

# 수치지도 생성 및 갱신을 위한 Video Photogrammetry 적용

## Application of Video Photogrammetry for Generating and Updating Digital Maps

유 환 희 \*                      성 재 열 \*\*  
Yoo, Hwan-Hee                Sung, Jae-Ryeol

### 要 旨

수치지도를 생성하거나 갱신하기 위해 항공사진측량을 이용하지만 각종 지상시설물에 대한 위치와 속성자료를 항공사진측량만으로 작성하기 어려우므로 현장조사를 통해 지상시설물에 대한 정보를 얻고 있다. 따라서 본 연구에서는 현장조사의 정확도와 신뢰성을 향상시키기 위해 고해상 디지털 카메라에 의해 입체영상을 얻고 DLT기법을 적용하여 3차원위치결정을 할 수 있는 비디오사진측량기법을 개발하였다. 또한 개발된 비디오 사진측량기법은 생성된 3차원위치자료에 속성자료를 연결시키는 기능을 이용하여 수치지도의 위치와 속성자료를 생성 및 갱신 할 수 있도록 개발하였다.

### ABSTRACT

Although aerial photogrammetry has been used to generate or update digital maps. It is difficult to make the spatial and attribute data for all kinds of objects on the ground with only aerial photogrammetry. Therefore, we are getting informations of the object on the ground through an on-the-spot survey. In order to improve accuracy and reliability of on-the-spot survey in this study, we obtained stereo images from high resolution digital camera (1152\*864 pixels) and developed the video photogrammetry which was able to determine the three dimensional coordinates from stereo images by applying DLT(Direct Linear Transformation). Also, the developed video photogrammetry could generate and update the spatial and attribute data in digital maps by using a function that could connect three dimensional coordinates with the attribute data.

### 1. 서 론

수치지도를 제작하거나 갱신하기 위해 항공사진촬영을 하여 도화기로 수치지도를 제작하는데 도로변에 설치된 각종 시설물에 대한 위치와 속성정보를 항공

사진측량만으로 작성하기 어려우므로 현장조사를 통해 지상시설물에 대한 정보를 입력하고 있다. 현재 국내에서의 현장조사방법은 항공사진측량에 의해 작성된 지도를 출력하여 종이지도를 만들고 현장조사시 얻어진 시설물의 위치와 속성을 종이 지도 위에 표

\* 경상대학교 도시공학과 부교수  
(경상대학교 생산기술연구소 연구원)

\*\* 경상대학교 도시공학과 석사과정

시한 후 실내에 들어와서 수치지도에 입력하고 있다. 현장조사에 의해 구축되는 건물명칭, 각종 지상시설물의 위치와 명칭 등이 현재 제작되고 있는 수치지도상에서 보면 누락되어 있는 것이 많이 발견되고 있으며, 현장조사가 수치지도제작에 있어서 많은 시간과 인력이 필요한 실정이다. 이러한 현행방법은 입력오차의 발생과 자료누락 및 재검증 시 현장자료의 미비 등이 문제점으로 지적되고 있다.

외국에서는 지상시설물의 위치정보와 속성정보를 입력하기 위해 자동차에 카메라, GPS, INS 등의 시스템을 통합시킨 소위 GPSVan(미국)<sup>1-2)</sup>, VISAT(캐나다)<sup>3)</sup> 등이 개발되고 있으며 일본에서도 이와 비슷한 시스템 개발을 위해 연구가 진행되고 있다. 또한 비디오 사진측량개념을 이용한 교통공학분야의 활용도 시도되고 있다<sup>4)</sup>.

본 연구는 외국과 같은 시스템을 구축할 경우 발생하는 과중한 예산확보를 피하고 사람이 휴대하고 촬영하여 분석함으로써 저렴한 가격의 자료획득시스템을 개발하고자 추진되었다. 디지털 카메라로 중복입체 촬영하여 수치입체영상을 얻고 입력자료로 사용하여 사진측량원리에 의해 3차원좌표를 획득할 뿐만 아니라 여기에 속성정보를 포함시켜 수치지도(DXF)화일을 수정할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 디지털 카메라는 Kodak DC210 디지털 카메라 (f:4.0-4.7mm, 1152x864 pixels)를 사용하였으며, 개발 환경은 Window 95 또는 NT에서 Visual C++언어로 개발하였다.

