도로기반 수치지도의 수정 및 갱신을 위한 GPS-Van 적용에 관한 연구

주영은[1] · 이형석[2※]

A Study on GPS-Van Application for Editing and Updating Digital Map of Road System

Young-Eun JOO[1] · Hyung-Seok LEE[2※]

요 약

현재 대축척 수치지도의 경우 비용 및 공정 등의 문제로 수시 수정이 어려우며, 갱신주기별로 항공사진촬영을 통하여 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 5년의 갱신주기로는 정보화 시대가 요구하는 정확한 데이터의 제공이 어려운 현실이다.

본 연구는 도로기반의 수치지도의 수시 수정 및 갱신하기 위한 GPS-Van 시스템의 적용 가능성 및 영향을 제시하고자 하였다. GPS-Van으로 위치정보를 취득하고 각 구간별 데이터 취득 환경과 이에 따른 정확도를 분석하였다. 오차 원인을 분석한 결과 GPS 데이터 수신 장애 지역의 경우 INS 데이터의 성능에 영향을 받았지만 작업지침에 따른 철저한 측량계획을 수립함으로써 양호한 정확도를 유지할 수 있었다. 따라서 수치지도의 수정·갱신시 GPS-Van과 현장조사를 병행함으로써 경제적 및 시간적인 측면에서 많은 절감 효과를 얻을 수 있으며 신속하고 정확한 도로기반의 수치지도를 제공할 수 있으리라 기대된다.

주요어: GPS-밴, 관성측정장치, 정확도 분석, 수치지도

ABSTRACT

It is difficult to edit large-scale digital maps because of problems of cost and process and it is carried out by aerial photogrammetry in renewal periods. Five years of update period cannot provide exact data required in the fast-moving age.

This study is to analyze applicability and impact for editing digital map of road system using the GPS-Van. Results are compared with accuracy of the data acquisition with GPS-Van positioning. INS data are affected by the barrier to receive GPS data. But high accuracy were achieved by thorough plans according to work order. By using GPS Van and fieldwork at the same time for editing and rene

2005년 8월 6일 접수 Recieved on August 6, 2005 / 2005년 9월 5일 심사완료 Accepted on September 5, 2005
1 이엔지정보기술(주) 대표이사 E & G Information Technology Co., LTD.
2 한중대학교 건설시스템공학과 Department of Civil Engineering, Hanzhong University.
※ 연락저자 E-mail: lhs0815@empal.com

wal of digital map, it is expected that this method can be used to reduce costs in the economic and temporal aspects, and provide rapid and accurate digital map of road system.

KEYWORDS : GPS-Van, IMU, Accuracy Analysis, Digital Map

서 론

현재 1:10,000 이상의 소축척 수치지도는 수시수정을 수행하고 있으나 대축척 수치지도의 경우 비용 및 공정 등의 문제로 수시수정이 안되며 갱신주기별로 항공사진촬영을 통하여 이루어지고 있는 실정이다. 하지만 5년의 갱신주기로 정보화 시대가 요구하는 정확한 데이터의 제공이 어려운 현실이다.

수치지도는 신속하고 정확한 수시수정이 요구되고 있으며, 수시수정 방법은 대부분 수작업인 현지조사 및 측량을 통해 이루어지므로 신속하고 용이한 수정 부분에서 작업의 효율성이 다소 저하되고 있는 실정이다.

따라서 지도수정의 효율화를 위해 경제적이며 신속하고 다양한 정보를 제공할 수 있는 신기술 도입이 필요하다. 이에 신기술 개발에 대한 국가차원의 적극적인 지원 및 장려가 필요하며 더불어 기 개발된 신기술을 실무에 적극적으로 도입하여 활용하는 체계가 마련되어야 한다.

특히 GPS-Van을 이용하여 수치지도 수정·갱신 계획을 수립하고 추진할 경우 지형정보 취득·처리 및 생산 등이 효율적으로 이루어 질 수 있고, 기존의 수치지도 수정 방식보다 공정이 단축되므로 비용적인 측면에서의 절감효과가 있음이 발표되고 있다.

GPS-Van을 이용하여 얻어진 수치영상으로부터 도로정보를 자동추출하고 수치자료의 효과적인 저장과 관리를 위한 방법을 제시한바 있다(유환희, 1994).

도로 및 도로시설물의 신설과 보완에 관련된 정보의 효과적인 관리를 위해 CCD 카메라, GPS, INS와 같은 3개의 위치관측센서를 통합한 차량으로 획득하여 저장된 photo database를 이용한 도로시설물관리시스템의 프로토타입(Prototype)은 해당지점에 대한 실제사진을 이용해서 사용자의 대상물에 대한 인식성을 높이고 속성정보와의 연계를 통해서 해당 시설물에 대한 정성적인 정보추출과 관리가 가능함을 보여주었다(엄우학, 2003).

지도를 수정함에 있어 실시간 지도수정 및 지도제작 자동화 등을 위한 다양한 기술개발을 위해 3D mapping, GPS-PDA 등을 이용한 현장측량, 수치표고자료를 지도 등고선으로의 자동변환 및 삽입기술 등을 지속적으로 개발하고 있다(문용현, 2003). 또한, 4S-Van에서 취득한 영상으로부터 표지판을 구축하고 갱신하는 작업에 있어 수동 입력을 최소화하기 위한 방법을 제안하고 시스템을 구축한 결과를 제시하였다(황태현 등, 2005).

