	2.352
	7	4.479	3.911	2.354
	108	2.111	-	-
	119	4.528	3.904	-
거리	108-119		2.418m	

영상의 표정을 위해서는는 최소 6개의 좌표와 한 개의 길이가 필요하지만 보다 정확도를 높이고 계산결과를 검증하기 위해 8개의 좌표를 사용하였다.

Table 4는 다중영상표정을 위해 사용된 기준점좌표들이다.

7번점은 우측 상단에 있는 점으로서 X,Y,Z를 결정하는 기준으로 하였고, 119번점은 우측하단에 있는 점으로서 X,Y를 결정하는 기준으로 하였다. 2번과 108번점은 좌측상단과 하단에 위치한 점으로서 좌표 일부만 사용하였다.

이것은 기준점의 좌표를 X,Y,Z 모두 입력할 경우 기준점좌표와 상좌표에 포함되어있는 오차로 인해 기하학적으로 투영중심에서 모든 광속이 만나지 못하기 때문이다. 이러한 경우 소요의 정도를 지닌 표정결과를 얻을 수 없으므로 입력하지 않은 좌표에 오차가 전파되도록 여유폭을 주기 위함이다.

기준점좌표중에서 입력되지 않고 계산되어진 좌표는 기준점측량결과와 비교하여 검정결과를 검증하는데 활용하게 된다.

자체검정은 다중영상표정및 광속조정(Bundle adjustment)의 두 단계로 이루어진다.

다중영상표정은 여러 장의 영상을 표정하는 단계로서 항공사진측량의 상호표정과 유사하다. 이 단계에서는 초기값으로 주어진 Table 2의 외부표정요소를 이용하여 표정을 수행한다.

다만, 정확한 렌즈검정 데이터 없이 표정이 수행되는 관계로 그 결과는 실제 기준점 좌표들과 차이가 있으며, 후방교회법에 의한 촬영지점의 계산 결과 역시 오차를 포함하고 있다.

영상표정의 순서 또한 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 본 연구에서는 4번과 6번을 먼저 표정하고 5번을 접합하였으며, 이후 1번과 3번, 2번, 7번, 9번, 8번, 10번, 12번 그리고 11번의 순으로 계속 영상을 추가해서 최종적으로는 모든 영상의 표정을 동시에 수행하였다.

다중영상표정을 수행한 결과 Figure 8과 같은 결과

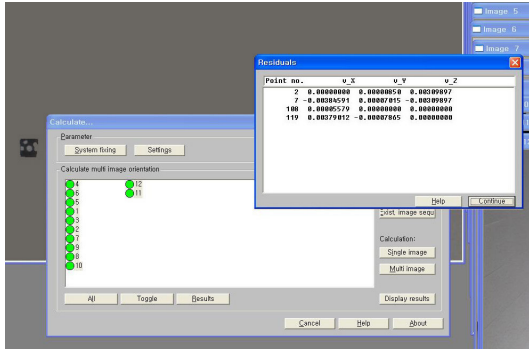


Figure 8. The result of multi image orientation

Table 5. The result of lens self calibration

(Unit: mm)

	좌측카메라	우측카메라
f	-6.7085	-6.5716
xh	0.19332	0.0807
yh	-0.05075	-0.0595
a1	6.11732E-004	2.459581E-003
a2	-1.28128E-004	-2.106861E-004
R0	2.00	2.00

를 얻을 수 있었다. Figure 8의 좌표들은 초기값으로 입력한 Table 4의 기준점 좌표들로서 2번점의 X, 109번점의 Y, Z 그리고 119번점의 Z좌표는 조정에 제약이 없는 관계로 잔차가 모두 0으로 나타났다. 기준좌표로 입력된 나머지 좌표들 역시 광속조정을 위한 초기좌표로서는 충분한 정확도를 확보하고 있다.

렌즈의 자체검정을 위한 광속조정 단계에서는 전방교회법과 후방교회법이 서로 상호보완적으로 이루어지며 렌즈의 초점거리와 주점의 위치 및 외부표정요소 그리고 제 점들의 좌표를 계산한다(Wolf et al., 2000).

광속조정은 다중영상표정에서 취득된 외부표정요소와 타겟들의 좌표를 초기값으로 수행하였으며, 그 결과 Table 5와 같은 렌즈검정 데이터를 취득할 수 있었다.

여기서 f는 카메라의 초점거리이며, xh와 yh는 주점에 대한 투영중심의 위치이다. 또한 a1과 a2는 방사 및 대칭방향 왜곡량에 대한 매개변수를 나타낸다.

