

GPS-Van을 이용한 도로기반의 수치지도 수정 가능성 검증

The Verification of updating road based digital map using GPS-Van

정주권*, 주영은**, 최종현***, 박수영****

Jeong, Ju Kwon · Joo, Young Eun · Choi, Jong Hyun · Park, Su Young

* 이엔지정보기술(주)(042-345-2246: jjk@engit.com)

** 이엔지정보기술(주)(042-345-2246: joo44@engit.com)

*** 이엔지정보기술(주)(042-345-2246: jhchoi@engit.com)

**** 한국항공우주연구원(042-860-2735: sypark@kari.re.kr)

요 약

우리나라에서는 1995년부터 국가지리정보체계(NGIS)구축 기본계획을 수립하여 건설교통부, 정보통신부, 과학기술부 및 행정자치부 등 범국가적으로 2000년까지 제 1단계 사업을 마쳤으며, 2001년부터 제 2단계 사업을 추진 중에 있다. 하지만 국가지형 및 시설물 등이 하루가 다르게 변화하는 정보화 사회에서 다양한 객체에 대한 위치 및 속성정보의 획득, 저장, 관리, 활용을 위한 신속한 수치지도 수정갱신이 요구된다. 또한 도로시설물을 비롯한 다양한 지형·지물 정보는 공간정보를 다루는 도시, 교통, 물류, 환경 및 군사 분야 등 다양한 분야에서 의사결정 및 계획에 필수적으로 요구되는 정보이고 이와 같은 정보는 신속하고 정확하게 취득되어야 하며, 경제적이며, 효율적으로 정보를 획득하는 신기술을 적용한 작업방법론이 필요하다.

현재 국내에서도 신기술인 “차량탑재 모바일매핑 시스템(Mobile Mapping System : GPS-Van) 개발이 완료되었고, 이를 활용한 각종 지형공간정보의 수정·갱신 작업이 이루어지고 있기 때문에 이를 활용한 수치지도 수정갱신의 가능성에 대한 검토와 방법론에 대한 정립이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 개발된 신기술인 GPS-Van을 이용한 수치지도 수정갱신을 위한 정확도 분석 및 오차의 영향 분석을 통하여 보다 높은 정밀도의 도로기반 수치지도 수정갱신의 가능성 및 방안을 제시하고자 한다.

1. 서론

국가 지형공간정보의 핵심자료를 공급하는 수치지도는 신속하고 정확한 수시수정이 요구되나 현재 수치지도 수시수정 방법은 대부분 수작업인 현지조사·측량을 통해 이루어지므로 신속하고 용이한 갱신 부분에서 작업의 효율성이 다소 저하되고 있는 실정이다. 따라서 지도수정의 효율화를 위해 경제적이며 신속하고 다양한 정보를 제공할

수 있는 신기술 도입 및 체계적인 이론 정립 및 검증이 필요하다.

이에 신기술 개발에 대한 국가차원의 적극적인 지원 및 장려가 필요하며 더불어 개발된 신기술을 실무에 적극적으로 도입하여 활용하는 체계가 마련되어야 한다.

최근 GIS 기술세미나 및 학회에서 신기술로서 GPS-Van과 같은 모바일매핑 기술의 소개 및 활용성 등이 발표되었다. 특히 GPS-Van을 이용하여 수치지도 수정갱신

계획을 수립하고 추진할 경우 지형정보 취득·처리 및 생산 등이 효율적으로 이루어질 수 있고, 기존의 수치지도 수정 방식보다 공정이 단축되므로 비용적인 절감효과가 있음이 발표되었다. 즉, GPS-Van 시스템을 이용하여 수치지도 수시수정 작업을 수행할 경우 경제적인 측면과 시간적인 측면에서 많은 절감 효과를 기대할 수 있으며, 결과물로서 수치지도는 물론 기 구축된 지형·지물의 현장자료를 제공할 수 있으므로 많은 분야로의 활용이 가능하다.

이러한 신기술을 도입하여 실무에 적용하기 위해서는 신기술에 대한 객관적인 기술검증을 통하여 이의 적용 가능성 여부를 검토하는 작업이 필요하다. 따라서 GPS-Van 시스템을 이용하여 수치지도 수정 가능 여부를 검토하기 위하여 현장 적용실험을 통하여 개발된 기술에 대한 정확도 및 경제성 등을 검증하고자 한다.