본 연구의 목적은 수치지도 제작과 갱신에 있어서 현장조사시 종이지도를 출력하여 여기에 지상시설물의 위치와 속성정보를 입력하고 있는 현행방법을 개선하기 위해 비디오 사진측량을 도입·적용한 프로그램을 개발함으로써 수치지도 제작 및 갱신 시 지상시설물의 위치 및 속성정보 입력방법을 개발하는 것이다.

## 2 비디오카메라 표정을 위한 수학적 모델

비디오카메라는 측정용으로 제작된 것이 아니므로 사진측량에서 요구하는 카메라 검정자료가 전혀 없으므로 본 연구에서는 그 동안 해석사진측량분야에서 비측

정용 카메라 검정에 이용되어 왔던 DLT방법을 수정·보완하여 적용키로 하였다. 사진기와 대상물공간과의 위치관계를 기하학적으로 나타내주는 공선조건식을 다시 정리하여 DLT방정식으로 유도하면 식 2.1과 같이 된다.<sup>5-9)</sup>

$$x + \Delta x = \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1}$$

$$y + \Delta y = \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \quad (2.1)$$

이를 행렬식으로 표시하여 해를 구하면 다음과 같다.

$$V + B\Delta_j + D = 0 \quad (2.2)$$

$$V^T WV = \Delta_j^T B^T W B \Delta_j + \Delta_j^T B^T W D + D^T W B \Delta_j + D^T W D \quad (2.3)$$

$$\frac{\delta V^T W V}{\delta \Delta_j} = B^T W B \Delta_j + B^T W D = 0 \quad (2.4)$$

$$\therefore \Delta_j = -(B^T W B)^{-1} B^T W D \quad (2.5)$$

## 3. 프로그램 개발

디지털 카메라에서 얻어지는 입체영상을 처리하기 위해 그림 3.1에서와 같이 작업의 수행에 따라 각각의 클래스로 나누어 Visual C++의 MFC로 프로그램을 작성하였다.

## 4. 자료 획득 및 결과처리

### 4.1 영상자료 획득

본 연구에서 영상자료는 KODAK DC210 Digital Zoom Camera로부터 획득되었으며, 해상도는 1152x864 pixels이다. 진주시 중심지의 가로변 중에서 가로등, 전력주, 안내표지, 신호등 등의 시설물이 있는 장소를 선정하여 촬영하였다. 대상지역의 좌우측영상과 국가GIS사업에 의해 작성된 이 지역의 수치지도는 그림 4.1과 같다.

