

GPS 위성신호의 처리시간에 따른 GPS/INS 사진기준점측량의 정확도 GPS/INS AT(Aerial Triangulation) Evaluation According to GPS Processing Time

이승헌¹⁾ · 위광재²⁾ · 김승용³⁾ · 이재원⁴⁾

Lee, Seung Huhn · Wie, Gwang Jae · Kim, Seung Young · Lee, Jae Won

¹⁾ 한진정보통신 GIS 사업부문(E-mail:shlee4@hist.co.kr)

²⁾ 한진정보통신 GIS 사업부문, 성균관대 건설환경시스템공학과 박사과정 수료(E-mail:gjwe@hist.co.kr)

³⁾ 한진정보통신 GIS 사업부문(E-mail:sykim00@hist.co.kr)

⁴⁾ 동아대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail:jolee@donga.ac.kr)

요 지(Abstract)

As GPS 'selective availability' was turned off in 2000, GPS related fields and markets are explosively extended. In mapping area, GPS/INS aided photogrammetry proved it is much cost and time effective method keeping enough accuracy as compared with traditional photogrammetry works. The advantage of GPS/INS integration is interdependence. Even if GPS signal was blocked in some time, the position accuracy is not affected. In this study, various GPS signal time gap was used in GPS/INS AT process. Field surveyed ground points were used in accuracy check with GPS/INS AT check points. And the result showed enough accuracy of photogrammetry work rule of NGII. y.

1. 서 론

2000년 5월, 미국의GPS위성에 대한 SA의 해제는 저가형 GPS의 이용만으로도 높은 정확도를 얻는 것이 가능하게 되었고, GPS를 이용한 응용분야나 관련시장의 성장과 사용자의 증대에 크게 기여하였다. 더불어 GPS를 이용한 항법시스템, GPS 폰 등 위치기반서비스가 크게 주목받고 있는 가운데, GPS를 이용한 측량기술의 발전도 함께 이루어져가고 있다.

항공사진 측량의 경우, 전통적인 재래식 AT에서 GPS를 이용한 GPS AT와 이동체의 위치와 자세의 분석이 가능한 GPS/INS를 이용한 AT, 또한 최근에는 레이저를 이용한 Lidar 시스템 등 그 응용과 개발이 활발하다.

GPS/INS를 이용한 항공사진측량의 정확도는 기존의 항공사진측량의 정확도에 준하는데 반해 비용측면에서는 현격한 절감을 보여 주고 있다. 또한 GPS/INS가 가지는 최대의 차별성과 장점은 GPS 신호가 일정시간 수신되지 않더라도 그 정확도의 유지가 가능하다는 것이다. 따라서 본 연구에서는 GPS신호가 차단된 경우를 산정하여 그 정확도를 비교해보고자 한다.

2. 연구지역 및 사용장비

연구 지역은 경기도 과천시지역이며, 1/5,000축척의 항공사진측량을 실시하였다. 기존방식의 항공사진측량을 위한 지상측량을 실시하였으며, 본 실험에서는 이러한 지상측량점을 이용하였다. 사용된 항공용 GPS/INS 시스템은 캐나다 Aopplanix사의 POS/AV 510 모델이다. 그 정확도는 후처리된 기준으로 위치

는 수 cm, 회전각은 0.005~0.008 deg의 정도를 가지고 있다.

표 1. GPS/INS 시스템의 정확도

	C/AGPS	DGPS	PostProcessed
Position	10~50	0.5~2	0.05~0.3
Velocity (m/s)	0.2	0.05	0.005
Roll&Pitch(deg)	0.016	0.008	0.005
TrueHeading(deg)	0.08~0.16	0.05	0.008

표 2. GPS/INS 시스템의 물리적 사양

크기	IMU	10.9cm D 8.9 cm H
	PCS	19" rack mount, 2.5U 33.5cm 48.3 cm 11.1 cm
무게	IMU	1.6 kg
	PCS	7.7 kg
전원	PCS	28VDC 150W(max) PCS로부터 IMU 전원이 공급
온도범위	IMU	-20 deg C to + 60 deg C
	PCS	0 to + 60 deg C
습도	PCS	5 to 95% RH non-condensing

3. 정확도 검사

항공사진측량에 있어, DGPS처리를 위해서는 적어도 5개 이상의 GPS 위성신호가 전체 촬영시간동안 수신되어야 한다. 그렇지 않으면 DGPS처리가 불가능하다. 그러나 GPS/INS의 장점은, 데이터 수집과정에서 연속적으로 GPS신호가 수신되지 않더라도 해당 부분의 위치정보를 계산할 수 있다. 이것은 INS의 자세정보를 이용하기 때문에 가능하다.