2. GPS-Van 시스템

본 연구에서 사용한 GPS-Van 시스템은 한국전자통신연구원(ETRI)와 이엔지정보기술(주)에서 공동 개발한 4S-Van을 이용하였다.

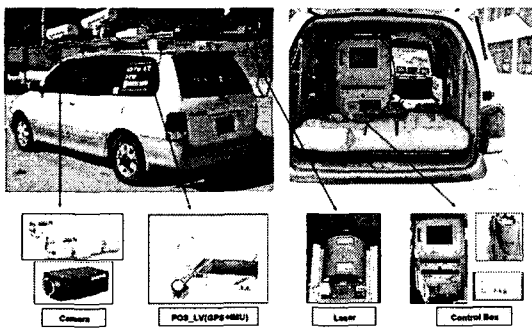


그림 1. 4S-Van 차량 및 하드웨어 구성

4S-Van 시스템은 크게 하드웨어 시스템과 소프트웨어 시스템으로 구성된다. 하드웨어 시스템에는 GPS, IMU, CCD 카메라, 레이저 등의 센서와 무선통신장비, 시각 동기화 장비가 통합되어 있으며, 소프트웨어

시스템은 공간정보를 획득 및 제어를 수행하는 취득(acquisition) 프로그램과 취득된 정보를 처리, 가공 및 제공하는 기본처리 프로그램으로 구성된다.

3. GPS-Van 활용 가능성 검증

3.1 정확도 검증

1) 구간별 정확도 분석

GPS-Van 시스템에 의하여 취득된 데이터의 정확도 및 오차영향을 분석하기 위하여 데이터 취득 환경 및 GPS 수신별로 크게 상/중/하로 구분하여 14구간의 테스트 지역을 선정하였다. 정확도 검증을 위한 검증점들은 가로등, 신호등과 같은 점형 객체인 시설물과 선형 객체인 도로차선 등을 활용하였으며, 토탈스테이션과 줄자를 이용하여 기동형 시설물들은 반경을 보정하여 검증점의 정확한 3차원 위치를 취득하였다. 다음 그림은 검증구간을 나타낸다.

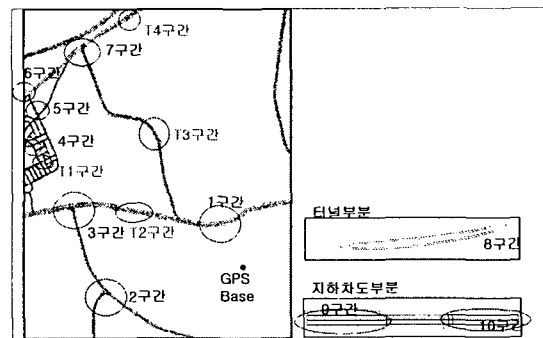


그림 2. 검증 구간

검증 구간별 GPS-Van의 운행환경과 대상지역 상태는 최종적인 정확도 검증결과 분석을 위하여 필요한 자료이다. 최종 정확도에 영향을 주는 인자는 GPS-Van의 성능뿐만 아니라 GPS 수신 상태, 도로상태, 장애물 여부, 취득영상의 품질 등 다양한 조건이 존재한다. 따라서 각 구간별로 데이터 취득 당시의 조건들을 분석하기 위하여 구간별 데이터 취득 환경과 정확도를 분석하

였다. 정확도를 분석하기 위하여 426점의 검증점을 이용하였으며, 최대 오차 발생구간은 터널구간인 8구간으로 0.396m의 오차를 보였으며, 최소오차 발생구간은 T4구간으로 0.092m의 RMSE를 보였다.

1구간의 경우 GPS 수신상태가 최상이지만, 4구간의 중인 수신상태 보다 오차가 많이 발생하고 있다. 이 원인은 오차영향 분석을 통하여 수행하였으며 PDOP이 4이상 (GPS 수신상태 : 중)인 경우 GPS 상태보다는 카메라와 객체간의 거리 및 영상해상도등 다른 요인들의 영향이 많이 미침을 알 수 있었다.

