

## 3차원 지형정보분석을 위한 수치사진측량시스템 개발 Development of Digital Photogrammetric Systems for Three-Dimensional Topographic Information Analysis

유환희\* · 안충현\*\* · 오성남\*\*\* · 성민규\*\*\*\*

Yoo, Hwan-Hee · Ahn, Chung-Hyun · Oh, Sung-Nam · Sung, Min-Gyu

### 要　　旨

최근 컴퓨터 분야의 발달과 사진측량의 발전으로 수치사진측량시스템은 GIS의 기본도 구축, 3차원 지형정보 및 DEM 획득, 수치정사투영영상 생성, 3차원 투시 등 광범위한 분야에 이용됨에 따라 이에 대한 수요가 급증하고 있지만, 이 모든 시스템들은 외국기술에 의존하고 있어서 국내기술개발이 절실하다. 본 연구에서는 수치사진측량기법을 Visual C++ 언어를 이용하여 항공측량용 사진기에 의해 촬영된 한 쌍의 입체사진으로부터 내부표정, Epipolar Line 생성, 텁색영역 설정, 영상정합 등을 이용하여 3차원 좌표를 추출 할 수 있는 PC용 윈도우즈 수치사진측량시스템을 개발하였다. 이 시스템에서는 국가지리정보체계 구축사업의 일환으로 국립지리원에서 제작되고 있는 수치지도를 생성 및 수정할 수 있는 모듈을 개발하였고, 3차원적 입체분석을 위해 여색입체시를 이용하여 모니터상에서 3차원적으로 볼 수 있는 모듈을 개발함으로써 도시의 효율적인 관리를 위한 유용한 기능과 전문적인 수치사진측량시스템을 지원할 수 있는 모듈을 개발하였다.

### ABSTRACT

Lately, with the development of the fields of computer and photogrammetry, Digital Photogrammetric Systems are widely used for the generation of GIS basemap, the acquisition of topographic information and DEM, the formation of digital orthophoto, three-dimensional viewing and so on. According as the demand for the systems is rapidly increasing, we suggest keenly the necessity of domestic technical development, because all of these systems depend on foreign technology until now. In this study, by using digital photogrammetry method, with Visual C++ language, we have developed Digital Photogrammetric Systems for Windows which is able to get three-dimensional coordinates through interior orientation, exterior orientation, epipolar line, image matching from a pair of aerial photos taken with metric camera. This system consists of not only a module which can revise digital map that is being made at National Geographic Institute as a part of data construction project of National Geographic Information System, but also a module which can view three-dimensional image on the screen monitor by using anaglyph for three-dimensional analysis. The digital photogrammetry modules developed in this study are expected to be used as primary modules for the effective management of the urban as well as main modules in developing professional digital photogrammetric systems.

### 1. 서　　론

도시지역의 3차원 정보는 도시계획이나 도시설계에 있어서 중요한 자료가 되므로 3차원 정보획득을 위한

기술 개발이 필요한 실정이다.<sup>1)</sup>

최근 수치자료형태의 지형자료 요구가 증대되면서 벡터(vector) 및 래스터(raster) 형태의 자료를 생성할 수 있는 수치사진측량 시스템 개발에 연구의 초점이 모아지고 있다. 수치사진측량에 관련된 시스템 개발은 Leica-Helava사의 "DPW Series", Intergraph사의 "ImageStation" 등의 Workstation용뿐만 아니라 Windows NT용 프로그램들이 개발되고 있으며,<sup>2,3)</sup> 실시간 매핑을 위한 시스템이 연구되고 있다.<sup>4,5)</sup> 하지만, 이 모

\*경상대학교 공과대학 도시공학과 부교수(경상대학교  
생산기술연구소 연구원)

\*\*한국전자통신연구원, 김소연, 영상처리연구부 선임연구원

\*\*\*한국전자통신연구원, 김소연, 영상처리연구부 책임연구원

\*\*\*\*경상대학교 공과대학 도시공학과 석사과정

든 시스템은 외국기술 의존과 고가의 장비로 인해 외화 낭비뿐만 아니라 외국기술 종속이라는 문제점을 지나고 있다.

