

# 소규모지역에서 3차원 정사사진 구현을 위한 GPS와 EDM의 적용

## Application of the GPS & EDM System for 3D Orthophoto in Small Area

최 현, 추태호\*  
 경남대학교 토목공학과, 부산대학교 산업토목과\*

Choi Hyun, Choo Tae-Ho\*  
 Kyungnam Univ., Pusan Univ.\*

### 요약

GPS 측량은 Multi-path 오차가 발생하기 때문에 도심 지역이나 숲이 있는 항공사진에서는 지상기준점을 잡기 위해 GPS 측량이 어렵다. 본 논문은 소규모 지역에서 3차원 정사사진 구현을 위한 GPS와 EDM의 적용에 관한 연구이다. 삼각점에서 연구대상지역에 대한 기준점을 내린 다음 EDM으로 정밀삼각측량으로 지상기준점을 선정하였다. 그리고 항공사진을 정사투영사진으로 변환하기 위해 획득된 지상기준점을 적용하였다. 그리고 연구대상지역에 대하여 항공정사사진을 이용한 3차원 모델링을 구현하여 향후 추진될 3차원 GIS 구축을 위한 항공사진의 활용방안에 대해서 연구 하였다. Multi-path 오차로 기인하는 GPS수신이 어려운 지점을 EDM을 이용하여 영상에서 균등히 분포된 지상기준점의 획득이 가능하였고 3차원 공간정보 자료구축에서 가장 기본이 되는 소규모 지역에서 항공사진의 활용이 가능할 것으로 판단되었다.

### Abstract

It's very difficult to acquire the accurate GCP(Ground Control Point) in the urban center and forest aerial photo because of occurring of irregular multi-path error. The purpose of this study is to apply the GPS and the EDM system for 3D orthophoto in the small areas. GCPs surveyed by accuracy triangulation from EDM after from triangulation points to a fiducial point at study area used to GPS. And I have a comment on how to use areal orthophoto for future 3D-GIS after 3D-Modelling using areal orthophoto. As the results, EDM surveying could resolve multi-path error according to GPS surveying and It is possible for using aerial orthophoto on the basis of the 3D-GIS database.

## I. 서론

수치정사사진에 대한 연구는 1990년대 정밀편위수정법을 적용하여 GIS자료와 수치정사사진을 중첩시켜 편위수정의 정확도를 비교하여 항공사진과 위성영상의 활용가능성이 제시 되었다[1]. 2000년대에는 지형정보의 3차원 전달의 필요성에 의해 3차원 수치영상에 관한 연구가 많이 이루어 졌다[2, 3]. 이와 같이 기존의 2차원 GIS시스템이 가지는 공간적 한계를 극복하기 위해 항공사진의 활용은 그 대안이 되고 있다.

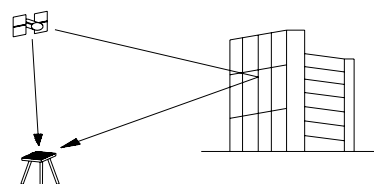
현재 각 기관에서는 이용목적에 따라 적정 축척의 항공사진을 주기적으로 수집 하고 있다. 서울시를 비롯한 몇몇 지방자치단체에서는 특정 지역의 변동 상황을 주기적으로 파악하고자 비교적 높은 축척의 항공촬영을 수행하고 있고, 임업연구원의 경우 식생의 현황을 파악하고 임상도와 같은 주제도를 제작하는 데 이용하고자 별도의 항공사진 촬영을 수행하고 있다. 그러나 주기적으로 촬영된 항공사진은 아직까지 육안 판독을 그 주목적으로 하고 있으며, 사진 자료의 형태 역시 필름 또는 인화지 형태로 되어 있기 때문에 이들에 대한 효율적 관리가 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 소규모지역에 대하여 GPS기준점 측량과 삼각수준측량으로 지상정밀기준점을 선정한 후 항공정사사진을 만든 뒤에 3차원 모델링 구현하여 향후 추진될 3차원 GIS의 활용에서 항공사진의 활용방안에 대해서 연구 하였다.

## II. 기본이론

### 1. GPS

GPS 측량방법에는 절대위치법과 상대위치법으로 크게 나뉘어진다. 상대위치법에 비해 정밀도가 많이 떨어지는 절대위치법(Absolute GPS)은 GPS 수신기 1대를 사용해서 위치를 측정하는 방법으로 일반 항법이나 군사용 독도법, 그리고 대도시 GIS 구축을 위한 기본 자료용으로 많이 이용된다.