표 1. 전 구간 데이터 취득 조건

| 구분 구간 | GPS 상태 | 도로상황 | | | 차량운행상황 | | 영상품질 | | RMSE (m) |
|----------|--------|------|-----|------|--------|-----|------|----------------------|----------|
| | P DOP | 도로폭 | 가로수 | 포장상태 | 속도 | 회전량 | 장애물 | 선명도 및 밝기 | |
| 1 | 최상 | 대로 | 하 | 상 | 중 | 상 | 중 | 양호 | 0.31 |
| 2 | 상 | 대로 | 중 | 상 | 중 | 중 | 중 | 양호 | 0.27 |
| 3 | 상 | 대로 | 중 | 상 | 중 | 중 | 중 | 양호 | 0.21 |
| 4 | 중 | 소로 | 상 | 상 | 하 | 중 | 중 | 양호 | 0.26 |
| 5 | 중 | 소로 | 중 | 상 | 중 | 중 | 중 | 양호 | 0.26 |
| 6 | 최상 | 대로 | 상 | 상 | 중 | 상 | 상 | 양호 | 0.25 |
| 7 | 최상 | 대로 | 상 | 상 | 중 | 상 | 중 | 양호 | 0.20 |
| 8 | 하 | 중로 | 상 | 상 | 상 | 상 | 상 | 불량 | 0.39 |
| 9/10 | 중 | 대로 | 상 | 상 | 중 | 상 | 상 | 양호 | 0.15 |
| T1 | 중/하 | 소로 | 상 | 상 | 하 | 상 | 중 | 양호 | 0.11 |
| T2 | 상 | 대로 | 하 | 상 | 중 | 상 | 중 | 양호 | 0.27 |
| T3 | 중 | 중로 | 상 | 중 | 중 | 중 | 하 | 양호 (60%) 불량 (40%) | 0.39 |
| T4 | 최상 | 대로 | 상 | 상 | 중 | 상 | 상 | 양호 | 0.23 |

2) 오차영향 분석

GPS-Van은 차량을 이용하여 데이터를 취득하기 때문에 건물 및 가로수 등과 같은 지형지물에 의한 GPS 수신제한, 차량의 흔들림, 장애물 등의 다양한 요인 등으로 3차원 위치결정에 영향을 미치게 된다. 따라서 GPS 수신상태, IMU 상태, 카메라와 대상물간의 거리, 대상물의 특성 등의 요인별 오

차의 변화 및 추이를 분석하였다.

가. GPS 상태별 오차 분석

GPS 상태에 따른 오차 분석을 위하여, GPS 원시데이터의 위성수의 조절 및 신호 시간 단절을 통하여 오차를 분석하였다.

위성수 조절 분석결과 PDOP이 4(상태 : 중)이하에서는 GPS 수신 상태에 따른 영향은 있지만, 4구간과 1구간을 비교해 보면 GPS 수신 상태보다는 다른 요인의 영향을 더 많이 받음을 알 수 있다.

표 2. 위성수에 따른 오차분석

| 위성수 | PDOP | dX | dY | RMSE(m) |
|-----|------|-------|-------|---------|
| 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 |

위성의 신호단절을 통한 오차 분석결과 신호단절시간이 3분이상일 경우 0.4m의 오차를 보이고 있으며, 20분이 넘을 경우 2.5m의 오차를 보이고 있다.

표3. 신호단절에 따른 오차분석

| 구분 | GPS Outage Duration | | | | | |
|----|---------------------|------|------|------|-----|-----|
| | 0분 | 1분 | 3분 | 5분 | 10분 | 20분 |
| 오차 | 0.02 | 0.12 | 0.40 | 0.75 | 1.5 | 2.5 |

나. IMU 영향 분석

IMU의 영향 분석을 위하여 테스트 구간에서 회전을 수행하는 3구간을 선정하여 회전시 IMU의 표준편차를 분석하였다.

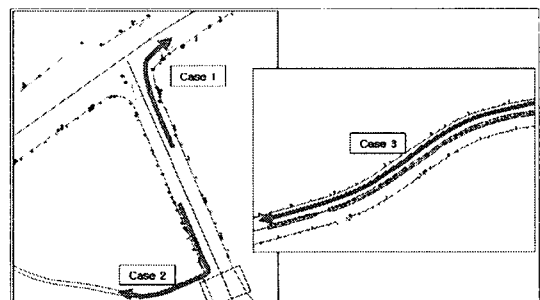


그림 3. IMU 영향 분석

그림 4~6은 Case별 위치와 자세의 표준편차를 나타내고 있다. 위치는 3가지 경우

모두 회전과 상관없이 일정한 값을 유지하고 있는 반면, Case 1, 2와 같이 급격한 회전을 수행한 경우 최대 0.27"의 자세 변화량을 보이는 반면, Case 3과 같이 완만한 회전을 수행할 경우 0.05"의 자세변화를 보이고 있다. 이는 일반적인 직선구간의 자세변화와 유사한 수치이다.