### 4.2 GCP자료 획득

수치지도 갱신을 위한 Video Photogrammetry 적용

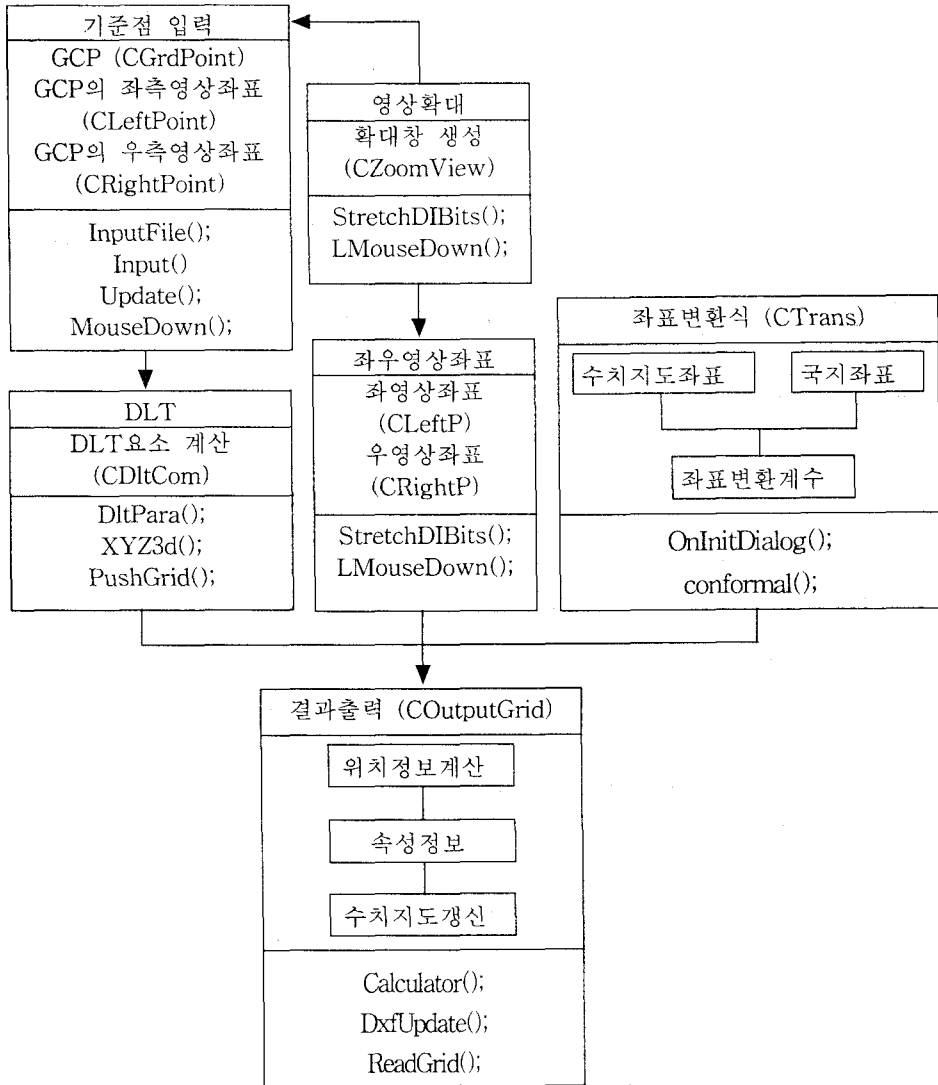


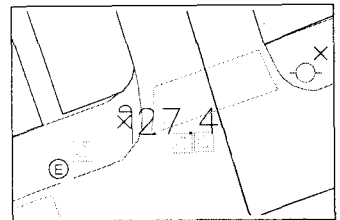
그림 3.1 프로그램 구성도



좌측영상



우측영상



연구지역의 수치지도

그림 4.1 연구대상지역 영상 및 수치지도

GCP의 좌표값은 대상지역의 건물 모서리점과 같은 특징점이나 기준점을 표시하여 디지털 데오도라이트(5" 독)를 이용하여 획득하였으며 성과는 표 4.1과 같다. GCP 자료입력은 파일형태나 측정별로 입력할 수 있도록 메뉴를 구성하였다.

표 4.1 GCP자료

단위: m

순서	횡선좌표	종선좌표	표 고
1	1640.40842	-7655.44001	29.190
2	1311.83374	-8002.39641	28.710
3	1135.15183	-7688.40085	29.270
4	1038.96764	-7692.27427	27.550
5	-125.58434	-7744.93245	28.420
6	-147.54551	-7746.37930	29.490
7	-301.65932	-7744.17421	28.020
8	-166.98563	-8099.83403	28.200
9	-705.91483	-8191.88315	28.370

GCP의 좌우영상좌표는 좌우영상을 확대창에 출력하여 정확한 영상좌표를 입력 할 수 있고 수정사항이 있을 때 수시로 갱신할 수 있도록 메뉴를 구성하였고 관측된 결과는 다음과 같다.

표 4.2 GCP의 좌우영상좌표

단위: pixels

순서	좌측영상		우측영상	
	col	row	col	row
1	997	368	1056	426
2	943	387	951	445
3	833	362	857	416
4	809	424	829	481
5	365	389	383	433
6	356	346	376	392
7	296	403	323	444
8	324	404	311	444
9	57	395	88	430

### 4.3 국지좌표계를 수치지도 좌표계로 변환

현장에서 국지적으로 디지털 데오도라이트를 이용하여 얻어진 GCP는 국지좌표계이므로 수치지도 좌표계

와 일치하지 않는다. 따라서 국지좌표계를 수치지도 좌표계로 변환이 필요하며 표 4.3은 GCP중 좌표계 변환을 위한 수치지도 좌표와 국지좌표를 이용하여 등각사상변환(conformal transformation)을 한 경우 이용된 좌표값과 변환식의 변수값이다(표 4.4). 따라서 국지적으로 수행된 측량결과를 수치지도좌표계에 일치시킴으로써 수치지도좌표계로 통일된 성과를 얻을 수 있도록 디자인하였다.