▶▶ 그림 1. 멀티 패스 오차

GPS 수신기는 4개 이상의 위성으로부터 시각정보를 담은 신호를 수신 받아 위치측정에 이용한다. 신호가 위성에서 수신기까지 이르는 동안 여러 오차 요인으로 인하여 이 신호는 정확도가 떨어지게 되는데 각 위성의 신호가 이런 식으로 오차를 포함하고 있으므로 이들을 이용하여 계산한 위치정보도 어쩔 수 없이 오차를 수반하기 마련이다. 오차가 발생하는 가장 큰 오차는 AS와 SA를 들 수 있으며, 위성의 시계오차는 지상 관제부문에 의해 수정되지 않은 상태의 오차이며, 대류권 오차는 지표에서 8-13 km 사이에서 발생한다. 그리고 전리층은 지표에서 50-200 km 사이에서 오차가 발생한다.

구조적인 요인에 의한 오차는 위성에 탑재된 원자시계의 오차, 위성궤도의 오차, 전리층과 대류권에 의한 위성 신호전파의 지연에 따른 오차, 그림 1과 같은 구조물의 영향을 받는 멀티패스에 의한 오차, 수신기 자체의 전자과적 잡음에 의한 오차 등이 있다. 이 오차들은 대부분 DGPS(Differential GPS) 나 RTK(Real Time Kinematic Surveying) 등의 상대 측량 방식으로 오차를 소거할 수 있으나 멀티패스 오차는 제거가 힘들다. 따라서 건물이 많은 지역에서는 항공사진이나 고해상도 위성영상의 좌표등록을 위해서 GPS 측량이 매우 어렵다.

## 2. 항공사진의 표정

사진의 표정에는 내부표정과 외부표정으로 나누어지는데 내부표정(interior orientation)은 관측된 상좌표(image coordinate)를 사진좌표(photo coordinate)로 변환하는 작업이다. 8점의 지표의 관측좌표와 대응하는 사진좌표를 이용하여 최소제곱법으로 변환식의 계수를 구한다. 사진좌표변환에 이용되는 관측방정식에는 3가지가 있으며, 본 연구에서는 부등각사상변환 (affine transformation)을 이용하여 내부표정을 수행하였으며 식(1)과 같다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_x & 0 \\ 0 & s_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

외부표정은 좌우 사진좌표로부터 해석적으로 입체모형 좌표를 얻는 작업인 상호표정(relative orientation)과 사진간, 입체모형간, 종접합모형(strip)간을 접합하여 좌표계를 통일시키는 작업인 접합표정(successive orientation)과 가상좌표를 대상물의 절대좌표로 환산하는 작업인 절대표정(absolute orientatnion)으로 세분된다. 외부표정요소는 이미지가 노출 또는 획득된 순간의 특징들과 연계되어 정의한다. 촬영중심점의 좌표값 중 는 앞의 과정에 의해서 구해진 각 사진지표의 위치를 이용하여 계산되었으며, 값은 카메라의 평균 고도 값을 적용하였다.

## III. 기본이론

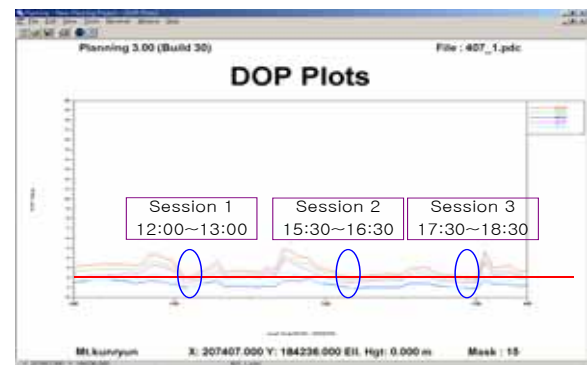
### 1. 지상기준점 선정을 위한 GPS 측량

GPS측량은 지상에 DGPS 기준점을 설치한 후 항공사진에서 보이는 삼각점을 중심으로 지상기준점을 설치하기 위해 삼각수준측량을 실시하였다.

[표 1] 삼각점 좌표

번호	장소	삼각점(m)		
		x	y	z
No. 422	황령산	427.63	184236.814	207407.778
No. 420	금련산	225.57	183613.499	209158.825
No. 407	이사벨	45.73	188294.773	206975.409

표 1에서는 GPS 측량에 사용된 삼각점 및 좌표를 나타내고 그림 2는 연구대상지역의 420번 삼각점의 모습을 나타낸다. GPS측량결과는 후처리 시 고정점으로 사용하기 때문에 성도가 고시된 국가 기준점에 설치하였다. 우선 Planning 작업을 하기 위해서는 알마낙 데이터가 필요한 데 활용 가능한 알마낙 데이터의 유효기간이 30일 이므로, 학교 내에서 미리 GPS데이터를 받아 Planning 작업을 수행하였다. 그림 3은 새프로젝트를 만들어서 알마낙 데이터를 불러오는 화면이다.