국내에도 4S-Van, GPSight 및 Spider-Van이 출시되어 국가 GIS 데이터베이스 구축 사업에 본 시스템이 이용되기 시작하고 있으며, 그 밖에 대학에서도 많이 연구되고 있지만, 시스템 통합의 문제나 최종 3차원 위치결정 오차를 줄여야 하는 문제들이 남아 있다.

GPS-Van은 차량을 이용하여 데이터를 취득하기 때문에 건물 및 가로수 등과 같은 지형지물에 의한 GPS의 수신 제약, 차량의 흔들림, 장애물 등의 다양한 요인 등으로 3차원 위치결정에 영향을 미치게 된다.

본 연구는 GPS-Van 시스템을 이용하여 도로기반수치지도 수정 및 갱신 가능여부를 검토하기 위하여 현장 적용실험을 통하여 개발된 기술을 적용하며, 시스템과 관련하여 정확도에 영향을 미치는 요소들을 분석하고자 한다.

또한 GPS-Van 기술의 위치정보 측량의 정확도에 대한 오차 분석을 실시함으로써, 수치지도 수정에 대한 기술적 가능성을 제시하고 기존 지도의 수시수정 방법과 GPS-Van의 문제점 및 안정성을 검토하고자 한다.

시스템 구성

1. 개요

GPS-Van은 지상공간에 존재하는 다양한 지형지물의 위치정보와 속성정보를 현장에서 실시간으로 획득하고, 이를 응용하여 각종 계획수립과 의사결정 및 산업활동을 효율적으로 지원하도록 제작된 모바일 매핑 시스템이다.

GPS-Van 시스템은 크게 하드웨어 시스템과 소프트웨어 시스템으로 구성된다. 하드웨어 시스템에는 GPS, IMU, CCD 카메라, 레이저 등의 센서와 무선통신장비, 시각 동기화 장비가 통합되어 있다. 소프트웨어 시스템은 공간정보를 획득·제어하는 취득 프로그램과 취득된 정보를 처리·가공·제공하는 기본처리 프로그램으로 구성된다.

2. 하드웨어 구성

GPS-Van의 하드웨어 시스템 구성은 그림 1과 같으며, 차량을 이용한 빠른 측량과 지형정보획득을 위해 지상 기준점 측량이 필요 없는 하드웨어 통합시스템을 고안하는 것으로 GPS, IMU, CCD카메라, 레이저 등의 센서와 무선통신장비, 시각 동기화 장비가 통합시스템으로 이루어진다.

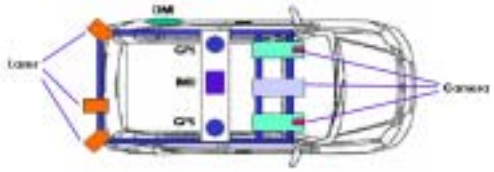

FIGURE 1. GPS-Van vehicle constitution

3. 소프트웨어 구성

GPS-Van의 소프트웨어 시스템 구성은 GPS-Van 차량으로부터 얻어진 입체영상, GPS 데이터, IMU 데이터 등을 분석·처리하여 촬영된 모든 입체영상에서 정밀한 3차원 정보를 추출하는 모듈로 이루어진다. 자세한 소프트웨어 구성도는 그림 2에서 보는바와 같으며, 각 모듈별 단계는 크게 네 부분으로 카메라 렌즈보정단계, GPS/IMU 통합단계, CCD 카메라 통합단계 및 3차원 좌표추출단계로 구성된다.

즉, GPS-Van의 소프트웨어 시스템은 one-stop방식으로 단계적으로 일괄적인 처리가 가능하도록 구성된다.

FIGURE 2. Software module constitution

GPS-Van 적용 실험

1. 작업개요

1) 작업지역선정 및 계획

도시, 농촌, 산악지역이 고르게 분포되어 있고 각 축척별 수치지도가 제작되어 있는 지역을 대상지역으로 선정한 후 GPS-Van 시스템을 이용하여 해당 지역의 데이터를 취득하였다.

그림 3과 같이 연구대상지역으로는 대전광역시 유성구 일대(1:5,000 수치지도 도엽번호 36710045)와 둔산동 일대(터널 및 지하차도)를 선정하였다.

GPS-Van을 이용하여 대상지역의 데이터를 취득하기 전에 작업계획을 세워 효율적으로 측량할 수 있도록 준비하였다. 작업은 크게 취득일정, 주행경로, 작업자 등에 대하여 계획을 하였다. 취

득일정은 대상지역의 넓이와 도로의 길이·차선을 고려하였다. 그리고 GPS-Van 시스템의 네비게이터를 이용하여 취득 일정별 사전 주행경로를 설정하여, 추후 데이터 취득 시 차량의 실제 위치를 계획한 주행경로와 함께 차량 모니터에 실시간으로 표시할 수 있도록 하였다. 이러한 사전 계획을 통하여 데이터 취득의 누락을 최소화 하고 경제적인 주행을 할 수 있으며, GPS-Van 주행에 대한 정보 관리가 가능해 진다.