표 4.3 좌표계 변환을 위한 GCP좌표

	수치지도 좌표		국지좌표	
	횡선	종선	횡선	종선
1	116450.330	188566.680	1311.834	-8002.396
2	116436.760	188561.250	-166.986	-8099.834

표 4.4 변환식의 매개변수

회 전 요소		원점 이동량(m)	
a	b	$x_0$	$y_0$
0.0093774585	-0.0030539749	116413.589	188637.716

## 5. 비디오 사진측량 시스템 구현

### 5.1 타이틀화면

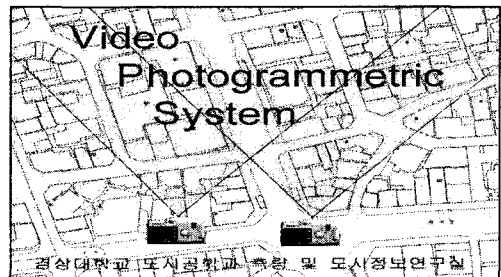


그림 5.1 타이틀 화면

타이틀화면은 일반 윈도우즈용 응용S/W에서 많이 볼 수 있는 것으로 S/W의 저작권, 버전, 응용프로그램에 대한 개략적인 삽화를 담고 있다. 따라서 이 프로그램에서도 S/W를 제작한 연구실, 프로그램명, 그리고 프로

그램을 개략적으로 설명할 수 있는 삽화로서 타이틀화면을 구성했다.

## 5.2 메뉴구성

메뉴를 4개의 단계로 구성하였는데 ①영상보기는 비트맵화일인 좌우측영상을 열기 위한 모듈이다. ②좌표 변환은 기준점 측량을 실시하여 얻은 국지좌표와 수치지도좌표를 연결하기 위한 변환식을 얻기 위한 모듈이다. ③매개변수 계산은 GCP와 GCP의 좌·우영상좌표를 입력받고, 수치사진측량 기법인 DLT를 사용하여 DLT요소를 계산하는 모듈이다. ④결과출력은 3차원위치를 계산하고 여기에 관련 속성정보를 입력하여 DXF 화일에 시설물을 추가·갱신하는 모듈을 개발함으로써 수치지도를 생성 및 갱신할 수 있도록 하였다.

## 5.3 기본모듈 개발

### 5.3.1 확대창

3차원위치 계산시 좌우측영상의 좌표값을 보다 정확하게 획득하기 위한 모듈로서 확대창이 설계되었다. 좌우측영상창에서 마우스 왼쪽버튼을 클릭한 점의 영상좌표를 중심으로 행, 열을 각각 5배씩 확대하여 확대창에 표시되도록 하였다. 좌우측영상을 하나의 확대창에서 조절할 수 있도록 함으로써 화면에 표시되는 창의 수를 줄였다.

### 5.3.2 좌우영상 좌표

확대창에서 마우스 왼쪽버튼을 클릭한 위치의 영상좌표가 그림 5.3의 Edit Box에 출력되도록 하였으며, 3차원위치의 계산 시 이 값을 이용하였다.

### 5.3.3 좌표변환

기준점 측량을 실시하여 얻은 절대좌표를 수치지도와 동일한 좌표계를 갖도록 하기 위해서 등각사상 변환식을 사용하여 원점 이동량 및 회전요소를 계산한다. 이것을 계산하기 위해서는 두 점 이상의 기준점이 입력되어야 하는데, 수치지도에서 획득한 좌표와 측량에 의해 얻은 국지좌표가 각각 2점씩 입력된다. 그림 5.4는 입력값과 결과값인