R0는 렌즈의 중심부에서 출발하여 왜곡이 다시 0으로 되는 지점까지의 거리를 나타낸 것으로 이것을 이용하여 렌즈중심으로부터 거리에 따른 왜곡량 DR을 계산한다.

DR의 계산은 다음과 같은 식(1)에 의한다.

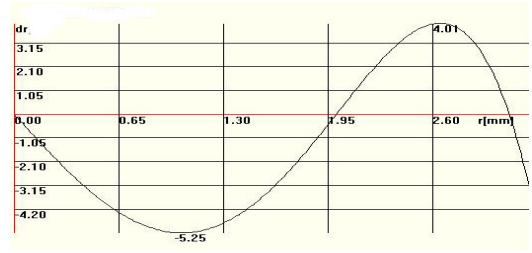


Figure 9. The Radial distortion of lens

$$DR = A_1 * R * (R^2 - R_0^2) + A_2 * R * (R^4 - R_0^4) \quad (1)$$

본 연구에 사용된 두 대의 카메라중 우측카메라에 대한 DR도표는 Figure 9와 같다.

자체검정과 동시에 각 타겟들의 좌표를 계산하고 분석한 결과 좌측카메라에서는 상좌표의 평균잔차가 x=0.003216mm, y=0.002158mm이었으며, 기준점을 포함한 20개 타겟들의 표준편차는 X=0.00240m, Y=0.00861m, Z=0.00248m로 나타났다. 우측카메라의 경우 상좌표의 평균잔차는 x=0.001482mm, y=0.000922mm였으며, 기준점을 포함한 타겟들의 표준편차는 각각 X=0.00125m, Y=0.00225m, Z=0.00128m로 나타났다.

표준편차를 보았을 때, 좌측카메라의 경우 Y좌표가 X와 Z에 비해 비교적 크게 나타나는 등 사진측량의 전형적인 오차형태를 보이고 있다.

3.5 스마트폰 카메라의 활용

스마트폰 카메라의 자체검정이 완료되었다면 실생활에서 여러가지 정량적 활용이 가능하다.

본 연구에서는 임의의 건물을 대상으로 실험을 하였다. 대상건물은 폭 10m, 높이 4m정도의 가건물로서 곡선부 없이 직선으로만 구성되어 있어 비교적 간단하게 도화를 수행할 수 있다.

대상지점과 카메라간의 거리에 비해 기선의 길이가 매우 짧을 경우 입체시가 불가능하기 때문에 본 연구에서는 스마트폰의 입체시 한계거리를 고려하여 대상물



Figure 10. The Stereo image of the object

로부터 13m 정도의 거리에서 촬영을 실시하였다.

표정을 위한 기준점은 총 11개를 선정하였으며, 본 연구가 정밀한 사진측량보다는 스마트폰의 정량적 활용 가능성에 목적을 두고 있는 관계로 타겟은 사용하지 않았다.

기준점 좌표는 줄자만을 이용하여 관측한 후 6개를 결정하였고, 축척결정을 위한 거리는 벽면을 따라 건물의 폭을 관측하였다.

표정과 도화는 두 가지 방법으로 진행하였다. 첫 번째는 촬영된 영상이 항공사진처럼 대상면에 대하여 직각촬영이기 때문에 항공사진 전문도화기인 HIST-DPW에서 수행하였고, 두 번째는 렌즈의 자체검정에 사용한 CDW에서 수행하였다.

HIST-DPW는 항공사진 전용이므로 지상사진과 좌표체계가 상이하다. 때문에 Y와 Z좌표를 서로 바꾸어 입력하였다.

상호표정을 수행한 결과 원활하게 모델이 구성되었고 입체시가 가능하였으나, 절대표정과 도화는 불가능하였다. 좌표의 단위를 우리나라 절대좌표계의 단위인 10만 단위로 변환한 결과 절대표정까지는 가능하였으나 오차가 매우 크게 나타났고 도화 역시 불가능 하였다.

지상사진 전문프로그램인 CDW에서는 다중영상표정과 광속조정단계가 원활하게 수행되었으며 계산이 완료된 후 나타난 기준점들의 표준편차는 $X=0.0674m$, $Y=0.25319m$, $Z=0.04983m$ 이었다. X와 Z에 비하여 Y 방향의 오차가 매우 크게 나타나고 있는데 이것은 두

가지 원인에서 기인한다. 하나는 표정을 위한 기준좌표를 줄자로 관측해서 정밀관측한 것에 비해 정확도가 떨어지기 때문이다. 또 한가지 원인은 두 카메라의 방향이 서로 평행하고 촬영거리에 비해 기선의 길이가 매우 짧기 때문에 광속의 수렴각이 매우 작기 때문이다.