FIGURE 3. Selection of subject region

2) 작업지역 데이터 취득

데이터 취득은 총 6회에 걸쳐 이루어졌으며, 5회(045 도엽은 2003.10.7, 10.9, 10.10, 10.16, 지하차도 및 터널은 2003.11.18)는 계획에 따라 취득이 이루어졌으며, 주거지역의 불법 주차 차량으로 인한 데이터의 보완 취득이 1회(2003.10.30) 이루어졌다. 각 회의 데이터 취득은 정확도를 높이기 위하여 항상 3차원 검정판 영상을 취득 후 대상지역의 데이터를 취득하였다.

2. 도로기반 수치지도 제작

취득된 데이터를 이용하여 해당지역의 수치지도를 제작하였다. 제작된 수치지도의 정확도의 검증은 수치지도 작성 작업규칙 및 내규를 준용하고 최종 측량성과에 대하여 현지측량과 조사를 실시하여 정확도를 검증하였다.

기본 처리된 데이터를 이용하여 수치지도를 수정·갱신하는 과정은 그림 4와 같다.

FIGURE 4. Process of digital map production of road system

취득된 영상에 포함된 다양한 지형지물 중 수치지도 레이어의 지형지물에 대한 좌표를 추출하였으며, 효율적인 작업을 위하여 개개의 레이어별로 좌표를 추출하였다. 또한 지형지물의 유형에 따라 수치지도의 레이어 규정에 근거하여 가로등과 같이 하나의 점으로서 표현이 가능한 객체의 경우 점(point)으로 추출을 하였으며, 도로 등과 같이 선형의 지형지물의 경우 다중선(polyline)으로 추출하였다. 또한 건물, 횡단보도, 교량 등과 같이 면으로 이루어진 지형지물의 경우 다중선으로 추출하여 벡터편집 과정을 통하여 다각형(polygon)으로 폐합하였다. 선형 데이터는 모두 다중선으로 연결하며, 곡선 데이터의 경우 점간 입력 간격과 중간점 편집을 수행하였다.

3. 구간별 데이터 취득 조건

구간별로 GPS-Van의 운행환경과 대상지역 상태는 최종적인 정확도 검증결과의 분석을 위하여 필요한 자료이다. 최종 정확도에 영향을 주는 인자는 GPS-Van의 성능 뿐 만이 아니라, GPS 수신 상태, 도로 상태, 장애물 여부, 취득 영상의 품질 등 다양한 조건이 존재한다. 따라서 각 구간별로 데이터 취득 당시의 조건들을 통합한 결과 표 1과 같다.

TABLE 1. Data acquisition condition of general sections

구분 / 구간	GPS 수신 환경	도로상황			차량운행 상황		영상품질	
	PDOP	도로폭	가로수	포장상태	속도	차량의 회전량	장애물	선명도 및 밝기
1	최상	대로	하	상	중	상	중	양호
2	상	대로	중	상	중	중	중	양호
3	상	대로	중	상	중	중	중	양호
4	중	소로	상	상	하	중	중	양호
5	중	소로	중	상	중	중	중	양호
6	최상	대로	상	상	중	상	상	양호
7	최상	대로	상	상	중	상	중	양호
8	하	중로	상	상	상	상	상	불량
9 • 10	중	대로	상	상	중	상	상	양호
T1	중/하	소로	상	상	하	상	중	양호
T2	상	대로	하	상	중	상	중	양호
T3	중	중로	상	중	중	중	하	양호(60%) 불량(40%)
T4	최상	대로	상	상	중	상	상	양호

정확도 분석

본 연구실험에서는 GPS의 수신 상태, IMU 상태, 카메라와 대상물간의 거리, 대상물의 특성 등의 요인에 대한 오차의 변화 및 추이를 분석하였다.

1. GPS 영향 분석

GPS-Van의 경우 일반 항공사진측량과 달리 지상기준점을 사용하지 않고, GPS와 INS를 이용하기 때문에, 이 두 데이터의 영향이 상당히 크다. 또한 차량으로 지상을 주행하면서 데이터를 취득하기 때문에 건물 및 가로수, 지형 등에 의하여 GPS 수신이 시시각각 변하게 된다. 또한 이러한 변화는 지상 3차원 위치결정에 있어 정확도에 중요한 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구에서는 GPS의 수신 상태별 정확도 분석을 수행하였다.

10월 7일 취득한 데이터 중 일부 구간의 GPS 데이터의 조건에 변화를 줌으로써, GPS 상태를 나타내는 PDOP 및 표준편차와 IMU와의 통합 후 위치 및 자세의 표준편차를 분석하여 지상위치결정의 정확도를 분석하였다.

표 2는 3차원 위치결정을 위한 영상을 기준으로 전후 약 100초 동안 GPS 데이터의 위성수를 6개, 5개, 4개로 조절하여 PDOP 및 위치 표준편차와 IMU 통합 후 위치 및 자세의 표준편차들의 평균을 나타낸 것이다.