따라서, 본 연구에서는 수치사진측량기법을 적용하여 3차원 지형정보를 자동획득 할 수 있는 S/W를 VISUAL C++ 5.0 언어를 이용하여 PC용 윈도우즈 수치사진측량시스템을 개발하였으며, 획득된 3차원 지형 정보를 기존의 수치지도와의 연결을 통해 수치지도 생성 및 간접을 함으로써 효율적인 지형공간정보의 취득 및 활용에 기여할 수 있는 기틀을 마련하는데 그 목적을 두고 있다.

## 2. 수치사진측량시스템 개발

### 2.1 하드웨어 및 소프트웨어의 구성

항공사진촬영으로 얻어진 일체수치영상은 컴퓨터 모니터에 좌·우측 수치영상으로 출력시키고 이로부터 3차원 정보를 얻기 위한 프로그램을 개발하였다. 사용된 언어는 Microsoft Visual C++ 5.0 언어이며 H/W는 PC-586급 이상의 컴퓨터(CUP: 133 MHz이상, RAM: 32MB이상)와 1280×1024 해상력을 갖는 모니터, 1280×1024이상을 지원하는 그래픽카드(Millennium II, 4MB WRAM)로 설정하였다. 또한 마우스는 2버튼 형으로 좌·우측버튼을 이용하였다.

### 2.2 수치사진측량시스템 흐름도

수치사진측량기법을 적용하여 3차원 지형정보를 자동획득하기 위해서는 그림 1과 같은 처리순서로 진행되었다.

### 2.3 프로그램 개발



그림 2. 타이틀 화면

#### 2.3.1 타이틀(Title) 화면 모듈

윈도우즈용 프로그램에서 흔히 볼 수 있는 화면으로써 프로그램의 주화면이 뜨기전에 잠깐동안 나타나 있다가 사라지는 화면이다. 이 화면에서는 프로그램의 제목 및 제작정보와 수치사진측량과 관련된 삽화 등을 나타내고 있으며, 구현은 Splash Screen Component를 사용하였고 시간과 마우스의 버튼으로 제약을 두었다.

#### 2.3.2 주화면 모듈

타이틀 타이틀 화면이 사라진 후 나타나는 화면으로써 사용자가 편리하게 3차원 지형정보를 이용할 수 있도록 메뉴형식뿐만 아니라 순차적으로 진행할 수 있도록 설계하였으며 그림 3과 같이 자료입력, 편집, 내부 표정, 외부표정, 3차원 위치정보, 벡터, 입체시 등 7단계로 나누어져 있고 주화면 하단에는 영상의 해당위치에 대한 좌표값(row, column), RGB값, 날짜/요일/시간, 제작정보 등을 표시하였다.

그림 4에서는 수치사진측량 시스템 주화면의 7단계 내용을 상세하게 나타내고 있다.