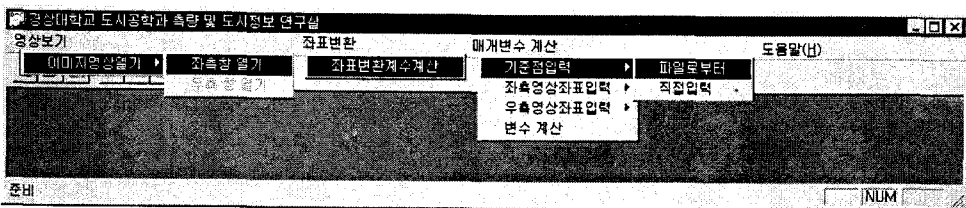
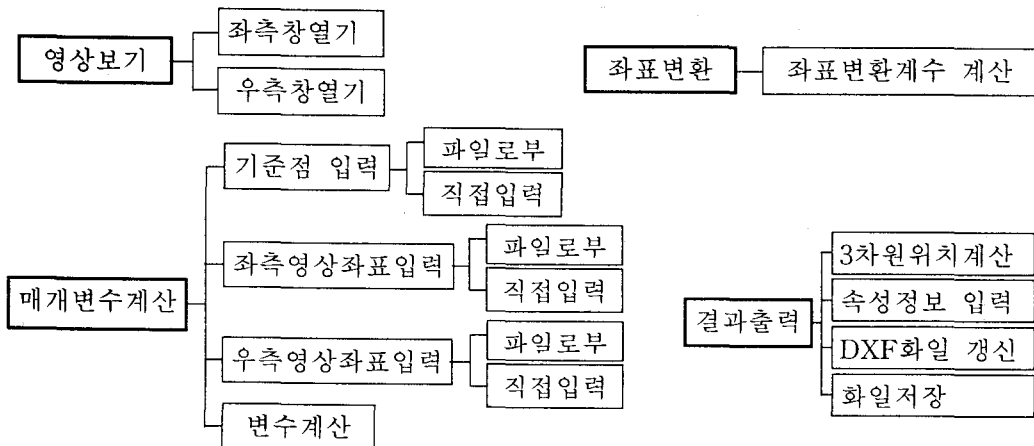


그림 5.2 메뉴 구성도

변환매개변수를 보여주고 있다.

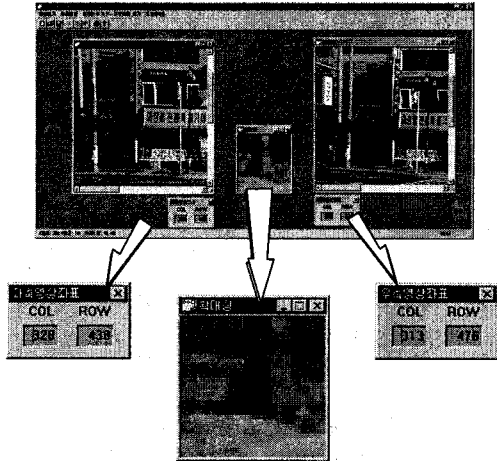


그림 5.3 확대창 및 영상좌표

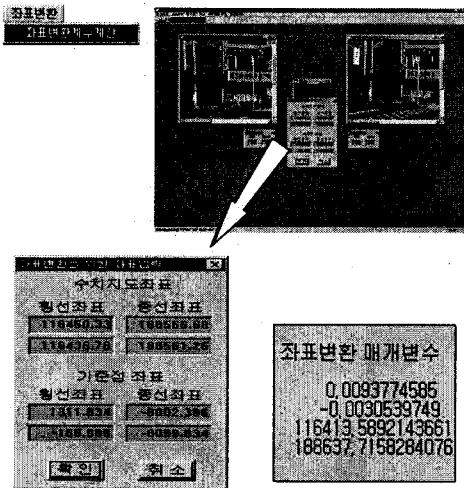


그림 5.4 좌표변환

### 5.3.4 GCP입력

지상기준점좌표를 입력하는 모듈로서 입력방법은 파일로부터 입력하는 방법과 직접 수작업으로 입력하는 방법이 있다.

직접 입력할 경우 Edit Box에서 자료를 입력하고, **자료입력**을 클릭함으로써 Grid에 표시되도록 하였다. 만약, 데이터가 잘못 입력되었거나 수정해야할 경우 수정하고자 하는 Grid의 행을 마우스로 클릭하여 Edit Box에 표시되도록

하여 수정한 후 **자료갱신**을 클릭하면 수정되도록 하였다. **저장**은 Grid에 표시된 값들이 “지상기준점좌표.txt” 파일로 저장된다.

