

연구논문

디지털 카메라를 이용한 수치도면작성 The Digital Drawing Production Using Digital Camera

최승필* · 박종선** · 최철순***

Choi, Seung Pil · Choi, Chul Soon · Park, Jong Sun

요 旨

종래에 아날로그 방식의 사진측량에서는 중복된 영상을 도화기를 통해 표정과정을 거쳐 입체모델을 생성하고 이를 바탕으로 도화과정을 수행함으로써 최종도면을 획득하였다. 그러나 이러한 과정을 소형컴퓨터를 통해 일괄처리함으로써 처리과정의 자동화를 꾀할 수 있으며 입체 모델은 생성하지 않고 해석적인 방법을 통해 3차원 수치자료를 쉽게 획득 할 수 있다. 따라서 본 연구는 수치영상을 이용하여 3차원 위치측정이 가능한 측량시스템을 구축하여 기준점 측량작업 및 촬영조건을 획기적으로 줄임으로써 보다 효율적으로 수치도면을 제작하는데 도움을 주고자 한다. 그 결과 비교적 저가의 디지털 카메라로 사진측량이 이루어지고 컴퓨터만으로도 수치도면을 작성할 수 있다. 따라서 소규모 지역에서는 일반측량보다 경제적으로 수치 도면을 작성할 수 있으므로 시설물 관리를 위한 도면제작 등에 활용 될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 수치사진측량, 디지털 카메라, 수치도면

Abstract

As for the former analogue method of photogrammetry, We have obtained final digital drawing by creating the stereo model from overlapped images through orientation process using plotting instrument and processing restitution procedure. However, digital photogrammetry batch processes such using small computer system thus We make an attempt automatization of the procedures. And without the production of stereo model, We could obtain 3D digital data through analysis method. Therefore, an objective of this study was to implement a surveying system that could 3D surveying positions using the digital image to reduce limitations of control point surveying and photographing conditions more efficiently to produce digital drawing. By the result, photogrammetry can practice and make out digital drawing to a computer by digital camera of a comparative low-cost. Small scale area can become practical use to drawing production etc. for facilities management because area can make out digital drawing economically than general surveying.

Keywords : Digital Photogrammetry, Digital Camera, Digital Drawing

1. 서 론

수치사진측량은 전산기술의 급격한 발전에 힘입어 그 효용성이 입증되고 있으며, 현재 구미선진국을 중심으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 사진측량분야에서 수치영상이나 수치자료를 이용하려는 시도는 사진측량의 응용분야와 영역을 확대시켰으며, 특히 근거리 사진측량분야에서는 수치영상자료를 통해 3차원 좌표를 취득하고 움직이는 물체의 동적 상태를 분석하는 것이 가능하게 되었다(전근일, 2002).

국내에서는 1970년대부터 사진측량에 대한 연구가 시

작되어 항공사진측량과 지상사진측량에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다(유복모, 2003).

그후 기존의 필름을 이용한 Rollei6008 추적용 카메라에 의한 측정성과와 구축된 수치사진측량 처리 시스템에 의해 획득된 성과를 비교분석하여 시스템의 활용가능성을 제시하였다(강준목, 2000).

이러한 수치사진 측량은 대상물에 대한 수치화된 영상을 취득하여 이를 PC에서 처리하여 수치지도도를 만들으로써 과거 해석적 사진측량에서 수행되던 과정을 보다 적은 인력과 저가의 장비로써 처리할 수 있다는 장점이 있다(김기홍, 1997). 수치영상은 디지털 사진을 이용

2004년 8월 19일 접수, 2004년 9월 16일 채택

* 정희원, 관동대학교 SOC공학부 교수 (spchoi@kwandong.ac.kr)
** 정희원, 관동대학교 SOC공학부 토목공학과 박사과정 (lovepark@samcheok.ac.kr)
*** 정희원, 관동대학교 SOC공학부 교수 (ccsoon@kwandong.ac.kr)

하여 직접 얻거나 위성영상이나 항공사진을 스캐닝, 혹은 디지털라이징 함으로써 간접적으로 얻을 수 있다.

오늘날 수치화된 영상을 취득할 수 있는 각종 기기들이 개발되어 일반적으로 널리 이용되고 있으며 이중 디지털 카메라는 비교적 저가의 기기로서 손쉽게 수치영상을 취득할 수 있고, 저장매체도 전산기용 하드디스크 등 각종 보조기억장치를 이용할 수 있으므로 자료의 저장 및 재생에도 많은 장점을 가지고 있다.