이러한 오차는 입체시를 구현하는데는 문제가 없지만 두 카메라의 광속이 만나는 지점에서 오차타원이 Y축방향으로 매우 커지기 때문에 정량적인 정보의 취득에는 문제시 될 수 있다.

Figure 11은 대상건물에 대한 도화장면으로 항공사진 도화시스템처럼 입체시하면서 도화를 하는 것이 아니라, 좌측과 우측영상의 동일 지점에 대하여 각각 2차원 도화를 하고, 이것으로 부터 3차원 도형을 생성하는 형태로 진행된다. 가운데 Figure은 좌측영상에서 문 그리고 우측영상에서 동일한 지점을 그릴 때 에피폴라 라인이 그려야 지점을 가이드하고 있음을 나타내고 있다.

4. 실험결과 분석

계산된 외부표정요소와 렌즈검정 결과는 활용이 가능한지 검증이 이루어져야한다. 좌측카메라에 대한 검증을 위해서 좌측카메라의 검정결과와 Figure 7의 좌측영상 그리고 기준좌표를 이용하여 타겟의 3차원 좌표를 계산 하였다. 계산된 3차원 좌표는 Table 3의 기준점좌표와 비교함으로써 검정값의 활용 가능여부를 판단할 수 있다. 우측 카메라의 검정결과 역시 동일한 방법으로 검증할 수 있다.

다중영상표정을 위한 기준좌표는 자체검정을 수행하기 위해 사용되었던 기준좌표와 별개의 지점을 선택하였다. 또한 좌측과 우측영상을 표정하기위하여 기준좌표는 같은 조건에서 오차를 점검하기위해 동일한 좌표를 사용하였다.

Table 6은 다중영상표정과 광속조정을 거쳐 계산된 검사점들의 3차원 좌표와 Table 3의 좌표를 서로 비교한 것으로서 붉은색의 숫자들은 조정을 위해 기준좌표로 입력한 좌표들이다.

표에서 각 기준점과의 오차가 0.000으로 나타난 곳은 해당좌표를 기준점으로 사용했기 때문이며, 두 카메라에서 발생한 표준편차는 좌측이 $X=\pm 0.0042m$, $Y=\pm 0.0087m$, $Z=\pm 0.0042m$ 이고 우측은 $X=\pm 0.0028m$, $Y=\pm 0.0044m$, $Z=\pm 0.0029m$ 로 나타났다. 이러한 수치는 타 비측량용 카메라의 검정결과와 비교하였을 때 우수한 결과로서, 정량적 정보의 취득에 검정결과를 활용하는 것이 가능함을 알 수 있다.

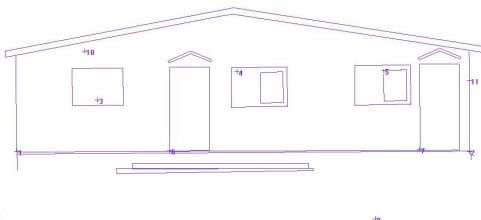
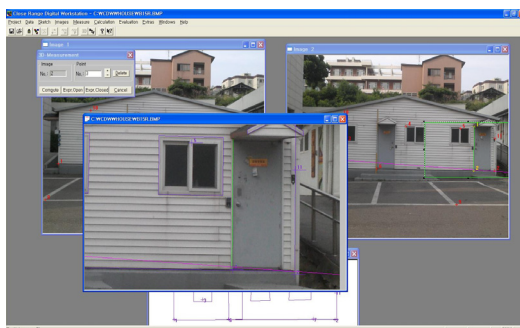


Figure 11. The 3D Plotting of the object

Table 6. The Error between the control points and the check points

(Unit: m)

	좌측영상			우측영상		
	Dx	Dy	Dz	Dx	Dy	Dz
2	0.002	-0.002	-0.003	0.005	-0.006	-0.003
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.007	-0.003	0.003	0.002	-0.003	-0.002
5	0.004	-0.007	-0.003	0.002	-0.002	-0.001
7	0.000	0.002	0.002	0.000	-0.008	-0.004
9	-0.003	0.007	0.006	0.003	0.002	-0.003
10	0.004	0.005	0.002	0.004	0.004	0.002
12	0.010	0.004	-0.004	0.005	0.004	0.001
13	0.010	-0.001	0.004	0.003	-0.006	0.001
14	0.001	-0.004	0.001	0.004	0.007	0.004
15	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.007
108	0.000	0.012	-0.003	0.003	0.004	0.001
109	0.010	0.03	-0.002	0.001	-0.003	0.003
110	0.005	0.013	-0.004	0.002	0.005	-0.002
118	0.004	0.007	0.004	0.001	-0.008	0.003
119	-0.003	0.003	-0.002	-0.003	-0.003	0.003
129	0.002	0.012	-0.012	-0.002	-0.003	0.004
130	-0.004	0.006	0.004	-0.003	-0.004	0.002
139	0.004	0.000	0.000	-0.005	0.000	0.000
140	0.005	0.018	0.003	0.004	-0.004	-0.003