본 실험에서는 충분한 수의 위성신호가 수신되지 않은 상황을 재현하기 위해 GPS 신호를 1초, 30초, 45초, 60초 간격으로 처리하였다. 그리고 GPS/INS의 정확도를 향상시키기 위해 6점의 지상기준점을 사용하여 GPS/INS AT를 수행하였다. GPS/INS 정확도 검증은 실제 측량데이터를 검사점으로 사용하여 GPS/INS AT에서 취득된 검사점의 좌표와 비교하였다.

3.1 촬영 내용

촬영은 비행고도 약870m에서 1/5,000축척으로, 5개 스트립에서 97매가 촬영되었다. 비행이 진행되는 동안 항공기 및 지상에서 동시에 GPS 관측이 되었으며, 이를 이용하여 후처리를 실시하였다.

표 3. 촬영내용

촬영내역용	세부사항	
촬영일자	2002년 2월 26일	
항공기	Cessna 208	
비행속도	250km/h	
촬영 소요시간	1hr 30min	
촬영용 카메라	RC 30 (f=152.486mm)	
카메라 노출간격	Auto(6-7sec)	
블럭의 크기	3km × 6.3km	
축 척	1/5,000(비행고도 875m)	
중 복 도	P=75%, Q=45%	
사진 및 스트립 수	97매 5스트립	
Object points	103Point	
기준점 숫자	88(48 : 평면, 40 : 표고)	
정확도	Sx,y=±2cm, Sz=±3cm	
투영중심의 정확도	Sx,y=±9cm, Sz=±4cm	
GPS 수신기	항공기	Novatel Millenium 2000
	지상	Leica AT502

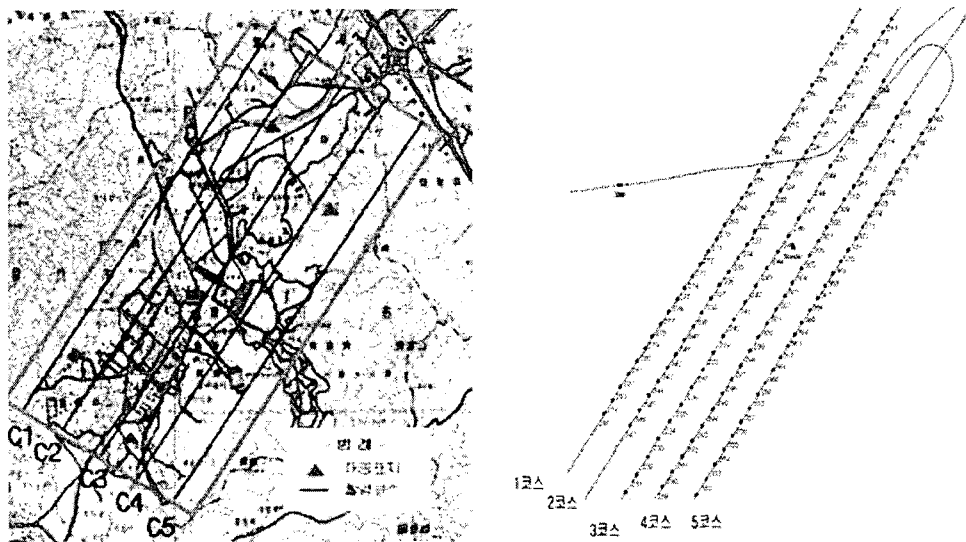


그림 1. 지도상의 코스 및 GPS/INS 실제촬영코스

3.2 정확도 검사

AT 수행은 WGS84좌표를 기반으로 한 UTM좌표를 이용하였고, 높이값은 WGS 타원체고를 사용하였다. 그림 2는 재래식 AT의 기준점 분포도이며, 그림 3은 GPS/INS AT를 위한 지상기준점 배치이다.