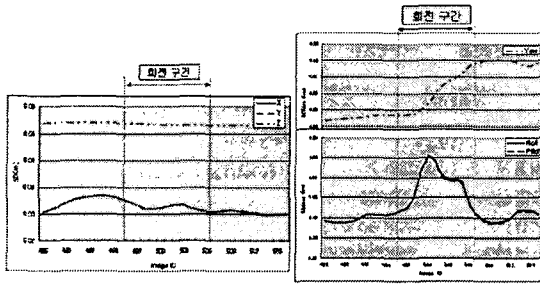


그림 4. Case 1의 위치/자세 표준편차

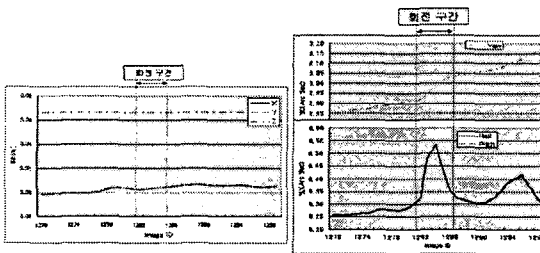


그림 5. Case 2의 위치/자세 표준편차

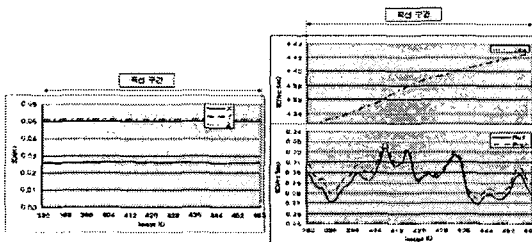


그림 6. Case 3의 위치/자세 표준편차

다. 카메라와 객체간 거리 분석

4S-Van의 카메라는 렌즈의 초점거리가 짧기 때문에 항측용 카메라에 비하여 카메라와 객체간의 거리가 오차에 많은 영향을 미친다. 따라서, 검증점을 대상으로 object distance에 따른 오차를 분석하였다.

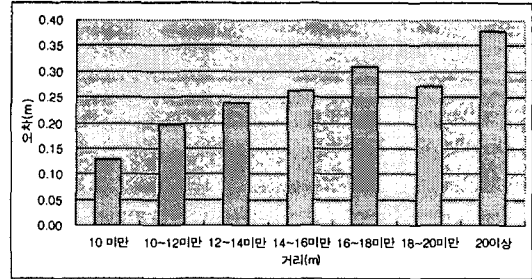


그림 7. Object distance별 오차 분석

그림에서와 같이 카메라와 객체간 거리가 가까울수록 높은 정확도를 보이고 있으며, 20m 이상에서는 0.38m의 오차를 보이고 있다.

라. 객체별 특성에 따른 분석

객체의 특성별 정확도 분석은 특이점이 존재하느냐 또는 렌즈와의 거리에 영향을 미치느냐에 대한 분석으로, 분석결과 선형 객체인 도로가 0.15m로 오차가 제일 적다. 선형객체의 영상에 점형 및 면형에 비하여, 카메라와의 거리가 최소인 구간에서 취득이 가능하기 때문에 다른 시설물에 비하여 높은 정밀도를 보인다.

표 4. 객체별 오차분포

| 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 |
| 선형 | 전신주 | 0.28 |
| | 도로 | 0.15 |

마. 기타 오차 발생 요인

3차원 좌표추출과정에서 발생할 수 있는 오차는 입체영상에서 동일한 영상좌표 취득이 어렵기 때문이다. 이는 작업자의 과오뿐만 아니라 낮은 영상해상도로 인하여 오차 발생가능성이 있다. 본 실험에서도 3건의 작업자 과오 및 8구간의 영상해상도 문제로 높은 오차를 보였다.

3.2 수정가능 레이어 검증

GPS-Van으로 취득한 지형지물 데이터 중에서 취득 용이성에 따른 수정 범위를 결정하였다. 수정 범위는 교통, 건물, 시설, 식생, 수계, 지형, 경계, 주기로 이루어진 대분류에서 수정이 가능한 부분의 소분류로 상세히 선정하였다.

1:1000의 경우 전체 레이어의 61%가 수정이 가능하며, 교통 레이어는 나루, 나루노선을 제외한 91%가 가능하며, 시설의 경우 댐, 부두 등을 제외한 도로기반의 시설물들은 모두 가능하였다.