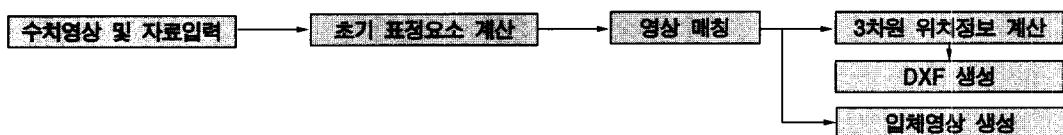


그림 1. 본 연구의 수행과정



그림 3. 수치사진측량 시스템의 주화면

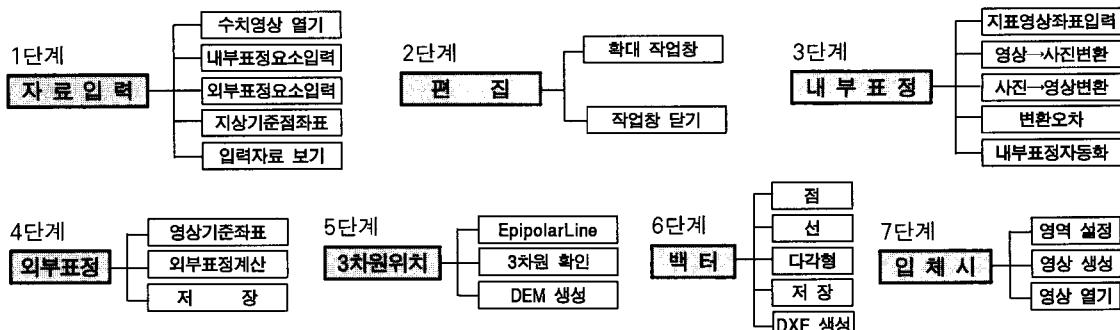


그림 4. 수치사진측량 시스템의 구성 체계도

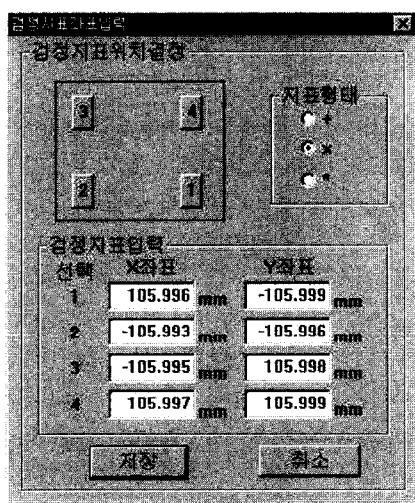


그림 5. 검정지표좌표 입력

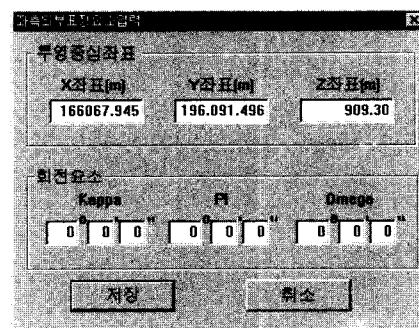


그림 6. 주경동성좌표

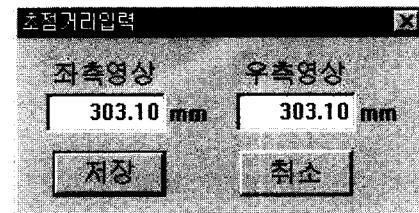


그림 7. 좌측외부표정 입력

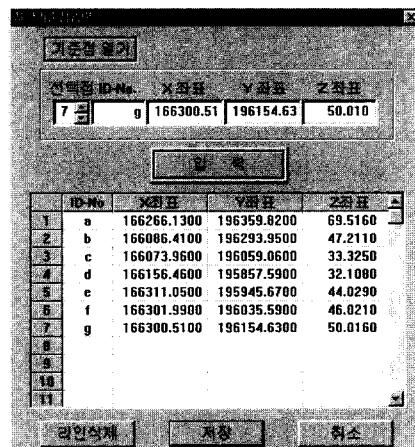


그림 8. 초점거리 입력

우측 수치영상, 내·외부표정요소, 지상기준점을 입력하여야 하며 이런 자료입력을 각 단계별로 대화상자로 구현하였으며, 이런 입력한 자료를 확인할 수 있는 입력자료보기로 구성하였다. 그림 5~8은 초기 내·외부 표정요소입력과 지상기준점 좌표입력 대화상자이다.

#### 2.3.4 편집 모듈

3차원 위치정보를 도출하는데 있어 중요한 요소가 될 지표영상좌표와 영상기준좌표는 보다 정확한 지점의 선택이 가능하도록 임의의 점 주위를 4배 혹은 6배로 확대 가능한 확대창을 설계하였으며 그림 9는 확대창에서 지표영상좌표값을 입력하는 그림이며, 그림 10은 확대창에서의 pop-up 메뉴 그림이다.

#### 2.3.3 자료입력 모듈

3차원 위치정보를 획득하기 위해서는 초기값인 좌

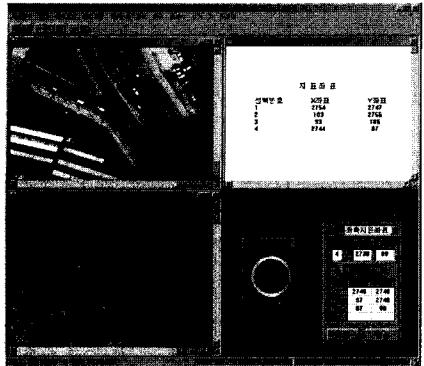


그림 9. 확대창(Zoom Windows) 및 영상기준점좌표 입력

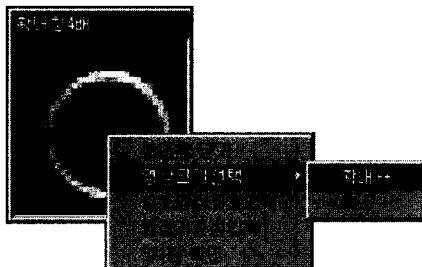


그림 10. 확대창 Pup-up 메뉴

### 2.3.5 내부표정 모듈

항공사진을 수치화하는 과정에서 좌표계의 변환관계가 설정되어야 하고, 취득된 영상좌표계와 항공사진데이터의 사진좌표계를 연결시킬 수 있는 좌표변환을 수행해야 한다. 본 연구에서는 부동각사상변환을 이용하여 두 좌표계를 연결시켰으며, 본 연구의 내부표정 처리에서는 기존의 수동처리 방법인 영상에서 해당 Fiducial Mark의 값을 입력하여 내부표정을 처리하는 것과 Fi-

