

# 도로관리통합시스템을 위한 도로영상수집차량 개발

Development of Highway Photologging Vehicle for the Highway Management System

정동훈\* · 성정곤\*\*

Jeong, Dong Hoon · Sung, Jung Gon

## 1. 서론

기존의 도로 관련 시스템들(도로대장전산화 ; NAHMIS, 포장관리시스템 ; PMS, 교량관리시스템 ; BMS, 교통량조사시스템 ; TMS, 도로절개면유지관리시스템 ; CSMS)은 단위 업무 중심의 개별 시스템으로 운용되어 자료의 공유가 불가능하고 자료의 중복 저장에 따른 많은 시간 및 비용이 소요되었다. 이러한 문제를 해결하고 도로의 체계적인 유지관리를 위해 한국건설기술연구원에서는 건설교통부의 지원을 받아 1997년부터 도로관리통합시스템(Highway Management System, HMS) 개발 연구에 착수하였다. 도로관리통합시스템은 기존의 도로 관련 시스템에 통일된 이점관리체계를 적용하여 도로관리용 수치지도와 도로영상 등 각종 도로 관련 정보를 연계함으로써 자료의 중복 저장을 방지하고 시스템간의 정보 공유를 통해 도로 시설물의 종합적인 정보를 제공할 수 있는 시스템으로 개발되었다.<sup>(1)</sup>

또한 최근에는 기존의 문서를 기반으로 한 기존관리시스템의 통합에 그치지 않고 시스템 사용자가 도로 현황을 더욱 파악하기 쉽도록 하기 위해 도로상의 위치정보를 가진 디지털 영상을 제공하는 방안을 추진 중에 있다. 대상으로 하는 도로는 총연장 약 12,000km(상·하행 약 24,000km)의 일반국도이다. 이를 위해 한국건설기술연구원에서는 도로를 주행하면서 일정 거리간격으로 2매의 고해상도의 칼라 CCD영상을 취득할 수 있는 도로영상취득차량을 개발하였다.

이 차량의 운영을 통해 도로관리자에게 실제적인 도로 현황을 시각적으로 제공함으로써 문자 정보에 대한 전달 능력의 한계를 보완하고, 재해 시에는 사무실에서도 특정위치의 현황을 쉽게 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 도로영상수집차량

도로시설물의 정확한 위치를 결정하기 위해서는 주행 중 카메라가 탑재된 차량의 위치뿐만 아니라 영상을 통해 시설물의 위치를 결정할 수 있도록 사진측량학적인 기술을 적용하여야 한다. 근래에 국내외에서 이 기술을 적용하여 대상물의 위치를 약 30cm내외의 정확도로 결정할 수 있도록 개발된 것이 차량측량시스템(Land-based Mobile Mapping System)이다.

도로영상수집차량은 차량측량시스템과 마찬가지로 언제 어디서든 차량의 위치를 정확하게 결정하기 위해 위성측위시스템(GPS: Global Positioning System), 관성측정장치(IMU: Inertial Measurement Unit), 거리측정장치(DMI: Distance Measuring Instrument) 등을 사용한다. GPS만을 단독으로 사용하더라도 차량의 위치는 알 수 있으나 지역 여건에 따라서는 GPS 신호를 수신하기 어렵거나 정확도가 떨어지는 현상이 발생한다. 따라서 IMU와 DMI와 같은 장치들을 통합하여 사용하는데, 이는 위치결정의 정확도를 높이고 GPS의 수신이

\* 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 선임연구원 · 공학박사, E-mail: gisjeong@kict.re.kr

\*\* 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 수석연구원 · 공학박사, E-mail: jgsung@kict.re.kr