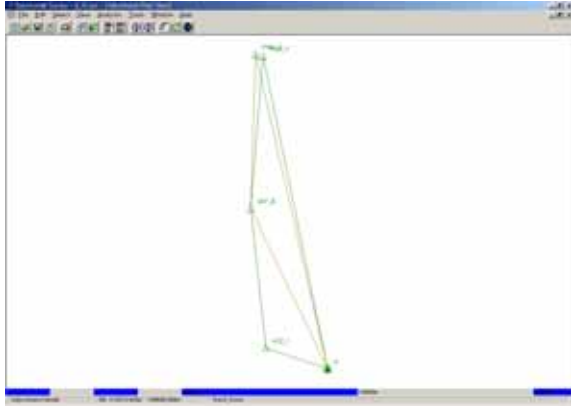


▶▶ 그림 2. DOP 표

삼각점에서 연구대상지역까지 지상기준점을 선정하기 위한 GPS 수신을 위해서는 시간대별 위성의 상황을 시간대별로 관찰하여야 하는데 본 연구에서는 오전 10시부터 오후 8시까지로 시간범위를 잡아 위성상태를 2005년 3월 30일 오전 10시부터 오후 8시까지 부산에서 GPS의 DOP 및 수신가능 조건을 조사하였다.

Planning 프로그램에서 나온 결과를 종합적으로 검토하여 세션시간을 선정하였는데, 위성의 여러 가지 상황중에서도 가장 데이터의 정밀도에 큰 영향을 미치는 DOP 수치를 우선으로 하여 세션시간 계획을 수립하였다. 우선 정밀 Static 측량의 경우 DOP는 4이하이고, 가장 최적의 상태는 2이하의 시간

대를 선별하여 측량을 한다. 위의 그림 3 에서 나타난 바와 같이 12:00~13:00, 15:30~16:30, 17:30~18:30 시간대에 가장 DOP수치가 이상적이므로, 이 시간대를 기준으로 하여 세션 시간을 결정하였다.



▶▶ 그림 3. 망 조정

GPS 데이터를 수신한 후 실용좌표로 변환을 하기 위해서 후처리를 실시하였으며 사용된 프로그램은 Spectrum surveing 3.2를 활용하였다. 그림 4은 후처리를 위한 삼각망을 조정하는 모습이다.

### 2. 정밀 삼각수준측량을 위한 EDM 측량

부산대학교 내에서 정사투영사진지도 제작을 위한 GCP(Ground Control Point) 선점 및 제작을 위하여 정밀 측량장비인 EDM을 활용하여 부산대학교 내 GCP를 선점하였다. 먼저 GPS 측량으로 두개의 기지점의 좌표를 획득하여 모든 좌표를 측정하였다. 장비의 특성상 정밀 GPS측량에서도 수준점 (Z값)의 측정을 위하여 부산대학교 내에 설치된 수준점을 부산대\_1 점(물리관 옥상)에서 장비의 이동 없이 높이값을 측정하여 각각의 점에 대한 높이를 결정하였다. 표 4는 정사사진을 제작하기 위해 필요한 정밀삼각수준측량으로 측정된 지상기준점을 TM 좌표로 변환한 것이다.

[표 4] 지상 기준점

번호	측점 명칭	측량좌표(m)		
		N	E	Z
1	TA1	192754.679	207066.677	77.045
2	TA2	192689.245	207153.311	69.935
3	TA3	192759.110	207005.229	89.808
4	TA4	192741.176	207164.896	65.870
5	TA5	192758.405	206988.027	90.780
6	TA6	192732.625	207006.364	89.302
7	TA7	192732.877	207013.637	89.334
8	TA8	192724.045	207014.071	89.320

9	TA9	192866.966	207083.310	77.607
10	TA10	193001.359	207116.886	78.290
11	TA11	193078.128	207135.479	86.190
12	TA12	192780.595	207072.763	77.011
13	TA13	192745.872	207098.606	77.059
14	14	192925.435	206935.030	103.300
15	15	192940.174	206882.365	111.797
16	16	192694.585	206881.955	107.330
17	17	192660.349	206877.601	107.334
18	18	192638.489	207045.200	84.418
19	20	192609.359	207036.109	84.758
20	22	192700.311	207012.136	87.982
21	23	193042.711	207141.577	78.482
22	24	193023.202	207175.705	76.021
23	25	193068.338	207200.464	78.499
24	26	193055.174	207225.372	77.033
25	27	192861.834	207310.172	52.701
26	28	192871.868	207411.038	52.854
27	29	192930.650	207413.468	54.698
28	30	192940.564	207413.684	54.862
29	31	192686.129	207470.396	34.843
30	32	192681.450	207453.544	34.481
31	33	192665.131	207448.121	34.572
32	34	192624.772	207432.734	34.565
33	35	192506.323	207275.348	51.476
34	36	192608.563	207249.606	56.423
35	37	192622.164	207219.491	61.312

### 3. 정사항공 사진 제작

수치화된 항공사진은 주변부의 경사에 따른 지형왜곡과 카메라나 센서의 표정, 지형의 굴곡, 지구 곡면, 필름과 스캐너의 왜곡, 측량 오차 등이 많이 포함되어 있기 때문에 보정과정을 거쳐야 한다. 이러한 과정을 거친 사진을 정사사진이라 한다[5].