ducial Mark Library를 생성 혹은 로드시켜 영상정합에 의해 내부표정을 자동적으로 처리하는 기법을 개발하였다. 그림 11은 본 연구의 내부표정 처리 과정이다.

#### 2.3.6 외부표정 모듈

외부표정요소 즉, 촬영된 사진의 투영중심위치( $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ )와 회전요소( $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\chi$ )를 결정하기 위해서 공선조건식을 선형화하여 초기 근사값으로 외부표정요소의 초기값과 지상기준점 및 이에 대응하는 사진좌표를 입력하고 최소제곱법으로 반복 수행하여 외부표정요소를 계산하였다. 계산된 외부표정요소를 이용하여 공간전방교차법(spatial intersection)으로 지상기준점의 좌표와 평균제곱근오차(RMSE)를 계산하였다.

#### 2.3.7 3차원 위치정보 획득 모듈

본 연구에서는 자동 매칭을 통하여 3차원 위치를 결정하였으며 그 처리 과정은 아래와 같다.

##### ① Epipolar Line 생성과 최소탐색영역 설정

그림 12는 좌측영상의 임의의 점에 대응하는 우측영상의 대응점을 찾기 위한 Epipolar Line<sup>6,8)</sup>에 관한 옵션(option)으로서, 영상정합시 임의의 점을 주위로  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ ,  $11 \times 11$ 의 Mask를 기본으로 하고, 사용자가 임의의 Mask를 설정할 수 있도록 디자인하였다. 그리고, 영상정합의 정확성을 향상하기 위해 설정된 Mask와 정확히 일치하는 지점을 찾기 위한 방법으로 Epipolar Line뿐만 아니라 주변지역도 검색이 가능한 다양한 선택옵션으로 디자인하였다. 그림 13은 Epipolar Line 탐색영역설정에 관한 그림이다.

본 연구에서 영상정합시 Epipolar Line의 전체를 따라가며 탐색하는데 걸리는 시간을 절약하기 위해 대상지역의 최저점( $Z_l$ )과 최고점( $Z_h$ )의 높이를 이용하여

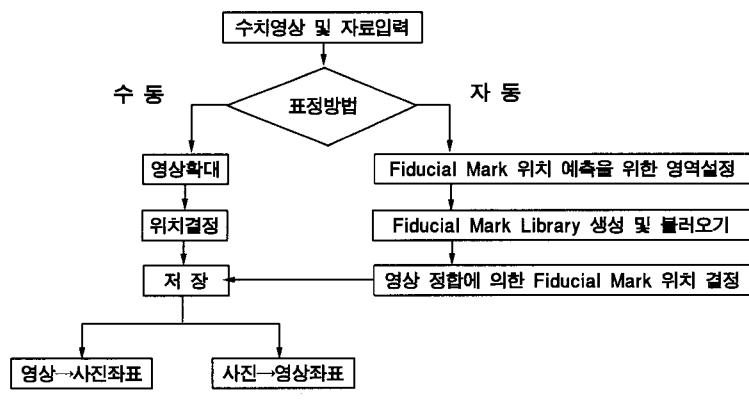


그림 11. 내부표정 처리 과정

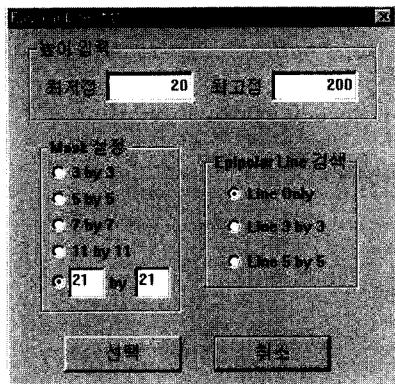


그림 12. Epipolar Line 옵션

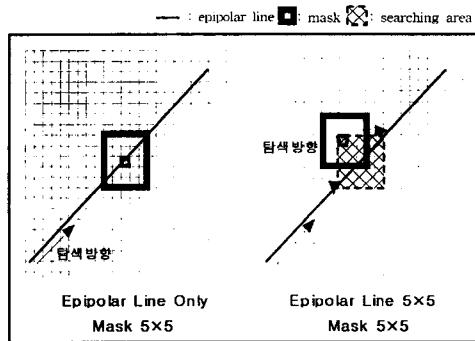


그림 13. 탐색영역 설정

Epipolar Line상의 탐색범위를 제한하는 기법을 적용하였으며 그림 12과 같다.