어렵거나 불가능한 지역에서도 지구상의 3차원 위치를 정확히 측정할 수 있다는 장점이 있다.<sup>(2)</sup>

차량측량시스템은 대상물의 위치를 정확히 결정할 수 있다는 장점은 있지만 2대 이상의 카메라로 동일한 영역을 중복 촬영하여야 하고 카메라검교정, 직접위치참조, 3차원위치결정 등의 작업과정을 필요로 한다. 그러나 도로영상수집차량에서 영상을 취득하는 주 목적은 도로의 현황을 파악하기 위한 보조적인 수단으로 사용하기 위한 것이기 때문에 수치사진측량을 하지 않는다. 따라서 영상을 중복촬영하지 않고 전방과 후측방을 서로 다른 카메라로 동시에 촬영한다. 대신 위치를 알고자 하는 시설물이 있을 경우에는, 차량이 그 시설물에 가장 근접할 때 작업자가 키패드상의 해당 키를 누름으로써 3차원 위치를 결정할 수 있도록 하였다. 다음의 그림 1은 도로영상수집차량의 외관을 보인 것이고 그림 2는 차량 내부를 나타낸 것이다.



그림 1. 도로영상수집차량

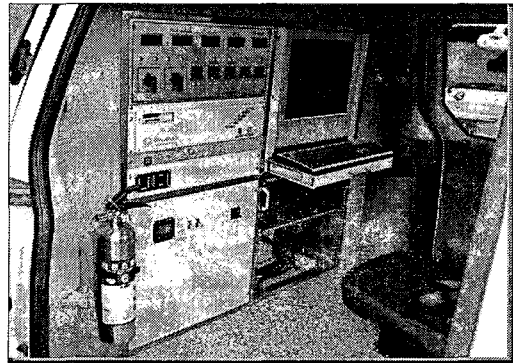


그림 2. 차량내부

### 3. 위치측정시스템

본 연구에서는 차량의 주행 중에 위치 및 자세를 측정하기 위해 자료 수신용 컴퓨터와 4개의 센서(IMU, DMI, 2개의 GPS 안테나)로 이루어져 있는 캐나다 Applanix사의 POS LV 장비를 사용하였다. 수신된 자료는 POSPac이라고 하는 후처리 프로그램을 통해 영상이 촬영된 시점의 정확한 위치와 자세를 산출하는데 사용된다. 특히 후처리 시 위치결정정확도는 평면에서 약 2cm 높이에서 약 3cm의 평균제곱근오차(RMSE: Root Mean Square Error)를 나타내는 것으로 알려져 있다.<sup>(4)</sup>

#### 3.1 위치 및 자세 측정시스템(POS LV)

POS LV는 센서들이 최적의 상태로 동작할 수 있도록, 센서의 상태를 감시하여 동작이 잘 되지 않는 센서가 있을 경우 이를 분리하고 재설정할 수 있는 기능을 가지고 있다. 또, 센서의 동작 중에 칼만필터링 기술을 적용하여 센서에러를 추정할 수도 있다. 이 시스템은 GPS 자료를 수신할 수 없는 경우에도 IMU와 DMI를 이용하여 연속적인 위치자료를 계산하여 제공한다.

POS LV는 별도의 운용프로그램 없이 독립적으로 실행되기도 하지만, 각 센서의 동작 상태를 감시하고 현황을 파악하기 위해 Windows 기반의 LV-POSView S/W 이용하여 실행한다. 또, 차량에 각 센서를 장치하고 설정값을 입력할 때도 사용된다. POS LV는 LV-POSView와 Ethernet 선을 이용해 통신이 이루어진다. 컴퓨터 모니터에 표시되는 자료는 POS LV로부터 UDP(Universal Datagram Protocol)을 사용하여 전송된다. 따라서 여러 대의 컴퓨터가 Ethernet 망에 연결되어 있다면 POS LV 자료를 동시에 받아들일 수 있다. LV-POSView는 다른 컴퓨터로부터 명령을 주고받지 못하도록 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)를 통해 POS LV에 명령을 전송한다. 자료는 1초에 한번 LV-POSView에 전송되



며 실시간 이용이나 자료수신을 위해 Ethernet을 통해 고속의 방송이 가능하다.<sup>(5)</sup>

### 3.2 POSPac

POSPac은 위치 및 자세 측정시스템으로 취득한 자료를 통해 영상이 촬영된 시점의 차량 위치와 자세를 산출하는 후처리 S/W이다. POSPac은 Extract, POSGPS, POSProc, OUTPUT 등 4개의 모듈로 이루어져 있다.