TABLE 2. GPS and GPS/IMU condition by satellite numbers

위성 개수	PDOP	GPS(m)			GPS/IMU(m, ″)					
		SD_X	SD_Y	SD_Z	SD_X	SD_Y	SD_Z	SD_{Roll}	SD_{Pitch}	SD_{Yaw}
7G	1.63	0.05	0.10	0.10	0.03	0.03	0.05	0.31	0.32	3.33
6G	2.63	0.02	0.04	0.04	0.10	0.05	0.11	0.46	0.53	5.22
5G	4.52	0.13	0.38	0.37	0.09	0.07	0.09	0.49	0.56	5.62
4G	5.65	0.21	0.78	0.53	0.21	0.15	0.13	0.56	0.61	6.34

DOP은 위성의 기하상태에 대한 양호한 정도를 나타내는 값으로 6 이상이 되는 경우의 자료는 효용가치가 없다. 표 2에서 보면 위성의 수가 적어질수록 PDOP가 높아져 위성 기하 상태가 나빠짐을 알 수 있다. 하지만 실험한 데이터들의 PDOP가 6 이하로서 활용 가치는 있다고 볼 수 있다.

또한 GPS의 상태변화에 따라 GPS/IMU의 위치 및 표준편차에도 영향을 미침을 알 수 있다. 그림 5~8은 데이터를 조작한 전 구간의 PDOP의 변화를 보여주고 있으며, 표 3에서 보는 바와 동일한 결과를 보여준다. 4G에서, 위성의 PDOP이 0인 경우는 위성 수신이 안 되었음을 의미한다.

TABLE 3. Error of 3 dimensional position decision by satellite numbers.

위성개수	PDOP	X	Y	RMSE
7G	1.63	0.126	0.150	0.196
6G	2.63	0.171	0.228	0.285
5G	4.52	0.085	0.518	0.525
4G	5.65	0.283	1.518	1.544

표 3과 그림 5~8은 GPS 위성 개수별 GPS 및 GPS/IMU의 상태를 나타내는 요인들에 대한 분석을 수행한 결과이다. 이러한 요소들이 3차원 위치결정에 미치는 영향을 분석하기 위하여 각각의 경우별 10점의 검사점을 이용하여 정확도를 분석한 결과 표 3과 같다. 위성의 수가 양호한 7G의 경우 RMSE가 약 20cm이며, 4G의 경우 1.5m로 급격한 오차 증가를 보이고 있다.

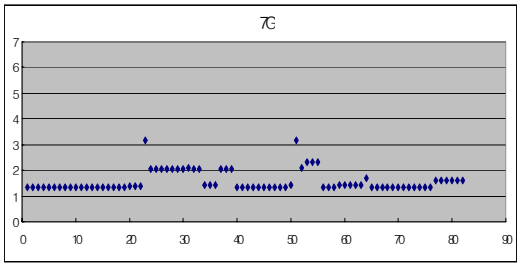

FIGURE 5. PDOP change of seven satellite numbers

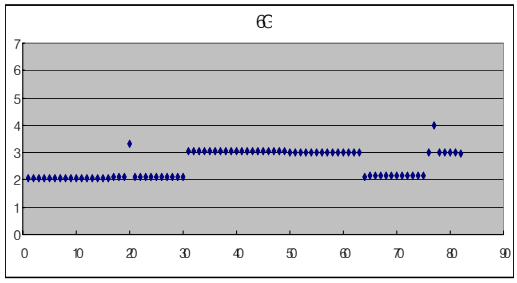

FIGURE 6. PDOP change of six satellite numbers

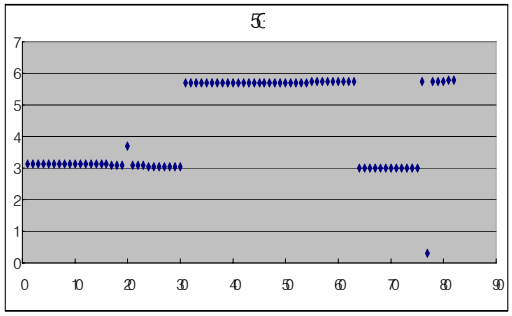

FIGURE 7. PDOP change of five satellite numbers

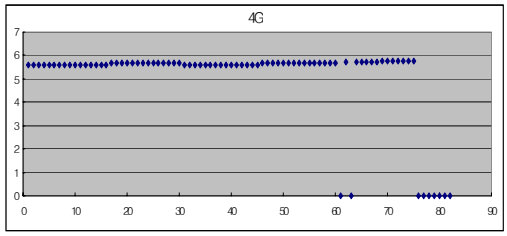

FIGURE 8. PDOP change of four satellite numbers

TABLE 4. GPS, GPS/IMU condition and 3-dimensional position error by verification section