수치영상을 기하보정 하기 위해 사용되는 이론은 polynomial 변환식, multi-surface(radial basis) funtions, finite element analysis(rubber sheeting), collinearity 방정식 등의 모델링 방식이 적용될 수 있다. 가장 적절한 모델링 방식을 선택하는 것은 데이터 자료와 데이터의 사용 가능성에 좌우되는데, 정사투영 보정을 기초로 하는 Collinearity 방정식은 센서와 카메라의 표정, 지표의 변위, 지구곡면을 자신의 모델링 프로세스 내부에 포함시키기 때문에 가장 신뢰할 수 있는 결과를 제공한다.

정사 투영 사진은 GIS에서 필요한 정보들을 취득하기 위해 사용되거나 현존하는 GIS데이터를 갱신하고 유지하기 위한 참조 이미지의 역할을 할 수 있다. 본 연구에서 사용된 영상 처리소프트웨어인 IMAGINE OrthoBASE는 프로세스를 self-calibrating bundle block adjustment 방식을 통해 수

행하기 때문에 각 영상의 기하학적인 상태와 상관관계를 결정할 수 있다. 따라서 입체영상이 블록에 포함되어 있을 경우에는 예전처럼 많은 지상기준점들이 필요하지 않는 장점이 있었다. 일반적으로 수치지상사진에서 Fiducial Mark의 RMSE오차는 0.33 픽셀보다 작아야하는데 본 연구에서는 0.09 픽셀로 양호함을 알 수가 있었다. 그림 8은 정사투영사진으로 만든 3차원 정사투영사진이다.



▶▶ 그림 8. 정사투영사진으로 만든 3차원정사투영사진

## V. 결 론

최근 2차원 정보의 한계를 극복하기 위해 3차원 GIS에 대한 관심이 증대 되고 있다. 이에 따라서 국토 및 해양자원의 효율적인 활용의 필요성이 대두되어 과학적이고 체계적인 3차원 공간정보 관리와 분석기법이 요구되고 있다.

본 연구는 3차원 GIS의 기본이 되는 소규모지역에서 3차원 정사사진 구현을 위한 GPS와 EDM으로 정밀삼각수준측량으로 지상기준점을 설정한 다음 항공사진을 정사투영사진으로 제작하여 Virtual GIS의 기본자료 구축과정에 관한 연구를 수행하였다. 본 논문에서는 Multi-path 오차로 기인하는 GPS수신이 어려운 지점을 EDM을 이용하여 영상에서 균등히 분포된 지상기준점의 획득이 가능하였다. 3차원 공간정보 자료구축에서 가장 기본이 되는 소규모 지역에서 자료구축에 대한 연구를 수행하였기 때문에 항공사진의 적절한 활용방안에 대한 제안이 될 것으로 판단된다.

향 후 추진될 제 3차 국가 GIS 기본계획은 GIS를 중심으로 현실공간과 가상공간을 통합하는 것으로 알려지고 있다. 컴퓨터의 성능은 비약적인 발전을 이루어지고 있으나 3차원 GIS의 활용은 비교적 단순한 3차원 공간의 표현 및 관리 등에 적용되고 있다. 향 후, 유동인구가 많은 공원이나 유원지 또는

기타 장소를 3차원 공간정보 기반의 Web-GIS 뿐만 아니라 향 후 진행될 4차원 시공간 지리정보 구축에 본 논문이 많은 활용이 될 것으로 보인다.

## ■ 참고 문 헌 ■

- [1] Kurt Novak, " Integrating digital photogrammetry and gis", ASPRS/ACSM/RT 92 Vol. 2 Photogrammetry and Su rveyin g, Washington, D.C.
- [2] Yokoyama, A., Oyaizu, H., Yoshigahara, T., Hyashi, K., Miwa, Y., Ushira, T.(2000), 3차원 영상미디어의 컴퓨터 합성기술: 3차원 영상의 입력기술 및 실시간 스테레오 카메라 영상정보미디어학회지, 제 54권 제 3호, pp.328-331.
- [3] 최현, 강인준, 홍순현, (2005), 3차원수리상사모형 해석을 위한 근접수치사진측량의 적용에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제 25권 제 3D호, pp.489-494.
- [4] Alfred, L., " GPS satellite Surveying", John Wiley & Sons, 2nd ed., 1995.
- [5] Pau l R. Wolf, "Elements of Photogrammetry " McGrawHill International Book Comp any, 326-328, 1983.