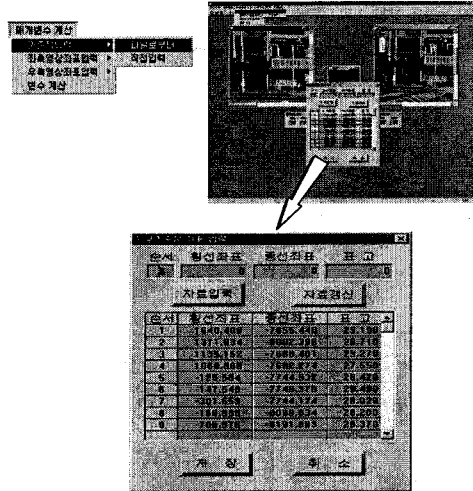


그림 5.5 GCP입력

### 5.3.5 GCP의 좌우영상 좌표입력

지상기준점을 영상에서 찾아서 행, 열값을 입력하는 모듈이다. 영상에서의 행, 열값은 앞에서 설명한 확대창에서 마우스 왼쪽버튼을 클릭하여 얻어진다. 입력방법은 파일로부터 입력하는 방법과 GCP의 좌우영상을 확대창에 표시하고 여기서 마우스로 클릭하여 하나씩 입력하는 방법이 있다. 입력된 값의 수정이 필요할 경우는 Grid에서 수정할 행을 클릭하고 확대창에서 좌우측 영상의 행, 열이 Edit Box에 입력되고 **갱신**을 누르면 갱신되도록 하였다. **저장**을 누르게 되면 각각 “좌측영상좌표.txt”와 “우측영상좌표.txt” 파일로 저장된다. GCP의 좌우영상 좌표입력은 그림 5.6과 같다.

### 5.3.6 DLT요소 계산

이 모듈은 5.3.4와 5.3.5의 결과, 즉 “지상기준점좌표.txt”, “좌측영상좌표.txt”와 “우측영상좌표.txt”를 입력받아 수차사진측량기법인 DLT(Direct Linear Transformation)를 적용하여 3차원위치를 계산하기 위한 DLT요소를 계산하였고 그림 5.7과 같다.

수치지도 갱신을 위한 Video Photogrammetry 적용

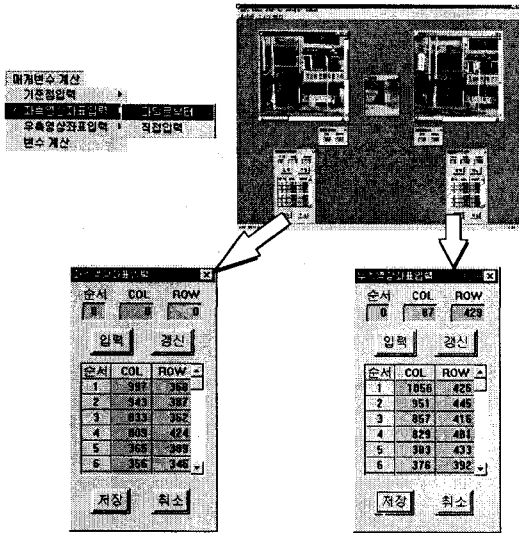


그림 5.6 영상기준점 좌표입력

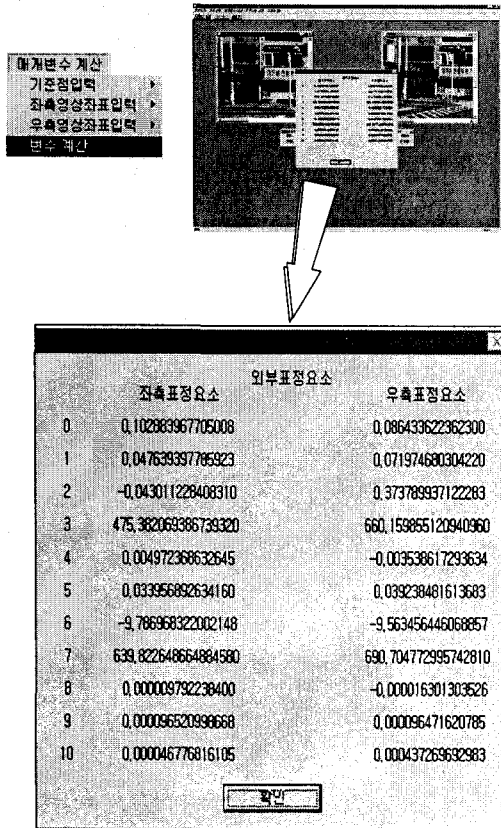


그림 5.7 DLT요소의 계산

5.3.7 3차원 위치정보 계산 및 속성정보 입력

1) 3차원위치정보 획득

본 연구에서는 DLT기법을 적용하여 3차원위치정보를 획득하게 되는데 이것이 수치지도의 좌표체계와 차이가 있어서 좌표변환과정을 통해 동일한 좌표계의 3차원위치정보를 획득할 수 있도록 디자인하였다. 좌우영상에서 동일점을 확대창에 display하도록 하여 행·열값을 각각 획득하고 **계산**을 클릭하게 되면 3차원위치정보를 계산하여 Grid에 출력하도록 하였다.