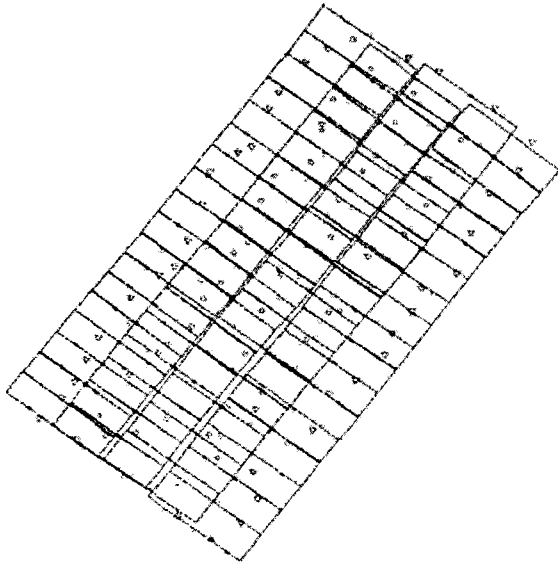


그림 2. AT블럭내의 전체 기준점의 분포

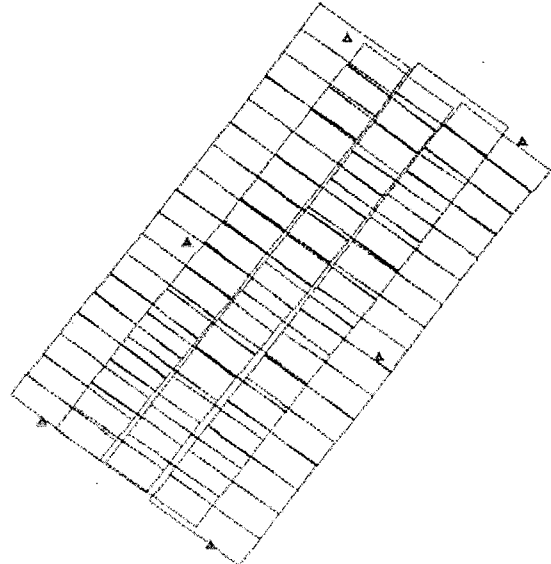


그림 3. GPS/INS AT를 위한 기준점의 분포

본 연구에서는 BINGO 소프트웨어를 이용하여 AT과정을 수행하였고, BINGO에서 이용한 변수값들은 표 4와 같다.

표 4. BINGO를 이용한 GPS/INS 데이터 처리환경

내용		개수	단위	정확도		
				SD_x	SD_y	SD_z
Tie Point		133	μm	6	6	
Pass Point		70	μm	6	6	
지상기준점	평면점	47	cm	5	5	
	수직점	87	cm			10
GPS/INS 데이터	GPS 정확도		cm	15	15	15
	INS 정확도		gon	0.008	0.008	0.008

그림4는 GPS/INS 정확도 검증을 위해 사용된 점사점의 블록내 배치이다.

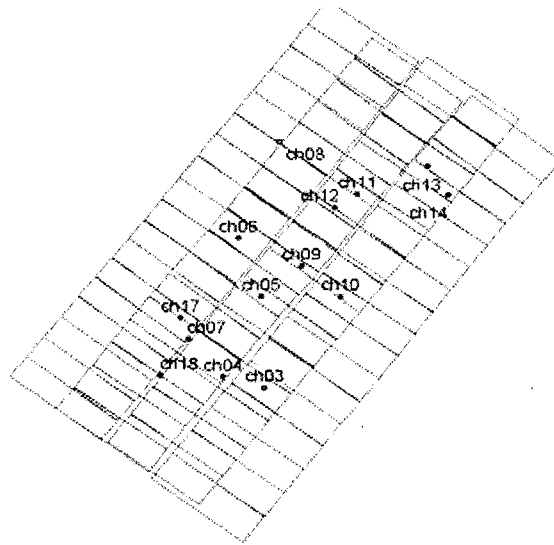


그림 4. 블록내에 설치된 검사점의 분포도

검사점에 대한 정확도는 재래식 AT, GPS 위성신호를 1초, 30초, 45초, 60초 간격으로 처리한 후 GPS/INS AT를 수행한 경우의 6점의 검사점에 대한 각각의 정확도를 비교하였다.