구간	GPS(m)					GPS/IMU(m, ″)						RMSE (m)
	PDOP	SD_X	SD_Y	SD_Z	위성수	SD_X	SD_Y	SD_Z	SD_{Roll}	SD_{Pitch}	SD_{Yaw}	
1	1.6	0.032	0.069	0.072	7.129	0.026	0.026	0.051	0.288	0.296	3.889	0.273
2	2.0	0.147	0.185	0.191	6.140	0.029	0.029	0.051	0.333	0.332	4.170	0.299
3	1.8	0.167	0.175	0.269	6.318	0.027	0.027	0.051	0.318	0.323	4.413	0.180
4	3.0	0.677	1.041	1.890	5.291	0.255	0.198	0.200	0.430	0.435	5.141	0.228
5	2.7	0.328	0.432	0.886	5.838	0.110	0.107	0.086	0.383	0.383	4.636	0.210
6	1.5	0.085	0.090	0.123	6.873	0.025	0.025	0.042	0.279	0.275	3.360	0.227
7	2.0	0.084	0.088	0.183	6.166	0025	0.025	0.042	0.297	0.294	3.781	0.179

하지만 위에서 수행한 실험은 실제 상황이 아닌 가상적으로 데이터를 조작하였기 때문에 실제 상황을 완전히 반영한다고 보기는 어렵다. 따라서 본 연구에서 수행한 검증 구간별 구간별 DOP 및 위성수, GPS의 위치표준편차, IMU 후처리의 위치 및 자세 표준편차, 구간별 오차에 따른 정확도 분석을 표 4와 같이 분류하였다. 단 절대적 위치의 오차 분석이 아닌 도로라인의 상대적 거리를 분석한 8구간~T4구간은 생략하였다.

4구간의 경우 PDOP 뿐만 아니라 표준편차가 상대적으로 높게 나타나고 있다. 하지만 위의 GPS 및 GPS/IMU의 요소 분석에 의하면 4구간의 오차가 크게 나와야 하는 반면 2구간의 오차가 가장 크며, 4구간은 평균정확도를 보이고 있다. 이는 검증한 구간 중 GPS 상태가 제일 낮은 4구간의 경우 PDOP이 3으로 우수한 데이터(3~4)에 포함이 되기 때문에 GPS의 영향 보다는 카메라와의 객체간의 거리 및 장애물 등과 같은 기타 요인들이 오차에 더 큰 영향을 더 미친 것으로 분석되어진다.

2. IMU 영향 분석

차량의 회전 및 흔들림에 대한 IMU의 오차로 인해 3차원 위치결정에 영향을 미친다. 따라서 차량의 회전 및 흔들림에 의한 IMU의 변화 상태를 분석하기 위하여 그림 9와 같이 90° 회전하는 경우와 곡선도로상에서의 주행하는 경우를 통하여 GPS/IMU 통합 후 위치 및 자세의 표준편차를 분석하였다.

FIGURE 9. IMU influence analysis

그림 10, 11 및 12는 case별 위치와 자세(roll, pitch, yaw)의 표준편차 변화를 나타내고 있다. 위치(X, Y, Z)는 3가지 경우 모두 회전과 상관없이 일정한 값을 유지하고 있다. 그러나 자세는 case 1, 2와 같이 회전할 경우 roll, pitch는 회전수행시 증가하였다가 회전 후 원래로 돌아오지만 곡선구간을 주행하는 case 3의 경우 roll, pitch가 불규칙하게 변화하고 있음을 알 수 있다. 세 가지 경우 모두 yaw는 회전 및 곡선구간과 상관없이 증가하는 변화를 보이고 있다.