## ② 영상정합

본 연구에서는 밝기값을 비교하여 공액점(conjugate points) 결정하는 상관계수법을 사용하였으며, 그림 14에 보는 바와 같이 좌측영상에서 임의의 점을 클릭한 곳을 초록색 +표로 표시하였으며, 우측영상에서는 정합과정을 한눈에 살펴볼 수 있도록 하기 위해 빨간색의 Epipolar Line을 나타나게 하였으며, 매칭점을 초록색 +표시로 나타나게 설계하였다.

## ③ 3차원 위치좌표 결정

3차원 위치좌표는 영상정합시 상관계수가 가장 큰 픽셀의 영상좌표를 이용하여 3차원 위치를 결정하였으며, 좌측영상에서 임의의 위치를 클릭하면 우측영상에서 해당점을 찾아 3차원 위치를 확인할 수 있도록 그리드 대화상자(Grid Dialog)에 표시하였다. 그리드 대화상자는 좌·우측영상의 행·열값, X, Y, Z값, 상관계수값으로 구성되어 있으며 그림 15와 같다. 만약, 좌측영상에서 선택한 점이 우측에서 자동매칭이 되지 않을 경우, 그리드 대화상자의 취소&재검색 버튼을 통해 수동으로 해결하였으며, 이 때 정확한 대상물체를 선택하기 위해 확대창을 이용할 수 있도록 설계하였다. 그리고, 획득된 3차원 위치좌표는 파일로 저장할 수 있도록 설계하였다.