수정방법은 수정할 행을 마우스로 클릭하고 다시 계산하도록 하였다.

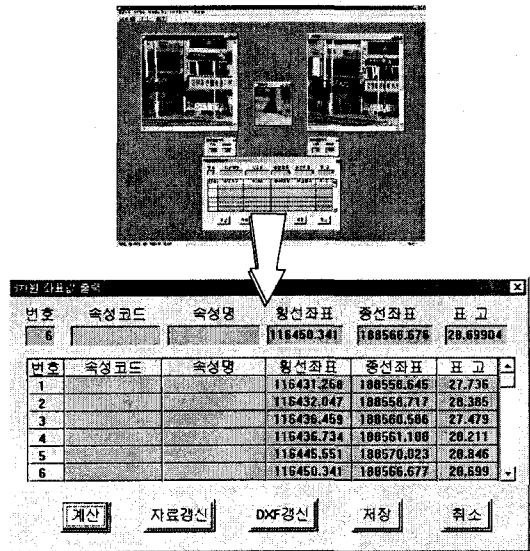


그림 5.8 3차원 위치정보 획득

2) 속성정보 입력

대상물에 대한 3차원좌표를 계산한 후 이에 대한 속성코드를 입력할 수 있도록 하여 현장조사 내용을 자동저장하고 수치지도를 자동 생성 및 갱신할 수 있도록 DXF파일 갱신모듈을 디자인하였다.

(1) 자료갱신

속성코드값을 입력할 Grid의 행을 마우스로 클릭하면 Edit Box에 display되도록 하고 Edit Box에서 속성코드와 속성명을 입력하고 **자료갱신**을 클릭하여 갱

신할 수 있도록 하였다.

(2) DXF갱신

수치지도에 입력될 지상시설물의 위치정보와 속성 코드 값의 입력이 모두 완료되었을 때 **DXF갱신** 클릭하여 자료를 저장함은 물론이고 이내용을 수치지도 생성 및 갱신에 이용 될 수 있도록 연결하여 dxf화일을 생성함으로써 비디오 사진측량을 이용한 수치지도 생성이나 갱신이 가능하도록 구현하였다.

번호	속성코드	속성명	형식좌표	형식좌표	표고
1	AE142	신호등	118438.724	188558.878	27.711
2	AZ102	신호등	118438.724	188558.878	27.388
3	AE141	신호등	118438.724	188558.878	27.478
4	AZ141	신호등	118438.724	188558.878	27.211
5	AZ142	신호등	118445.851	188570.024	27.818
6	AE142	신호등	118438.724	188558.878	27.231

그림 5.9 속성정보 입력

5.3.8 수치지도확인

수치지도에 입력된 위치정보와 속성정보의 정확성을 확인하기 위하여 그림 5.11은 국가GIS사업에 의해 생성된 수치지도와 본 연구에서 갱신된 수치지도를 비교하여 나타내었다.

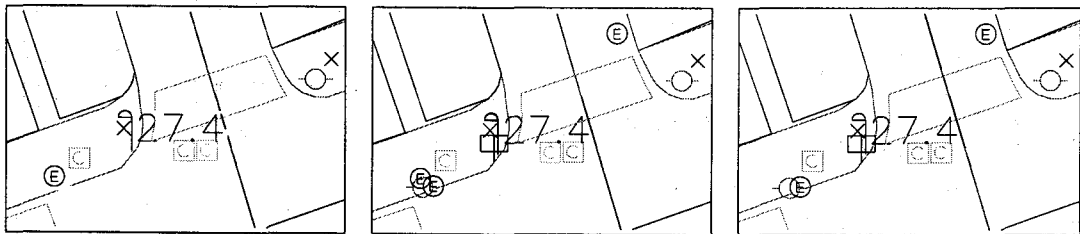
그림 5.11 (a)는 국가GIS사업에 의해 생성된 수치지도이고, (b)는 여기에 본 연구에 의해 추가된 시설물의 현상이 들어 있다. (a)와 (b)그림을 비교해볼 때 누락된 시설물의 정보가 있음을 알 수 있으며 이를 정리한 최종수치지도는 (c)와 같다.