표 5는 case별 변화량을 나타내고 있다. 그

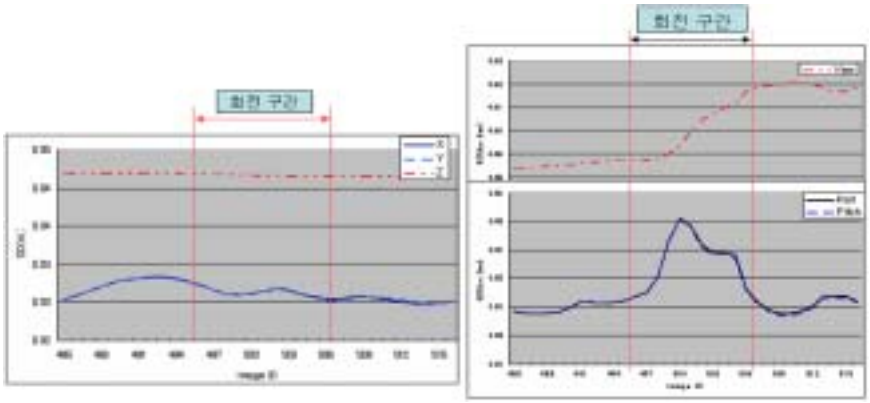

FIGURE 10. Change of GPS/IMU position and posture for Case 1

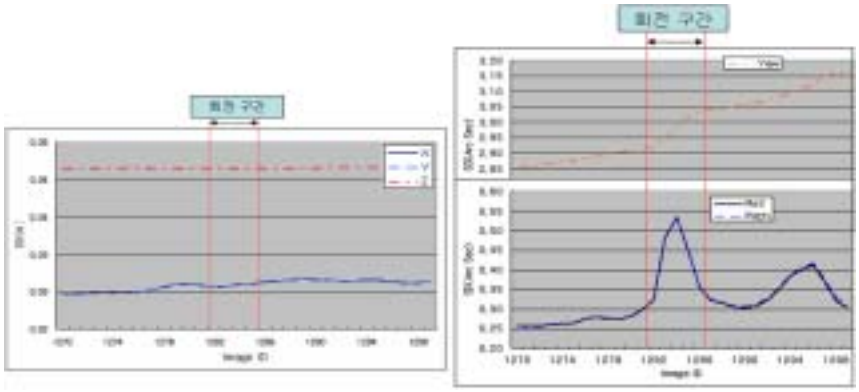

FIGURE 11. Change of GPS/IMU position and posture for Case 2

림 10~12에서 분석한 바와 같이 X, Y, Z는 변화폭이 최대 0.01m로 대부분 큰 변화가 없다. 하지만 자세요소는 case 1, 2와 같이 직선→회전→직선과 같은 경우 회전수행시 최대 0.27arc-sec를 보이고 있으며, case 3과 같이 지속적인 곡선구간에서의 주행은 자세의 오차가 0.05arc-sec로 거의 변화하지 않다.

회전 및 곡선구간에 대한 GPS/IMU의 변화율을 분석한 결과 곡선구간 주행에서는 IMU의 영향을 크게 받지 않는 반면, 회전시 IMU에 영향을 미치기 때문에 회전수행 후 작업지침에 따른 자세 안정화를 수행하여야 정밀한 데이터를 획득할 수 있다. GPS-Van 시스템의 네비게이터는 자세의 변화가 임계값 이상일 경우 안정화를 수행하도록 알림기능을 추가하여 사용자의 편의를 도모하게 하였다.

TABLE 5. Standard deviation of position and posture for cases

Case	항목	X (m)	Y (m)	Z (m)	Roll (a_sec)	Pitch (a_sec)	Yaw (a_sec)
Case1	최대	0.03	0.03	0.04	0.45	0.45	4.62
	최소	0.02	0.02	0.04	0.28	0.28	4.58
	변화량	0.01	0.01	0	0.17	0.17	0.04
Case2	최대	0.03	0.03	0.04	0.26	0.26	3.16
	최소	0.03	0.02	0.04	0.53	0.53	2.85
	변화량	0	0.01	0	-0.27	-0.27	0.31
Case3	최대	0.03	0.03	0.05	0.32	0.32	4.32
	최소	0.03	0.03	0.05	0.27	0.28	4.43
	변화량	0	0	0	0.05	0.04	-0.11

3. 카메라와 객체간의 거리에 따른 오차 분석

렌즈의 중심에서 객체가 가까이 위치할수록

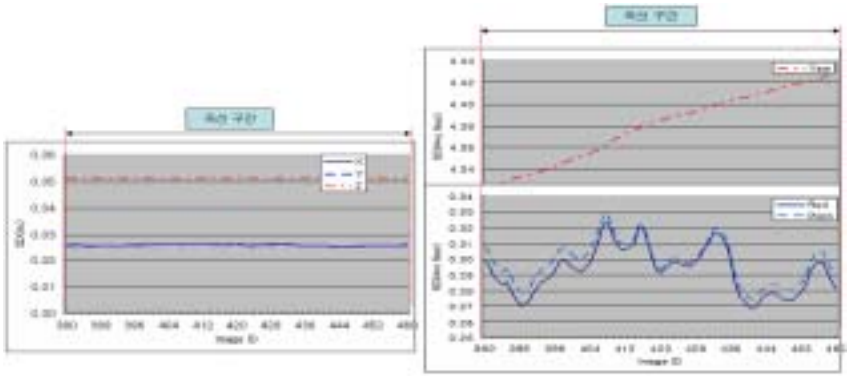

FIGURE 12. Change of GPS/IMU position and posture for Case 3

FIGURE 13. Acquisition images by distances between camera and object

정밀한 매핑뿐만 아니라, 외부표정요소의 오차로 인해 발생할 수 있는 3차원 위치결정 오차를 최소화 할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 카메라의 렌즈 중심과 객체의 거리에 따른 오차 변화를 분석하였다.

그림 13과 같이 차량이 진행하면서 하나의 객체에 대하여 연속적으로 취득된 몇 장의 영상을 이용하여 거리별 정확도를 표 6과 같이 분석하였다.

분석의 정밀도를 높이기 위하여 검사점들을 대상으로 거리별 정확도 분석을 수행하였다. 단, 도로라인과 같이 절대적 위치를 분석할 수 없는 검사점 들은 제외하였다. 분석결과 카메라와 객체의 거리가 가까울수록 높은 정확도를 보이고 있으나, 거리가 18~20m는 오차가 줄어들었다. 이는 분석한 데이터가 적기 때문으로 분석되어지며, 더욱 많은 데이터를 분석한다면, 거리에 따른 오차 증가 패턴의 분석이 가능하다(그림 14 참조).