표 5. 재래식 AT의 검사점 정확도

검사점	dx(m)	dy(m)	dz(m)
CH03	-0.028	-0.139	0.027
CH04	-0.017	0.019	0.169
CH05	-0.043	-0.031	0.046
CH06	0.064	0.039	0.024
CH07	-0.019	0.002	0.200
CH08	-0.002	-0.095	-0.073
CH09	-0.191	0.019	0.286
CH10	-0.091	-0.120	0.053
CH11	-0.024	-0.051	-0.037
CH12	-0.077	-0.042	-0.115
CH13	0.061	-0.002	-0.042
CH14	0.003	-0.015	-0.053
CH17	-0.041	-0.092	0.181
CH18	-0.153	-0.119	0.222
avg	0.058	0.056	0.109
stdev	0.056	0.047	0.086

표 6. GPS/INS AT의 검사점 정확도(1초)

검사점	dx(m)	dy(m)	dz(m)
CH03	0.085	-0.175	0.086
CH04	0.127	-0.053	0.174
CH05	0.084	-0.093	-0.038
CH06	0.168	-0.032	-0.006
CH07	0.118	-0.064	0.185
CH08	0.092	-0.070	-0.195
CH09	-0.039	-0.007	0.044
CH10	0.064	-0.161	-0.033
CH11	0.096	-0.020	-0.187
CH12	0.040	-0.032	-0.272
CH13	0.190	0.061	-0.187
CH14	0.188	0.092	-0.234
CH17	0.105	-0.172	0.173
CH18	-0.012	-0.193	0.234
avg	0.101	0.088	0.146
stdev	0.054	0.063	0.087

표 7. GPS/INS AT의 검사점 정확도(30초)

검사점	dx(m)	dy(m)	dz(m)
CH03	0.091	-0.181	0.070
CH04	0.130	-0.058	0.161
CH05	0.084	-0.098	-0.036
CH06	0.168	-0.036	-0.001
CH07	0.119	-0.065	0.176
CH08	0.092	-0.081	-0.183
CH09	-0.040	-0.013	0.054
CH10	0.062	-0.168	-0.023
CH11	0.094	-0.032	-0.176
CH12	0.038	-0.043	-0.260
CH13	0.186	0.044	-0.174
CH14	0.185	0.079	-0.230
CH17	0.106	-0.173	0.169
CH18	-0.014	-0.194	0.219
avg	0.101	0.090	0.138
stdev	0.054	0.062	0.084

표 9. GPS/INS AT의 검사점 정확도(45초)

검사점	dx(m)	dy(m)	dz(m)
CH03	0.098	-0.191	0.053
CH04	0.133	-0.059	0.154
CH05	0.091	-0.101	-0.040
CH06	0.168	-0.035	0.006
CH07	0.118	-0.061	0.180
CH08	0.088	-0.076	-0.179
CH09	-0.034	-0.016	0.041
CH10	0.073	-0.176	-0.049
CH11	0.097	-0.036	-0.180
CH12	0.041	-0.045	-0.265
CH13	0.184	0.040	-0.175
CH14	0.189	0.080	-0.237
CH17	0.104	-0.167	0.174
CH18	-0.015	-0.188	0.225
avg	0.102	0.091	0.140
stdev	0.053	0.063	0.085

표 8. GPS/INS AT의 검사점 정확도(60초)

검사점	dx(m)	dy(m)	dz(m)
CH03	0.091	-0.193	0.064
CH04	0.128	-0.065	0.156
CH05	0.090	-0.105	-0.047
CH06	0.174	-0.044	0.000
CH07	0.118	-0.067	0.170
CH08	0.092	-0.086	-0.177
CH09	-0.033	-0.022	0.036
CH10	0.072	-0.173	-0.042
CH11	0.093	-0.033	-0.177
CH12	0.038	-0.046	-0.267
CH13	0.178	0.047	-0.154
CH14	0.177	0.087	-0.212
CH17	0.109	-0.174	0.162
CH18	-0.022	-0.191	0.214
avg	0.101	0.095	0.134
stdev	0.051	0.062	0.081

처리시간에 따른 AT 정확도를 도표로 나타내면 아래의 그림 5와 같다. 국토지리정보원의 항공사진측량작업내규에 따르면 조정계산 및 오차의 표준편차 한계는 0.02%Z(m)~0.04%Z(m)이다. 이를 촬영 평균고도값을 사용하여 허용오차를 계산하면 허용오차는 17.5cm, 허용최대오차는 35cm 수준이다. 따라서 처리방법별 GPS/INS AT의 결과는 국토지리정보원의 항공사진측량 정확도를 만족함을 알 수 있다.