### 2.3.8 벡터처리 모듈

자동매칭을 통하여 계산된 3차원 위치정보를 지형지물의 형태에 따라 벡터 파일, 즉 점, 선, 다각형의 벡터

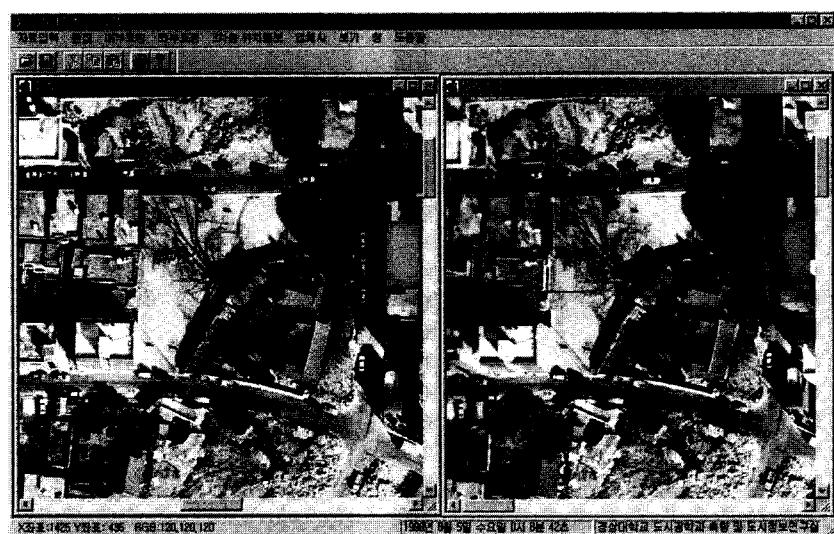


그림 14. 영상정합

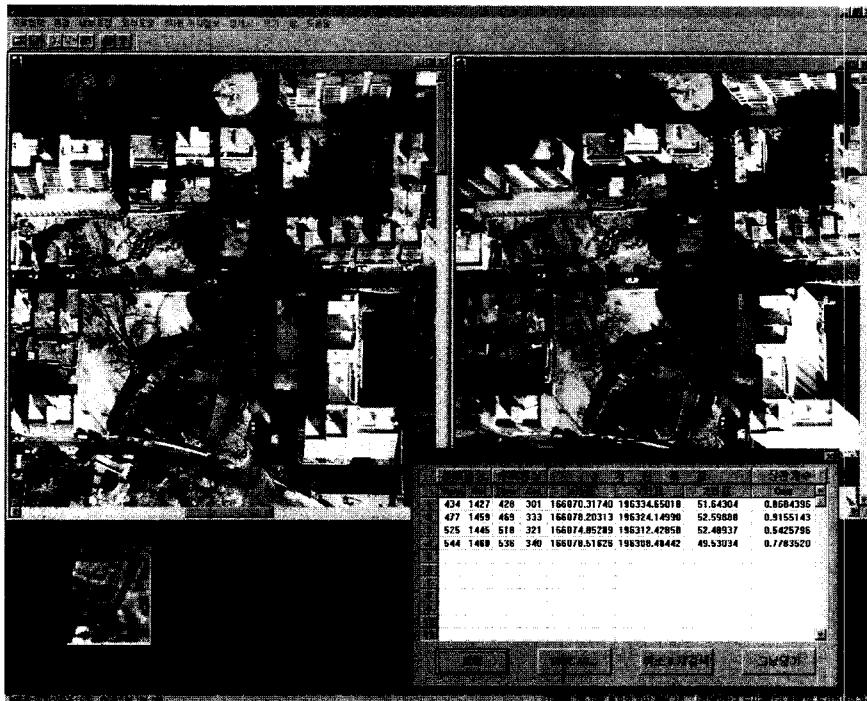


그림 15. 3차원위치좌표

형태로 파일을 생성하였다.

#### ① 벡터 파일 생성

본 연구에서 획득된 3차원 위치정보를 지형지물의 형태에 따라 점, 선, 다각형으로 구성되는 벡터 파일을 생성하였으며, 생성과정은 먼저, 좌·우측 수치영상으로부터 촬영당시의 기하학적 상태를 만족시킨 후 지형적 특색에 따라 영상정합에 의해 벡터 파일로 저장하였으며 그림 16와 같다.

#### ② 벡터 파일 형태

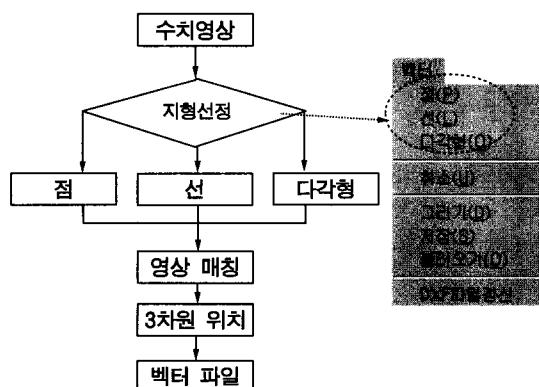


그림 16. 벡터 파일 생성 과정

본 연구의 벡터 파일<sup>9)</sup> 종류에는 가로등, 우체통, 멘홀, 공중전화박스 등의 점(POINT)구조와 도로, 보도 등 시작점과 끝점으로서 표시할 수 있는 선(LINE)구조, 그리고 마지막으로 건물의 모양을 표현하는 다각형(Polygon)구조 등이 있으며, 각 구조들에 대한 3차원 좌표 저장은 그림 17처럼 점, 선, 다각형의 리스트 형태로 순차적으로 변환하여 저장하였다.

#### ③ 수치지도 파일 생성 및 개선

벡터 파일로 저장된 각종 시설물의 점, 선, 다각형 자료를 수치지도의 dxf파일 속성에 추가함으로써 dxf파일 생성 및 개선을 할 수 있는 모듈을 개발하였으며, 그림 18은 수치영상에서 벡터 파일을 생성하는 그림이며 그림 19는 그림 18에서 생성된 벡터 파일을 수치지도의 속성에 추가시켜 개선된 그림이다.

그림 19에서 기존의 수치지도와 새로 생성된 벡터 파일을 비교한 결과 거의 일치하는 것을 볼 수 있으며, 차이가 발생되는 부분은 본 시스템에서 설정한 건물형태경계와 수치지도 제작시 설정된 건물경계의 차이로 인해 발생된 것으로 사료된다.