사진측량을 이용한 3차원 실측기법에 있어서도 고해상도의 소형 디지털 카메라 개발에 힘입어 기존의 필름을 기초로 한 아날로그 방식에서 수치영상을 이용한 수치사진측량 기법으로 발전되었다. 그리고 종래에는 아날로그 방식의 사진측량에서는 중복된 영상을 도화기를 통해 표정 과정을 거쳐 입체모형을 생성하고 이를 바탕으로 도화과정을 수행함으로써 최종 수치도면을 획득하였다. 그러나 수치사진측량은 이러한 전처리 과정을 소형 컴퓨터를 통해 일괄 처리함으로써 처리과정의 자동화를 꾀할 수 있으며 입체모형을 생성하지 않고 해석적인 방법을 통해 3차원 수치자료를 획득할 수 있다.

따라서 본 연구는 수치영상을 이용하여 3차원 위치측정이 가능한 측량시스템을 구축하면 일반측량 및 사진측량에 의하여 도면을 작성할 때 보다 기준점 측량작업 및 촬영조건을 줄임으로써 보다 효율적으로 수치도면을 제작하는데 도움을 주고자 한다.

2. 수치도면 작성과정

기준점 및 검사점의 측정 정밀도를 얻기 위하여 디지털 카메라에 대하여 캘리브레이션을 행하여 카메라의 초점거리 9.0533mm, 주점(x=4.5284mm, y=3.1767mm), 렌즈의 왜곡변수(k1=0.002104, k2=0.000005, p1=-0.0005, p2=0.000281)를 각각 얻었다(문화재청, 2001).

이렇게 캘리브레이션된 디지털 카메라와 PC를 이용하여 수치영상을 취득하고, 이를 전산 처리하여 대상물의 3차원 위치를 결정하여 정확도를 비교분석하다(유복모, 2003; 村井俊治, 1992).

이를 위해 기준점을 이용하여 외부표정요소를 계산하고 각각의 기준점들의 3차원 좌표를 계산하여 토탈스테이션(GTS-603)에 의해 관측된 결과를 통하여 검증한다. 그리고 이로부터 사진좌표에서 표정을 거쳐 획득된 3차원 자료를 이용하여 수치 도면을 제작한다. 이 과정을 도표로 나타내면 그림 1과 같다.

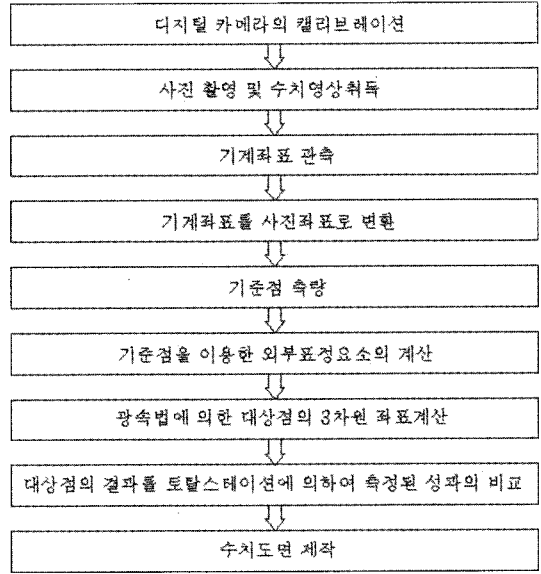


그림 1. 작성과정

3. 자료의 관측

3.1 관측대상 및 촬영

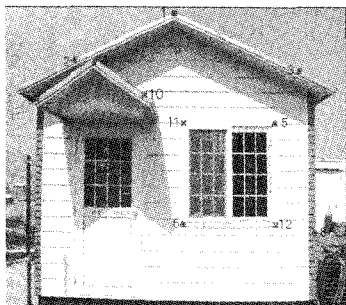
양양읍내의 7번 국도변에 위치하고 있는 기준점 측량 및 촬영이 용이한 그림 2와 같은 건물을 대상으로 선정하였다. 이 건물의 주요점에 반사 타겟을 부착하여 사진상에서 쉽게 식별되도록 촬영하였으며, 이 타겟을 중심으로 기준점 측량을 실시하였다.

3.2 기준점 측량

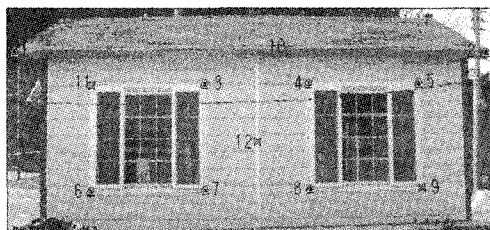
외부표정 요소를 계산하기 위해 건물 앞면과 측면에 각각 8개의 기준점과 4개의 검사점을 선정하여 그림 3에 표시된 바와 같이 총 24곳에 반사타겟을 부착하고 Topcon사의 토탈스테이션(GTS-603)을 이용하여 대상점의 3차원 좌표를 관측하였다.