잔차 역시 거의 유사한 크기의 분포를 보이고 있지만 Y좌표가 다른 좌표에 비해 비교적 크게 나타났다. 이것은 표준편차를 계산했을 때와 동일한 유형을 보이고 있음을 알 수 있으며, 이러한 형태는 전방교회법(Space Intersection)을 수행했을 때 나타나는 전형적인 유형이다.

이상과 같은 분석을 통하여 본 연구에서 수행한 스마트폰 렌즈의 자체검정값이 신뢰성을 가지고 있음을 검증할 수 있었으며, 이를 이용하여 대상물을 촬영하고 도화함으로써 일정 수준의 정도를 지니는 정량적 정보의 취득이 가능함을 알 수 있었다.

그러나 실제로 대상물을 촬영하고 도화해 본 결과 테스트필드에서 타겟을 이용하여 조정을 수행한 경우보다 오차가 크게 나타났으며, 특히 Y축의 오차가 매우 크게 나타났다.

이것은 검정을 위한 테스트필드의 경우 촬영지점간의 기선길이가 길어 전방교회법으로 대상점의 위치를 결정할 때 적절한 각으로 교차하여 오차가 적은 반면, 기선길이 24mm인 스테레오 영상을 이용하는 경우 촬영거리에 비해 기선이 짧아 교차각이 매우 예각으로 나타나기 때문이다.

5. 결론

이상과 같이 두 대의 카메라가 장착된 스마트폰으로 촬영을 수행하고 렌즈검정과 정량적인 활용성을 평가해 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

스마트폰에 장착된 두 대의 카메라를 검정하고 그 결과를 이용하여 기준점좌표를 재 계산해본 결과 본 연구에서 검정한 카메라 특성정보가 정량적 정보의 취득에 활용 가능함을 알 수 있었다.

또한, 임의의 대상물을 선정하여 스테레오모드로 촬영하고 도화를 수행한 결과 $X=\pm 0.0674m$, $Y=\pm 0.25319m$, $Z=\pm 0.04983m$ 의 표준편차가 발생하였다. 검정을 위한 테스트필드에서보다 오차가 크게 발생한 것은 기선길이가 짧은 스테레오 카메라의 한계로 인한 것으로 판단된다.

이러한 한계를 감안 할 경우, 일상생활에서 요구하는 수준의 정량적 정보의 취득을 위해 스테레오카메라가 장착된 스마트폰의 활용이 충분히 가능하리라 판단된다.

참고문헌

- 김세주, 2011, 패럴랙스 배리어방식 무안경 3D 디스플레이의 시야범위 개선을 위한 공백기술 도출 연구, 석사학위논문, 연세대학교.
- 박경식, 2012, 무안경 3D 스마트폰의 입체시 한계평가, 한국지형공간정보학회 춘계학술대회 논문집, pp.117-118.
- 오재홍, 이창노, 어양담, 2006, 비측정용 디지털카메라의 효율적인 자체검정을 위한 대상지 구성, 한국측량학회지, 제24권 제3호, pp.281-288.
- 정성혁, 박찬홍, 이재기, 2004, 산업사진측량에 의한 자동차의 외형 정밀 측정, 한국측량학회지, 제22권 제2호, pp.179-186.
- 정수, 2009, 비측량용 카메라를 이용한 3차원 형상해석, 한국지형공간정보학회지, 제17권 제2호, pp.91-99
- 최헌식, 1999, 근거리 수치사진측량의 초기값 결정에 관한 연구, 석사학위논문, 연세대학교.
- Cooper, M. A. R., and Robson, S., 1996, Theory of Close Range Photogrammetry, In Close Range Photogrammetry and Machine Vision, Whittles Publishing, pp.9-51
- Mikhail, E.M, Bethel, J.S, McGlone.J.C., 2001, Modern Photogrammetry, John Wiley & Sons, Inc, pp.92-97.
- Wolf, P. R., Dewitt, B. A., 2000, Elements of Photogrammetry, 3rd edition, McGRAW-HILL Inter. Book Company, pp.383-391.