#### 2.3.9 입체시 모듈

도시지역의 3차원적 지형분석을 위해 여색입체시의

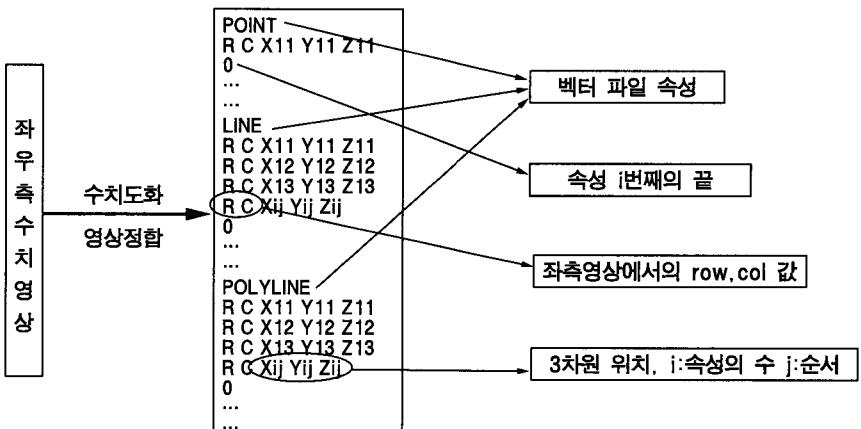
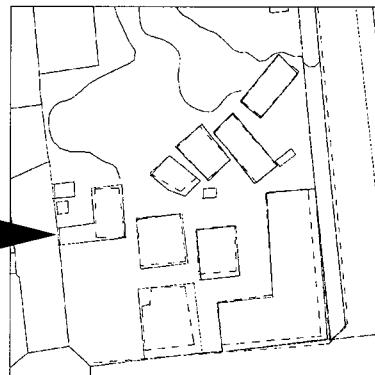


그림 17. 벡터 파일



그림 18. 벡터 파일 생성(수치도화)



— 수치지도  
.... 새로 입력된  
벡터 파일

그림 19. 간신된 DXF 파일

원리를 이용하여 한 쌍의 수치영상을 오른쪽은 청색의 화소값, 왼쪽은 적색의 화소값을 화면에 겹쳐 뿌려서 입체영상을 생성하였으며, 입체 영상 생성시 가장 큰 문제점으로 좌·우측 수치영상에서 동일 물체의 지점 을 대응시키는 것으로 이 문제점은 영상접합을 통해 해결하였으며 그림 20과 같다.

입체영상은 오른쪽에 청색, 왼쪽에 적색의 안경을 통해 봄으로써 입체감을 확인할 수 있다(그림 21, 23). 특히, 본 연구에서 입체시 구현에 있어 고가의 특수장비가 아닌 일반 컴퓨터 모니터를 통해 입체시를 구현하였다.

그림 20에서는 입체영상을 생성하기 위해 좌측영상의 일정영역을 영상정합을 통해 우측영상에서 동일한 영역을 절취하는 그림이며 아래의 대화상자는 입체시를 표현하기 위해 측영방향으로 즉, 우측영상을 Shift한 상

태에서 좌측은 적색, 우측은 청색의 화소값을 겹쳐 뿌려 생성한 영상이 그림 21과 같다.

입체영상은 영상정합뿐만 아니라 파일을 통해서도 입체영상을 생성할 수 있게 하였다(그림 22).

### 3. 결 론

수치사진측량시스템은 상업용으로 개발되어 판매되고 있지만, 모두 외국기술에 의존하고 있어서 국내기술 개발이 절실하며, 3차원 지형분석을 위한 윈도우즈용 수치사진측량시스템을 개발하기 위해 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 수치사진측량기법을 VISUAL C++ 5.0 언어를 이용한 PC용 윈도우즈 수치사진측량시스템 개발하였으