그림 2. 관측대상 건물



△기준점 ×검사점
건물앞면



△기준점 ×검사점
건물측면

그림 3. 대상점의 위치분포

기준점과 검사점들에 대한 측량결과는 표 1과 같다.

표 1. 대상점 측량 결과 (단위 : m)

건물면	측점	X	Y	Z	비고
앞면	1	9.272	10.805	3.836	기준점
	2	8.075	11.148	3.311	기준점
	3	10.732	10.395	3.176	기준점
	4	8.272	10.377	3.077	기준점
	5	10.593	10.796	2.646	기준점
	6	9.462	11.121	1.480	기준점
	7	7.608	11.648	1.392	기준점
	8	11.074	10.672	1.375	기준점
	9	7.681	10.547	2.732	검사점
	10	8.782	10.248	2.759	검사점
	11	9.465	11.113	2.643	검사점
	12	10.585	10.806	1.474	검사점
측면	1	11.166	10.321	3.042	기준점
	2	12.960	16.657	3.052	기준점
	3	11.719	12.898	2.709	기준점
	4	12.109	14.283	2.715	기준점
	5	12.538	15.792	2.730	기준점
	6	11.281	11.400	1.528	기준점
	7	11.711	12.912	1.542	기준점
	8	12.109	14.286	1.551	기준점
	9	12.531	15.798	1.557	검사점
	10	12.196	13.947	3.050	검사점
	11	11.293	11.388	2.702	검사점
	12	11.899	13.596	2.071	검사점

3.3 영상자료의 취득

수치영상자료를 취득하기 위해 사용된 장비는 그림 4와 같이 Olympus사의 디지털카메라 (E-10)로 최대 2240 × 1680 화소(Pixel)를 취득할 수 있다.

본 연구에서도 이 화소수를 최대한 이용하여 영상을 취득하였다.

수치영상을 취득하기 위해 디지털 카메라와 토탈스테이션을 그림 5와 같이 배치하였다. 기준점 및 검사점의



그림 4. 사용된 디지털 카메라

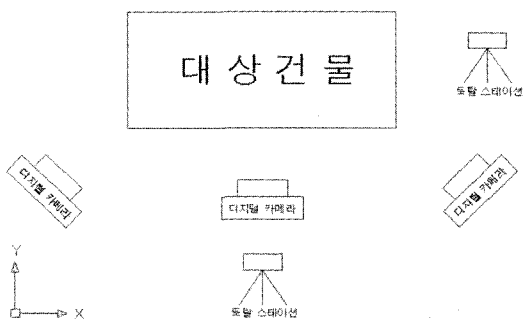


그림 5. 관측건물에 대한 영상취득 기기 배치도

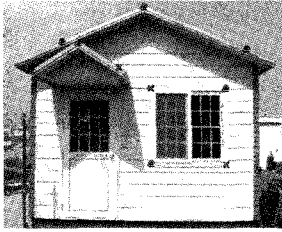


사진1



사진2
<건물앞면 수치영상>

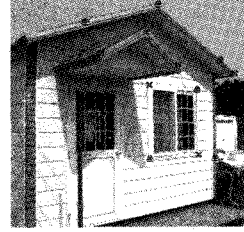


사진3



사진1



사진2
<건물측면 수치영상>



사진3

그림 6. 디지털 카메라로 취득한 영상

정밀한 좌표 관측을 위하여 본 연구에서는 0.1" 독 토달 스테이션으로 좌표를 관측하였다.

그림 5에 나타난 바와 같은 디지털 카메라를 3곳에 교대로 배치하여 입체 수치 영상을 취득하였으며 건물 앞면과 측면에 대한 3개의 수치 영상은 그림 6에 나타나 있다

3.4 영상좌표의 관측

수치영상은 좌표상에 위치한 밝기 값을 일정한 범위로 구분하여 나타낸 것을 말한다. 수치영상에서의 좌표값은 모두 양(+)의 정수이며 일반적으로 왼쪽 상단의 모서리를 원점으로 한다.

사진측량에서 광속조정법을 적용하기 위해서는 대상물의 기준점에 해당하는 사진의 좌표를 관측해야 한다.

사진좌표는 렌즈의 중심을 수직으로 입사한 광선이 필름 상에 맺히는 점을 원점으로 하여 정의 된다.

다음 그림 7은 영상좌표계와 사진좌표계의 차이를 나타내고 있다.