## 4. 영상취득 및 동기화 장치

### 4.1 영상취득 장치

칼라 영상은 식별성이 좋을 뿐만 아니라 흑백영상보다 훨씬 더 많은 정보를 담고 있기 때문에 영상을 활용할 수 있는 분야도 넓다. 불과 몇 년 전까지만 해도 정밀 측정용으로는 흑백 CCD 카메라를 주로 사용했었다. 공간해상력을 높이기 위해서 분광해상력을 포기한 것이다. 그러나 근래에는 CCD 카메라 기술이 비약적으로 발전함에 따라 칼라를 구현하면서도 높은 공간해상력을 가진 고해상도 칼라 카메라를 사용할 수 있게 되었다. 다음의 표 1은 본 연구에서 사용한 영상취득 장치로서 CCD 카메라와 렌즈, 프레임그래버에 대한 사양을 간단히 정리한 것이다.

JAI CV-M7+ CL은 RGB 우선 칼라 모자이크 필터를 사용하는 순차스캔(Progressive Scan)방식의 고해상도 칼라 IT-CCD 카메라이다. 이 카메라의 픽셀은 정방형이므로 특히 처리, 측정, 분석용으로 적합하다. 프레임그래버는 카메라에 들어오는 연속된 영상신호를 받아들여 정지영상으로 저장하는 PCI(Peripheral Component Interconnect) 카드를 말한다. 카메라에서 취득한 자료는 프레임그래버에 전송되는데 프레임그래버는 이를 수집하고 소프트웨어 변환을 통해 칼라 영상을 표시하는 역할을 한다. 렌즈는 단초점 Auto-Iris 방식을 사용하였는데 이는 영상의 포괄면적을 일정하게 유지하는 동시에 빛의 밝기가 일정하지 않은 경우에도 동일한 밝기의 영상을 제공한다.

표 1. 영상취득장치 사양

항목	내용
카메라	JAI CV-M7+ CL (칼라)
영상 크기	1380 * 1030 (저장용량: 4.264MB/매)
셀 크기	6.45 $\mu$ m * 6.45 $\mu$ m
유효 칩 크기	8.90mm * 6.64mm
CCD 센서	Digital 2/3" progressive scan IT CCD
렌즈	Cosmicar/Pentax 16mm, Auto-Iris
수평 시야각	31° 5' 19"
수직 시야각	23° 27' 25"
프레임그래버	Matrox Meteor-II Camera Link

그림 3은 영상취득 프로그램의 실행화면을 나타낸 것이다. 프로그램을 실행한 뒤 "Grab Start" 버튼을 클릭하면 동기화장치로부터 매 10m마다 발생하는 신호에 의해 영상이 취득된다. 또 "Save" 버튼을 클릭하면



취득된 영상이 저장된다. 카메라는 약 1.9m 높이의 차량 지붕에 설치하였고 카메라의 방향을 쉽게 조정할 수 있도록 Pan/Tilt 마운트를 사용하였다. 모니터 화면의 해상도가 일반적으로 1380\*1030 화소이고 두 개의 영상을 동시에 한 화면에 표시하여야 하기 때문에 영상을 1/3로 축소하여 나타내도록 하였다. 물론 저장되는 영상의 크기는 1380\*1030로 유지된다. 본 연구에서 개발한 영상취득 프로그램은 다음과 같은 특징을 갖는다.