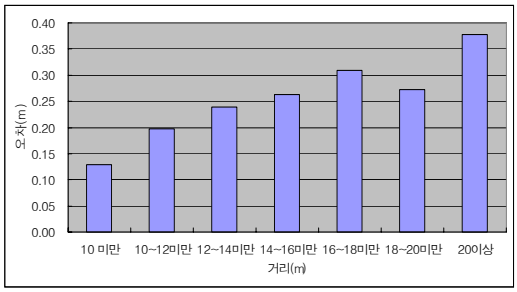

FIGURE 14. Error analysis by distances

4. 객체별 특성에 따른 분석

객체의 특성별 정확도 분석은 특이점이 존재하느냐 또는 렌즈와의 거리에 영향을 미치느냐에 대한 분석으로 볼 수 있다. 객체의 형태는 그림 15와 같이 도로와 같은 선형, 신호등 및 가로등과 같은 점형, 횡단보도와 같은 면형으로 나눌 수 있다.

FIGURE 15. classificationn by object type

선형 객체는 어느 곳을 매핑하여도 상관이 없기 때문에 영상에서 최고 하단 부분(카메라와의 거리가 최소)에 위치한 곳의 매핑이 가능한 반면 점형 및 면형 객체의 경우 매핑하여야 하는 점이 정해져 있다.

표 7에서 선형 객체인 도로가 0.15m로 오차가 제일 적다. 이는 카메라와의 거리가 최소가 되는 지점에 대한 매핑을 수행하였기 때문에 거리에 따른 오차가 다른 객체들에 비해 적기 때문으로 분석된다.

TABLE 6. Error analysis by distances of the objects

객체	영상	카메라위치(left)			검증점과의 거리	3차원 좌표			오차
		X	Y	Z		X	Y	Z	
도로	222	232451.30	321069.12	78.77	15.42	232450.86	321084.75	76.35	0.24
	223	232450.75	321072.65	78.83	11.89	232450.92	321084.57	76.67	0.06
	224	232450.16	321076.25	78.88	8.33	232450.96	321084.48	76.78	0.06
신호등	901	231799.61	321898.48	56.92	18.27	231783.22	321890.69	56.21	0.15
	902	231797.91	321897.33	56.92	16.25	231783.18	321890.68	56.27	0.11
	903	231795.68	321895.78	56.91	13.59	231783.16	321890.69	56.35	0.09
	904	231793.39	321894.20	56.89	10.89	231783.16	321890.72	56.41	0.09
신호등	2946	231335.86	321517.50	56.37	18.27	231327.47	321533.97	54.03	0.37
	2947	231333.56	321520.84	56.32	14.25	231327.57	321533.73	54.39	0.28
	2948	231331.39	321524.02	56.27	10.45	231327.55	321533.76	54.73	0.27
가로등	1113	231350.79	321470.85	56.78	16.48	231363.66	321481.67	56.06	0.33
	1115	231352.71	321473.20	56.73	13.52	231363.65	321481.62	55.90	0.29
	1118	231354.29	321475.22	56.69	11.05	231363.64	321481.59	56.24	0.27
맨홀	1097	231320.29	321431.1	58.48	19.84	231333.44	321445.66	57.09	0.22
	1098	231323.38	321435.07	58.24	14.82	231333.47	321445.67	56.71	0.19
	1099	231326.45	321439.18	58.01	9.75	231333.67	321445.86	56.37	0.10
신호등	1098	231323.38	321435.07	58.24	24.38	231340.62	321453.16	57.49	0.61
	1099	231326.45	321439.18	58.01	19.29	231340.42	321452.90	57.20	0.29
	1100	231329.72	321443.75	57.77	13.80	231340.44	321452.77	56.74	0.23
가로등	1100	231329.72	321443.75	57.77	22.24	231346.06	321459.54	56.77	0.49
	1101	231332.50	321447.58	57.58	17.60	231346.02	321459.45	56.33	0.40
	1102	231335.16	321451.13	57.42	13.29	231345.85	321459.25	55.99	0.14
도로	643	232187.88	320544.58	53.34	20.66	232168.07	320551.43	50.68	0.45
	644	232182.27	320545.73	53.12	14.99	232168.28	320551.31	50.72	0.29
	645	232176.43	320546.92	52.89	9.15	232168.36	320551.23	50.76	0.24

TABLE 7. Error analysis by characteristic of object

타입	객체	오차(m)
점형	가로등	0.25
	가로수	0.39
	맨홀	0.20
	보행자 신호등	0.19
	신호등	0.23
	교통안내표지판	0.28
	교통안전표지판	0.24
	전신주	0.28
선형	도로	0.15

또한 가로수의 경우 최대의 오차를 보이고 있다. 이는 가로수의 경우 그림 16과 같이 특이점이 없기 때문에 공액점을 찾기 어려웠기 때문으로 분석된다.

따라서 도로와 같은 선형의 객체는 손쉬운 추출이 가능한 반면, 가로수와 같이 특이점이 없는 객체는 신중한 매핑과정이 요구된다. 또한 객체의 중심이 아닌 겉표면을 매핑하기 때문에 반경에 해당하는 크기만큼 보정을 수행하면 더욱 정확한 3차원 좌표 추출이 가능하다.

FIGURE 16. Image condition of tree

5. 기타 오차 발생 요인

1) 작업자의 숙련 정도

작업자의 숙련 정도에 따라 매핑과정에서 개인오차 또는 과오를 유발할 수 있다. 특히 GPS-Van 영상의 경우 장애물이 많이 취득이 되기 때문에 특이점이 보이지 않거나, 어두워 식별이 어려운 영상이 있다. 따라서 비숙련된 작업자의 경우 이러한 오차를 유발할 수 있다.