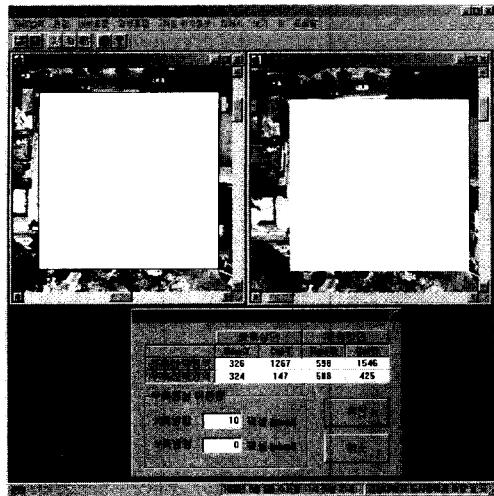


그림 20. 입체영상생성조건

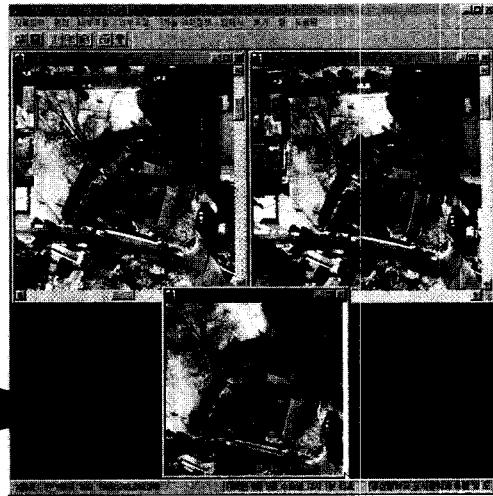


그림 21. 대상지역과 입체영상

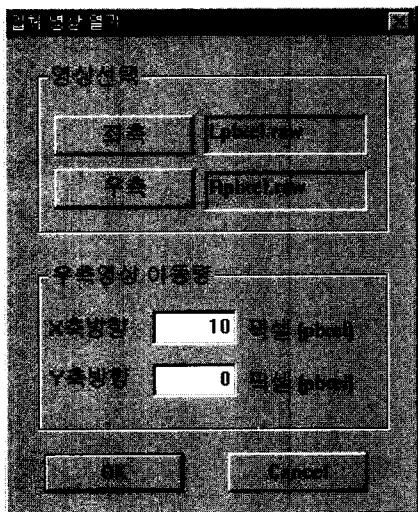


그림 22. 입체영상 열기

며, 그 기능으로써 자료입력, 내·외부표정 계산, 3차원 위치결정, 벡터 생성, 입체시 기능을 포함시켜 사용자가 편리하게 이용할 수 있도록 메뉴형식으로 개발하였다.

둘째, 내부표정을 수동으로 처리하는 것과 Fiducial Mark를 자동매칭하여 내부표정을 자동화 할 수 있는 모듈을 개발하였다.

셋째, 영상정합의 신속성과 신뢰도 향상측면을 위해 다양한 Mask설정( $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ ,  $11 \times 11$ , …), Epipolar Line을 통한 검색옵션(Line만, Line  $3 \times 3$ , Line  $5 \times 5$ ), 자동매칭이 되지 않는 지점을 재처리할 수 있는



그림 23. 입체영상(좌측:적색 + 우측:청색)

기능을 개발하여 3차원 위치 정확도를 향상시켰다.

넷째, 영상정합에 의해 벡터자료를 생성함으로서 수치지도와 연결하여 수치지도 생성 및 수정을 할 수 있는 모듈 개발하였고, 3차원 입체분석을 위해 한 쌍의 항공사진을 영상매칭을 통한 입체영상을 생성하는 모듈을 개발하여 여색입체시를 얻을수 있도록 디자인함으로써 3차원적 분석이 가능토록 개발하였다.

## 참고문헌

1. 유환희, 송영선, 성민규, “도시경관을 위한 수치사진측량과 컴퓨터 그래픽의 적용”, 대한토목학회 논문집, 제

- 17권, 제III-4호, 1997. 363~369.
2. Stewart Walker, Gordon Petrie, "Digital Photogrammetric Workstations 1992-1996", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXX I, B2, 1996.
  3. Eberhard G Ich, "Fundamentals of Softcopy Photogrammetric Workstations", Digital Photogrammetry: An Addendum to the Manual of Photogrammetry, 1996.
  4. G. He, K. Novak, W. Feng, "On the Intergrated Calibration of A Digital Stereo-Vision System", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XX IX, B5, 1992.
  5. K. Novak, "Real-Time Mapping Technology", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XX IX, B2, 1992.
  6. 유환희, 김의명, "수치사진측량기법을 이용한 실시간 매핑 S/W개발", 대한토목학회 논문집, 제16권, 제III-1호, 1996. 37-45.
  7. Cho, W., Schenk, A.F., "Resampling Digital Imagery to Epipolar Geometry", The Ohio State University, Report No. 418, 1992, 37~43.
  8. M.J. Lemmens, "A Survey on Stereo Matching Techniques", ISPRS Commission V, Vol. 27, 1988, 11~23.
  9. Owen Ransen, "AutoCAD programming in C/C++", WILEY, 1997. 452~465.