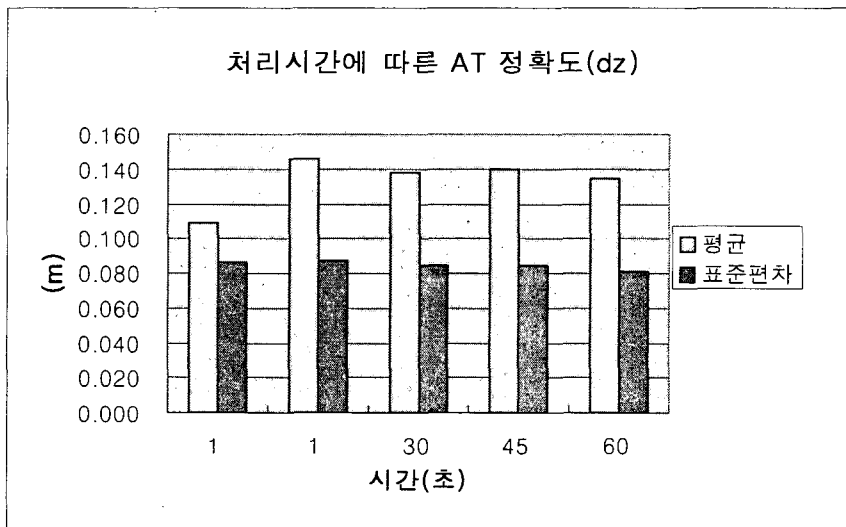
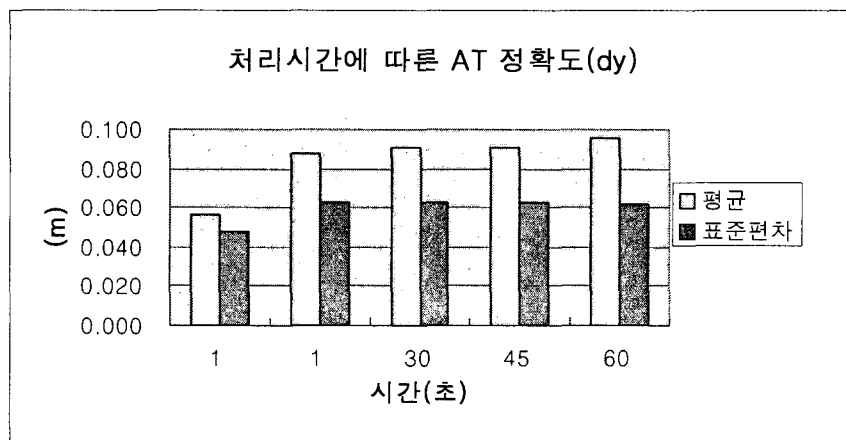
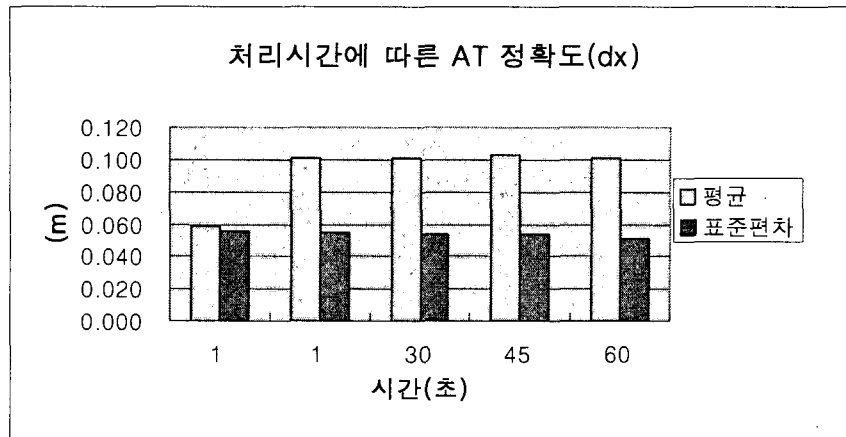