- ① 동시에 두 대의 카메라 영상을 취득할 수 있으며 자동저장 여부를 선택할 수 있다.
- ② 10m 거리간격으로 영상을 자동 취득할 수 있다.
- ③ 화소값에 대한 각 색상의 강도와 화소값에 따른 각 색상의 밝기를 조정할 수 있다. 즉 게인값 설정이 가능하다.
- ④ 영상은 bmp 형식으로 저장된다.(1 scene 당 4.1MB)

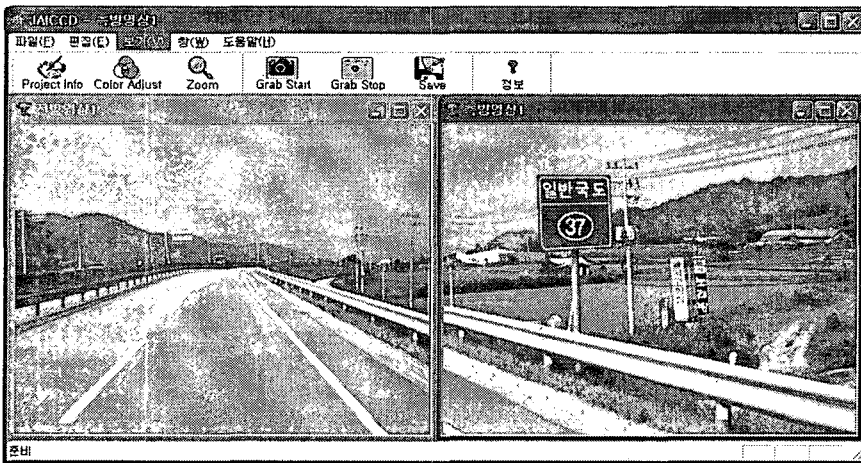


그림 3. 영상취득 프로그램

매 10m마다 취득되는 도로영상은 그 수와 용량이 크기 때문에 영상취득 시의 정보를 알지 못하면 영상의 활용이나 관리의 측면에서 혼란이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 각 작업에 대한 정보를 기록할 수 있는 프로젝트정보 입력창을 두어 영상취득 작업을 시작하기 전에 각 정보를 입력하도록 하였다.

그림 5의 “Project Info” 버튼을 클릭하면 그림 4와 같은 프로젝트정보 입력창이 나타난다. 각 정보를 입력하고 로그파일 “저장”버튼을 클릭하면 저장파일명을 선택할 수 있다. 프로젝트 파일에는 날짜 및 시간, 영상을 취득하는 국도의 관리 사무소, 국도의 번호, 상하행 구분, 영상촬영 시작점의 거리표, 영상 시작번호 등이 기록되고 부가적으로 영상저장경로가 기록된다. 이때 하드디스크의 속도를 감안하여 두 개의 하드디스크를 사용하여 각 영상이 각기 다른 디스크에 저장되도록 하는 것이 효과적이다.

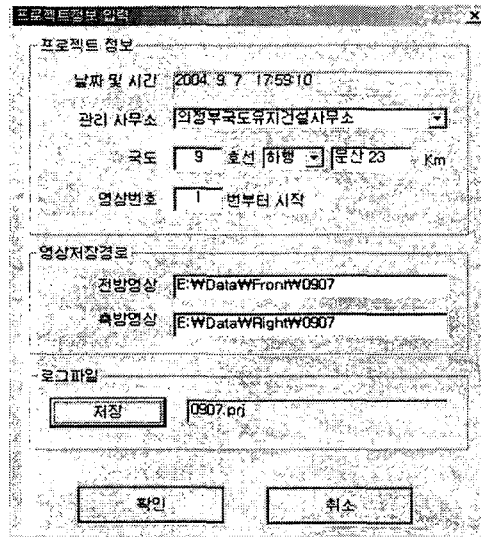


그림 4. 프로젝트정보 입력창

#### 4.2 동기화 장치의 개발

도로영상수집차량에 설치된 다중센서들로부터의 신호를 동기화하기 위해 동기화장치를 개발하였다. 본 연구에서 동기화장치는 두 가지 역할을 담당한다. 첫 번째 역할은 매 10m마다 이벤트를 발생시켜 CCD 영상을 취득하는 것이고 두 번째는 키패드의 키가 입력될 때마다 그 GPS time과 키 번호를 컴퓨터에 저장하는 역할이다.