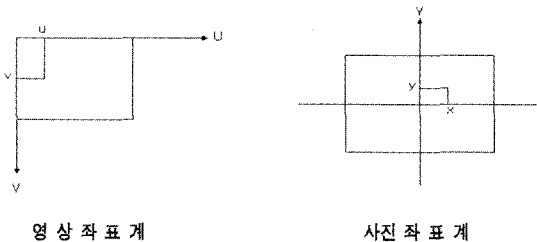


그림 7. 영상좌표계와 사진좌표계

취득된 수치영상의 사진좌표를 취득하기 위해 그림 8과 같이 영상좌표 관측 프로그램을 작성하였다.

본 프로그램은 일반적인 영상형식을 지원하며 확대 및 축소가 가능하고 입력하고자 하는 영상의 기계좌표를 읽어 들일 수 있다.

아날로그 영상에서는 좌표축 회전과 비직교성 및 두 축간의 축척차를 고려한 2차원 변환을 하는 반면, 수치 영상에서는 좌측상단을 기준으로 한 영상좌표를 영상중심을 원점으로 하는 좌표계로 변환해 준다. 2240×1680 화소를 사진좌표로 표현하면 다음 식과 같다.

$$y_{Photo} = (840 - y_{pixel})$$

$$x_{Photo} = (x_{pixel} - 1120)$$

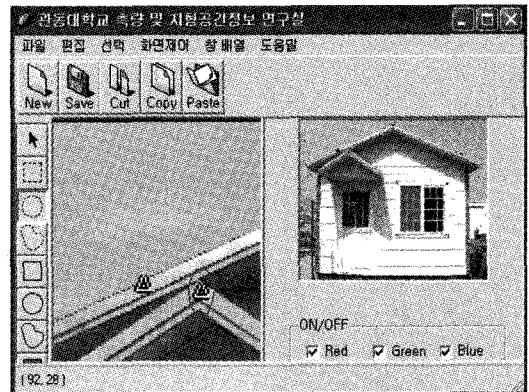


그림 8. 영상좌표 관측

여기서, $x_{p_{net}}, y_{p_{net}}$: 영상좌표
 x_{photo}, y_{photo} : 사진좌표

4. 자료의 처리 및 해석

4.1 외부표정요소

건물벽면에 있는 기준점의 사진좌표와 3차원 공간좌표를 입력하여 외부 표정요소를 구하여 공선조건식에 의해 조정을 수행한 결과 표 2와 같다.

4.2 검사점의 3차원 위치 결정 및 해석

조정된 외부표정요소를 이용하여 검사점의 3차원 위치를 구하고 이를 공선조건식에 의해 조정한 결과는 표 3과 같다.

이 조정결과를 토탈스테이션을 이용한 측량성과와 비교하여 x, y, z 방향으로의 오차를 계산한 결과 표 4와 같다.

건물 앞면의 경우 X축: 1.783mm, Y축: 3.585mm, Z축: 1.392mm, 건물 측면의 경우 X축: 3.549mm, Y축: 3.450mm, Z축: 2.717mm의 오차가 나왔다. 둘 다 mm단위의 오차가 발생하였다.

오차의 원인으로는 부착된 반사 타겟의 형상이 영상 내에서 뚜렷이 관찰되지 않으므로, 육안으로 공액점을 찾는 과정에서 오차가 발생한 것을 비롯하여 카메라를 캘리브레이션 하는 과정에서의 초점거리, 주점, 렌즈의 왜곡에 의한 것과 외부표정요소를 구하는 과정에서 오차가 발생한 것으로 생각된다.

표 2. 조정된 외부표정요소

외부표정 요소	건물 앞면			건물 측면		
	사진1	사진2	사진3	사진1	사진2	사진3
$\omega(\text{deg})$	95.010	95.401	92.359	104.158	97.997	-103.970
$\phi(\text{deg})$	-14.447	-55.557	42.714	71.172	42.102	70.939
$\kappa(\text{deg})$	1.386	4.118	-1.536	-13.619	-6.684	-166.955
$X_0(\text{m})$	8.001	5.239	12.488	18.899	15.722	15.722
$Y_0(\text{m})$	6.117	8.417	6.895	11.264	8.470	8.470
$Z_0(\text{m})$	1.903	1.960	1.922	1.701	1.658	1.658

표 3. 검사점의 조정결과

(단위 : m)

측점	건물 앞면			건물 측면		
	X	Y	Z	X	T	Z
9	7.681	10.542	2.731	12.532	15.792	1.560
10	8.784	10.247	2.759	12.191	13.949	3.046
11	9.466	11.113	2.641	11.294	11.391	2.699
12	10.583	10.805	1.476	11.906	13.593	2.071