그림 5. 처리시간에 따른 AT정확도

처리시간에 따른 AT 정확도를 보면 충분한 지상기준점을 사용한 재래식 AT가 6점의 기준점을 사용한 GPS/INS AT보다 성과가 좋음을 알 수 있다. 검사점의 정확도 검사에서, 재래식 AT는 잔차의 평균이 평면에서 7cm가 좋았고, 높이에서 4cm 정도가 좋았다. 그러나 표준편차는 재래식 AT와 GPS/INS AT가 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 이것은 Boresighting 같은 GPS/INS의 Calibration에서 생기는 오차로 해석할 수 있겠다. 또한 GPS/INS AT 오차의 경우, 높이값(dx)에 대한 오차가 가장 크게 나타났다. 이것은 촬영순간에 GPS/INS의 기준평면이 매순간 지표면에 수직으로 변화하고, 이것은 높이값에 가

장 큰 영향을 미치게 되기 때문이다.

4. 결론

GPS/INS장비를 사용하여 AT 수행시, GPS 신호가 불연적으로 취득되었을 경우 GPS/INS AT의 정확도를 알아보고자 하였다. GPS/INS AT의 수행조건은 다음과 같다.

- 1) 6개의 지상기준점을 이용하여 AT 수행
- 2) WGS84 UTM좌표계의 사용으로 좌표변환과정을 생략
- 3) GPS 신호를 1초, 30초, 45초, 60초 간격으로 처리하여 GPS/INS AT를 수행하였다.

GPS/INS AT의 정확도는 모든 처리시간에 대하여, 국토지리정보원에서 제시하는 항공사진측량 정확도를 충분히 만족하였고, GPS 신호 처리에 있어 1초, 30초, 45초, 60초로 처리한 모든 경우가 동일한 정확도를 나타내었다. 따라서 GPS/INS를 이용하면 GPS신호가 불규칙하게 차단되는 도심지역, 산악지의 도로, 철도 선로 측량에 효과적으로 이용 가능하며, 그 정확도는 GPS 신호가 연속으로 취득된 경우와 동일한 정확도를 갖는다고 말할 수 있다. 그러나 본 실험의 경우, 연속적으로 취득된 GPS신호를 서로 다른 시간으로 처리한 것이므로 GPS 위치계산시 모호정수에는 변화가 없는 경우이다. 따라서 어느 정도의 시간동안 GPS신호도 차단되어도 GPS/INS의 정확도에 변화가 없는지에 대한 실험은 실제 GPS 위성신호가 불규칙적으로 차단된 지역의 데이터를 이용한 검증이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- GPS/INS 항공사진측량의 실무적용을 위한 연구(1)(2), 국토지리정보원, 2002~2003
- 박운용, 이동락, 신상철 (1997), GPS 코드파 관측에 의한 항공삼각측량의 외부표정요소의 결정, 한국측지학회지 제15권 2호, 1997. pp. 157-164.
- 2002년도 수치정사사진지도 제작사업 결과보고서, 2002
- 박운용, 박홍기, 위광재, 송연경 (2004), 외부표정요소 직접결정에 의한 수치정사영상 생성, 한국측량학회 2004 추계학술발표회 논문집, pp.245-249
- 박운용, 이강원, 이재원, 정공운 (2004), GPS/INS에 의한 항공사진측량의 블럭조정, 한국측량학회지, 제 22권3호, pp.285-291
- 한상득, 조규전, 이재원 (2004), GPS/INS에 의한 외부표정요소 결정에 관한 경험적 연구, 한국측량학회지, 제22권1호, pp.53-62
- 조규전, 이재원, 유재엽 (2002), Direct Georeferencing의 응용 연구, 한국측량학회, 추계학술발표회 논문집, pp.111-116
- M. Cramer, D. Stallmann (2001), On the use of GPS/inertial exterior orientation parameters in airborne photogrammetry, OEEPE Workshop, Integrated Sensor Orientation, 2001