이러한 개인오차를 최소화하기 위하여 매핑 시스템의 개선과 함께 작업자들의 숙련이 요구된다. 하지만 숙련자가 아닌 비숙련자가 매핑 가능한 레이어를 선정함으로써 효율적인 작업이 가능하다.

2) 영상 해상도

매핑과정에서 발생할 수 있는 오차는 입체영상에서 정밀한 공액점 취득이 안 되기 때문이다. 이는 그림 17처럼 영상 해상도가 낮거나 또는 그늘지거나 어두운 날씨에 데이터를 취득하여 영상이 어두워 식별이 어려워 오차를 유발할 수 있다.

3) 장애물

GPS-Van이 도로를 주행하기 때문에 도로상에 주차된 차량 및 보행자, 간판 등 여러 장애물들이 존재한다. 이러한 장애물들이 오차에 영향을 주는 경우는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 데이터 취득 시 장애물로 인해 객체 가까이 접근을 못해 거리가 먼 경우(그림 18)와 장애물로 인하여 특이점이 가려져 매핑의 어려움으로 인한 경우(그림 19)로 오차를 발생시킬 수 있다.

FIGURE 17. Poor Resolution

FIGURE 18. Increase in distance by the obstacle

FIGURE 19. Cover of unique point with a obstacle

GPS-Van 시스템의 이용하여 정확도를 평가한 결과 지형지물을 취득하였을 때 수치지도 축척 1:1,000까지 수정할 수 있는 가능성을 보여주었다. 데이터 취득 및 수치지도 제작에 있어 항공사진의 경우, 대부분의 레이어의 갱신이 가능한 측량학적 방법에서 아주 효율적으로 데이터 취득이 가능한 반면, 한번 데이터 취득을 수행하기 위하여 비용이 많이 소요되기 때문에 국소변화지역의 신속한 데이터 갱신에는 비효율적이다. GPS-Van의 경우 차량으로 데이터 취득을 수행하기 때문에 대상지역의 신속하고 정확한 수정·갱신이 가능한 반면, 차량의 진입이 불가능한 곳에 위치한 시설물의 데이터 취득에는 한계가 있었다.

결 론

지형지물의 정보를 포함하는 도로기반의 수치지도를 신속하고 정확하게 수정 및 갱신하기 위해 GPS-Van을 적용할 때 정확도에 미치는 영향을 분석한 결과 다음의 결론을 얻을수 있었다.

정확도 검증 과정 중에 발생한 GPS-Van 측량 결과의 오차 원인을 분석한 결과 GPS 데이터 수신 장애 지역의 경우 INS 데이터의 성능에 영향을 받았지만 작업지침에 따라 철저한 측량계획을 수립함으로써 양호한 정확도를 유지할 수 있었다. 또한 시스템 향상을 통하여 작업자의 과오 제거, 정밀한 공액점 취득, 영상 품질 향상 등으로 더욱 정확도가 높은 데이터 취득이 가능하였다.

본 연구의 정확도 분석을 통하여 GPS-Van은 1:1,000 수치지도의 수정·갱신에 있어 적합한 정확도를 확보한 것으로 나타났다. GPS-Van은 5년 주기의 항공사진측량을 통한 수치지도 수정갱신과 병행하여 활용도가 높은 도로 레이어들의 수시 수정을 수행할 수 있어 신속한 데이터 수정·갱신에 비효율적인 항공사진측량의 보완적 측량방법을 사용 가능할 것이다

GPS-Van과 현장조사를 병행함으로써 변화주기가 짧은 도로기반의 수치지도의 수정·갱신을 수행함으로써 정보화 시대가 요구하는 신속하고 정확한 수치지도를 제공이 가능하리라 기대된다.

참고문헌

유환희. 1994. 도로정보의 자동추출을 위한 수치사진측량기법의 적용, 한국측지학회지 12(1):89-94.

엄우학. 2003. 도로시설물 관리를 위한 Photo Database 설계에 관한 연구. 한국GIS학회지, 11(1):33-40.

문용현. 2003. 체계적인 지도수정 방안에 관한 연구. 제 5차 GIS2003대회 학술연구 발표회, 325쪽.

황태현, 주인학, 최경호. 2005. 4S-Van을 이용한 공간정보 구축과 갱신을 위한 변화탐지 시스템의 개발. 2005 GIS/RS 공동 춘계학술대회. 47-52.

Britting, K.R. 1971. Inertial Navigation

Systems Analysis, Wiley & Sons.

Garg,S.C., Morrow, L.D. and R. Mamen. 1978. Strapdown Navigation Technology: A Literature Survey, Journal of Guidance and Control, 1(3).

B.W. Parkinson and J.J. Spilker Jr. 1996. Global Positioning System: Theory and Applications, AIAA Inc.

D.K. Elliot. 1996. Understanding GPS: Principles and Application, Artech house.

Anderson, B.D.O. and J.B. Moore. 1979. Optimal Filtering, Prentice-Hall.

Brown, R.G., and P.Y.C. Hwang. 1992. Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering, John Wiley and Sons.