표 4. 검사점의 오차

(단위 : mm)

측점	건물 앞면			건물 측면		
	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
9	1.190	4.710	1.239	1.102	5.990	3.221
10	2.432	6.500	1.130	5.166	2.500	3.840
11	1.457	1.700	1.688	1.406	2.600	2.555
12	2.053	1.430	1.510	6.521	2.710	1.250
평균	1.783	3.585	1.392	3.549	3.450	2.717

4.3 도면작성

좌표를 가진 건물 앞면도와 측면도를 그리기 위해서 3 방향에서 찍은 그림9의 사진1을 이용하여 사진상의 동일한 지점에 공역점과 에피폴라선을 사진2와 사진3과 같이 그려준 후 각각의 동일지점에 있는 점끼리 매칭을 시켜줌으로써 그 지점이 같은 지점이며 좌표상에 같은 위치에 놓여 있음을 알려주게 되는 것이다.

그리고 사진속의 건물에서 좌표해석은 사진을 찍었을 때 각각의 카메라 위치 (X_0, Y_0, Z_0)와 카메라의 회전인자(κ, ϕ, ω)를 해석하여 각각의 점들에 대하여 3차원 좌표를 부여하게 됨으로써 그림 10과 같이 좌표해석이 된 하나의 측면도와 앞면도를 그릴 수 있게 되는 것이다.

량 기법을 적용하여 3차원 위치를 결정하고 이를 근거로 수치도면을 작성하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 3차원 측량시스템을 구축함으로써 보다 신속하고 정확하게 대상물에 대한 3차원 위치를 결정 할 수 있었다.
2. 비교적 저가의 디지털 카메라로 사진측량이 이루어 지고 컴퓨터만으로도 수치도면을 작성할 수 있으므로 소규모 지역에서는 일반측량보다 경제적으로 수치도면을 작성 할 수 있다.
3. 정확한 근점 촬영을 수행함으로써 시설물 관리를 위한 도면제작, GIS자료구축 등 여러 분야에 활용 될 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 디지털 카메라를 이용하여 수치사진측

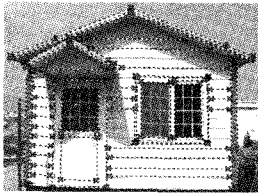


사진1

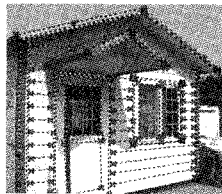


사진2
<건물 앞면>

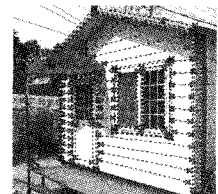
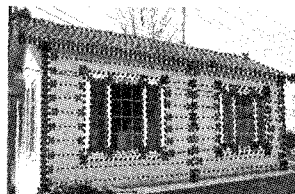
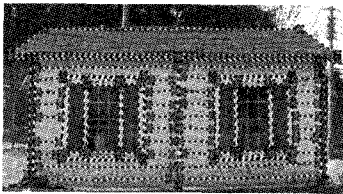


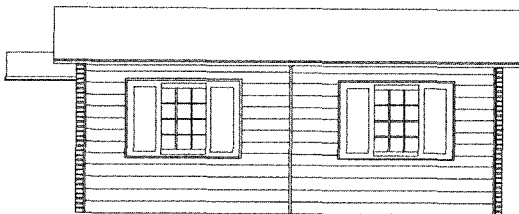
사진3



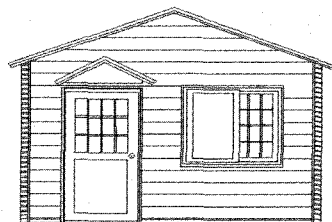
<건물 측면>



그림 9. Pointing 작업



<건물 측면>



<건물 앞면>

그림 10. 건물 앞면 및 측면도

참고문헌

1. 강준목, 배연성, 주영은, 엄대용, 2000, "CCD 영상획득 시스템에 의한 피사체의 변위측정", 한국측량학회지, 제18권, 제1호, pp. 25-32.
2. 김기홍, 1997, "CCD사진기와 PC를 이용한 근거리 사진측량에 관한 연구", 연세대학교 대학원.
3. 문화재청, 2001, "근대문화유산 건축물 사진실측 조사보고서", pp. 38-57.
4. 유복모, 토니헝크, 2003, "현대 디지털사진측량학", 문운당, pp. 228-237.
5. 전근일, 2002, "구조물의 3차원 모형화를 위한 외부표정", 강원대학교 대학원.
6. 村井俊治, 1992, "解析寫眞測量", 日本寫眞測量學會, pp. 57-74.