표 5. 취득가능 레이어

| 축척 | 레이어 | 교통 | 건물 | 시설 | 식생 | 수계 | 지형 | 경계 | 주기 |
|---------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1/1000 | 전체 | 22 | 2 | 54 | 3 | 8 | 5 | 3 | 5 |
| | 가능 | 20 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/5000 | 전체 | 17 | 2 | 38 | 4 | 8 | 5 | 3 | 4 |
| | 가능 | 15 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/25000 | 전체 | 11 | 1 | 14 | 1 | 8 | 2 | 3 | 4 |
| | 가능 | 8 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

3.3 작업의 효율성 검토

GPS-Van은 공간정보, 영상정보, 속성정보 등을 one-step 방식으로 획득이 가능하기 때문에 작업공정의 단순화를 통한 비용 및 시간의 절감효과를 가져온다.

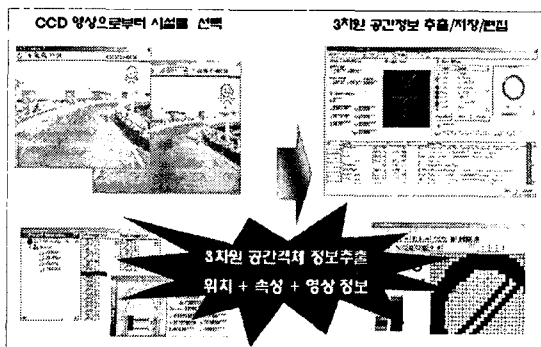


그림 8. GPS-Van을 이용한 DB 구축

특히, 도로기반의 수치지도 수정갱신 및 교통 DB 구축은 지리조사, Total Station 및 평판 등과 같은 지상측량 방법을 이용하기 때문에 인력 및 비용이 많이 소요되고

있다. 하지만 GPS-Van을 활용할 경우, 단순한 작업공정 및 객관적 자료 확보 등으로 효율적 작업뿐만 아니라 신뢰도가 높은 데이터의 획득이 가능하다.

GPS-Van을 이용한 교통지리정보 구축은 기존의 지상측량방법과 비교하여 외업을 통한 데이터의 취득과 내업을 통한 공간정보 및 속성정보의 구축이 가능하며, 작업공정이 단순하기 때문에 작업 공정이 효율적이며, 신뢰성 있는 작업 수행이 가능하다. 따라서 저비용, 고효율로 수치지도 수치수정 갱신 및 교통지리정보의 구축이 가능하다.

표 6. 지상측량과 GPS-Van의 장단점

| 구분 | 장점 | 단점 |
|---------|---|---|
| 지상측량 | ·높은 정확도의 데이터 취득 가능 | ·인력 및 시간이 많이 소요(=>고비용) ·객관적인 근거자료 없음 ·개인적인 작업 능력에 따른 정확도 ·기후의 영향 |
| GPS-Van | ·외업의 최소화, 공정단순화를 통한 시간적 비용적 절감 효과 ·정확도의 균일성 유지 ·공간정보 및 속성정보 구축 가능 ·영상DB 구축으로 객관적인 근거자료로 활용 ·시설물관리 분야 활용 가능(영상DB 연계) | ·고가의 장비 ·주차차량 등과 같은 장애물 영향 |

4. GPS-Van 활용 방안

4.1 정확도 향상을 위한 작업지침안 마련

양질의 데이터 획득을 위해서는 작업계획에서부터 철저한 준비가 이루어져야 한다. 특히, GPS-Van은 GPS, IMU, CCD 영상 등의 품질 및 작업자의 숙련도에 따라 정확도가 다르다. 따라서 GPS, IMU, Object Distance 등의 오차 요인 분석 결과를 기초로 양질의 GPS, IMU, CCD 획득 및 3차원 좌표추출과정에서 발생하기 쉬운 오차를 제거할 수 있도록 작업지침안을 마련하였다.