5.4 위치자료획득오차 분석

본 연구에서 개발된 시스템으로 위치자료를 획득했을 경우의 오차를 분석하기 위해 지상시설물의 상호간의 거리를 줄자를 이용하여 관측하고 본 시스템에서 갱신한 DXF화일을 AutoCAD에 display한 다음 각 시설물의 insert point들간의 거리를 측정하여 오차를



그림 5.10 연구지역 현황사진



(a)현 수치지도 현황

(b)본 연구에서 갱신된 수치지도

(c)최종 갱신된 수치지도

그림 5.11 수치지도 위치 및 속성정보 비교



## 수치지도 갱신을 위한 Video Photogrammetry 적용

분석하였다. 그 결과 오차크기는 0.8 - 8.4 cm로 나타났다. 이 오차는 1/1,000 축척의 수치지도상에서 0.008 - 0.084 mm로 표시됨으로 그림 5.11 에서도 볼 수 있듯이 수치지도 생성이나 갱신에 있어서 큰 문제가 되지 않는 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

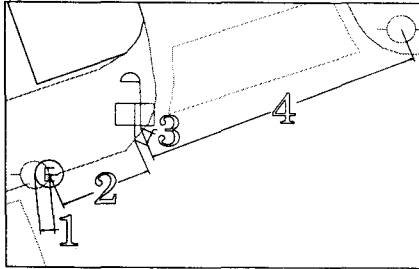


그림 5.12 시설물의 위치오차분석을 위한 관측거리

표 5.1 갱신된 시설물의 위치오차분석

단위: m

관측 거리명	갱신된 수치지도상의 거리	실측거리	오차
1	0.762	0.77	0.008
2	4.816	4.90	0.084
3	0.730	0.74	0.010
4	14.627	14.71	0.073
평균 오차			0.0475

## 6. 결 론

수치지도 제작 및 수정 시에 각종 시설물의 위치정보와 속성정보를 획득하기 위해 비디오 사진측량을 적용하여 프로그램을 개발한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고해상 디지털 카메라를 이용하여 현장조사 시 입체영상을 획득하고 이것을 비디오 사진측량에 의해 처리함으로써 지상시설물의 위치정보와 속성정보를 동시에 취득하여 수치지도를 생성 및 갱신할 수 있는 방법을 제시하였다.
2. 본 연구에서 분석된 3차원위치 정확도는 관측거리가

- 약 10m인 도로변 시설물에 대해 0.8 - 8.4 cm로 나타났는데 이것은 1:1,000축척의 수치지도상에서는 0.008 - 0.084 mm로 나타나므로 수치지도 제작 시 현장조사방법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.
3. 본 연구는 장비의 사용을 최소한으로 제한한 경우의 연구 결과로서 보다 실용적이고 대단위적인 관측업무 수행하기 위해서는 GPS, INS 등을 통합시킨 매핑시스템 개발이 요구된다.

## 감사의 글

본 연구는 국가GIS사업 중 매핑기술개발사업의 일부내용으로서 연구비지원에 감사 드립니다.

## 참 고 문 헌

1. K. Novak, "Real - Time Mapping Technology", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXIX, B2, pp. 569-575, 1992.
2. C. K. Toth and H. D. Bossler, "Feature Collection by the GPSVanTM Analog Video or Stereo Digital Video ?", ACSM/ASPRS Technical Papers, Vol.II pp.108-115, 1996.
3. N. E -Sheimy, "A Mobile Multi-Sensor System for GIS Applications in Urban Centers", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXXI, B2, pp. 95-100, 1996.
4. J. S. Greenfeld, "Application of Video Photogrammetry for Transportation Studies", ACSM/ASPRS Technical Papers, Vol.3, pp.122-130, 1993.
5. G. He, K. Novak, W. Feng, "On the Integrated Calibration of A Digital Stereo-Vision System", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXIX, B5, pp. 139-145, 1992.
6. Y. Chen, A. F. Schenk, "A Rigorous Calibration Method for Digital Cameras", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXIX, B1, pp. 199-205, 1992.

7. Marzan, G. T., "Rational Design for Close-Range Photogrammetry", Ph. D. Dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1976.
8. 유환희, 김의명, "수치사진측량기법을 이용한 실시간 매핑 S/W개발", 대한토목학회논문집, 제 16권 제III-1호 1996, pp.37~45.
9. K. Novak, " Analytical Photogrammetry ", Dept. of Geodetic Science and Surveying, OSU, Class Note, 1991