표 7. 작업지침안

| 구분 | 작업지침(1:1000 정확도 기준) |
|-----------------|---|
| GPS 수신상태 | <ul style="list-style-type: none"> •PDOP이 4이하의 데이터만 활용 •Cycle Slip이 최대 3분을 넘지 않도록 주행계획 수립 |
| IMU 상태 | <ul style="list-style-type: none"> •유턴 및 급회전 수행 후 IMU의 안정화 •IMU의 신속한 영속도 보정 (Zero Velocity Update)로 오차 발산 방지 |
| Object Distance | <ul style="list-style-type: none"> •차량의 속도 및 촬영속도 조절로서 시설물이 최대한 가까운 거리에서 촬영 •카메라의 초점거리가 4mm에서는 20m 이하에서 데이터 취득 |
| 기타 | <ul style="list-style-type: none"> •점형 객체(가로수 등) 도화시 시설물 중심과 표면과의 거리를 고려한 도화 필요 •측량 계획시 역광이 적은 시간대를 이용하며, 영상의 명암을 조절할 수 있는 영상처리 알고리즘 및 정밀한 에피폴라 라인 생성 알고리즘 추가 |

4.2 활용 가능 분야

GPS-Van에서 취득된 CCD 영상 및 Video 영상은 공간지리데이터가 실제로 어떠한 모습으로 존재하고 있는지에 대한 정보를 쉽게 획득 가능하기 때문에 사용자에게 현실세계와 컴퓨터상으로 표현되는 지리공간데이터의 관계성을 정확하고 빠르게 제공이 가능하다. 특히 타 지리정보와의 연계를 통한 효율적 및 다양한 분야에 활용이 가능하다. 특히 텔레매틱스 인프라 구축 및 교통지리정보 DB 구축, 도로시설물 관리 DB 구축을 수행이 가능하며, 영상정보의 활용도 또한 높다.

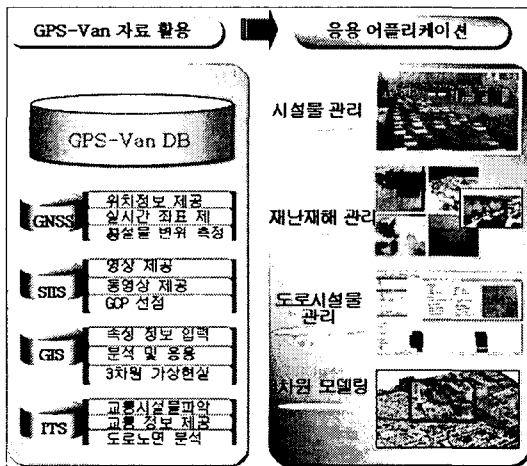


그림 9. GPS-Van 활용분야

5. 결론

정보화 사회에서 요구하는 신속하고 정확한 지형지물의 위치 및 속성정보를 제공하기 위하여, GPS-Van을 이용한 도로 기반의 수치지도 수시수정 가능성 정확도, 가능레이어, 활용도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 내렸다.

첫째, 14구간의 정확도를 분석한 결과 RMSE가 0.213m로 1:1000 이상의 대축척 지도의 요구정확도를 만족하였다.

둘째, GPS-Van의 취득 가능 레이어 분석결과 61%의 가능율을 보이며 도로기반 시설물 및 교통 레이어들은 모두 취득이 가능하였다.

셋째, GPS-Van은 기본 취득 데이터인 공간 및 속성과 영상정보를 일괄 통합 방식으로 취득하기 때문에 DB 구축에 있어 기존의 방법에 비하여 매우 효율적이다.

본 연구를 통하여, 도로기반의 수치지도 수정갱신에 작업의 효율성 및 정확도 부문에서 활용가능성이 아주 높은 것으로 분석되어졌다. 또한, 국가 3차원 GIS DB 구축 및 교통 DB와 같은 다양한 형태의 공간 DB 구축 사업과 각종 GIS 시스템과의 연계를 통하여 다양한 형태의 정보제공 및 다양한 분야의 시장 창출 효과가 기대된다.

참고문헌

1. 국토지리정보원, 수치지도 작성작업규칙.
2. 김진원, 지규인, 이장규, 이영재(1996), GPS와 Dead-Reckoning을 이용한 항법 시스템 설계, 제어,자동화, 시스템공학 논문지, 제2권,제3호, pp.188-193.
3. 김진원(1998), GPS 반송파 위상과 INS를 상호 보완적으로 이용한 자세 추정, 서울대학교 박사학위논문.
4. 박흥원(1998), 스트랩다운 관성 항법장

- 치의 영속도 보정 칼만필터 구성 및 성능분석, 서울대학교 박사학위논문.
5. B.W. Parkinson, J.J. Spilker(1996), Global Positioning System: Theory and Application vol. III. AIAA, Washington.
 6. B.W. Parkinson and J.J. Spilker Jr.(1996), Global Positioning System: Theory and Applications, AIAA Inc.
 7. D. Manandhar, R. Shibasaki(2000), Prototype development for vehicle based laser mapping system(VLMS), International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B2. Amsterdam.