첫 번째 역할은 그림 5에 보인 바와 같이 DMI로부터 입력되는 회전수를 누적하여 10m에 해당하는 회전수가 되면 1회의 이벤트 신호를 발생시켜 POS 시스템과 컴퓨터의 PCI 슬롯에 삽입되어 있는 프레임그래버에 신호를 주게 된다. 프레임그래버는 CCD 카메라를 작동시켜 영상을 취득하고 하드디스크에 저장하도록 한다. 이때 POS 시스템으로 입력된 이벤트는 GPS time과 함께 저장된다. 이렇게 취득된 자료는 GPS time을 매개로 하여 영상이 촬영된 시점의 위치 및 자세정보를 계산하게 된다.

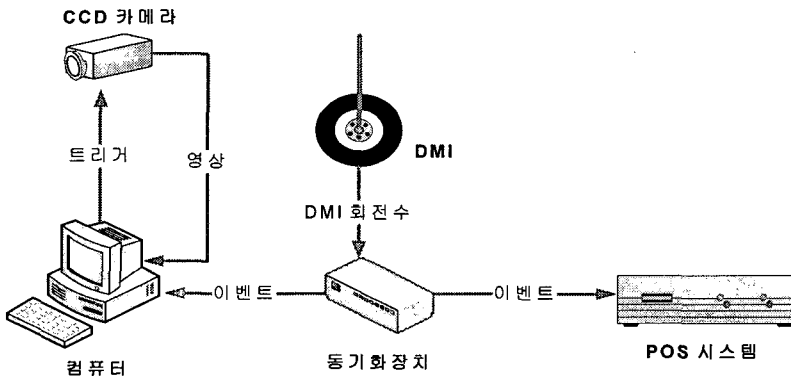


그림 5. DMI 회전수에 의한 시스템 동기화

두 번째 역할은 차량의 주행 중에 작업자가 임의로 키패드를 통해 이벤트를 입력할 때 유용하게 사용된다(그림 6 참조). 즉, 교량이나 교차로, 터널 등과 같이 시설물의 정확한 위치보다는 어떤 종류의 시설물의 어느 정도의 위치에 있는지를 쉽게 파악하기 위한 경우에는 차량이 도로를 주행하는 중에 해당하는 키를 누름으로써 대략적인 시설물의 위치를 효율적으로 파악할 수 있다. 이 경우 동기화장치는 GPS time을 POS 시스템으로부터 받아서 자체 시계를 동기화 해 두었다가 이벤트가 들어올 때의 GPS time과 눌린 키 번호를 컴퓨터에 넘겨주게 된다. 동시에 POS 시스템에도 이벤트를 입력하여 후처리 시 이벤트가 입력된 시점의 위치를 알 수 있도록 한다.

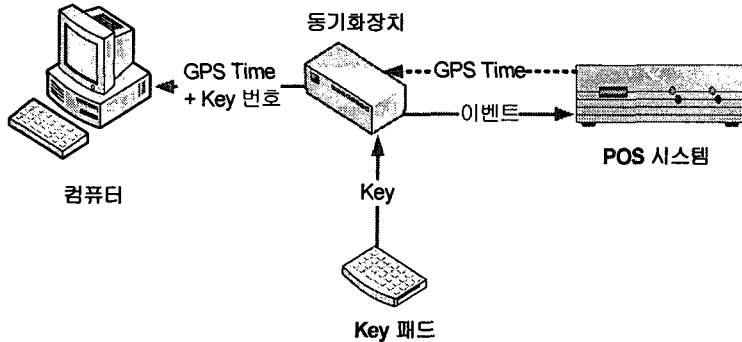


그림 6. Key 입력으로 GPS time 가져오기

### 5. 실험 및 결과

도로영상수집차량에 위치 및 자세 측정시스템을 장치하고 한국건설기술연구원(이하 건기연) 주변의 도로를 주행하여 대략적인 위치측정정확도를 산정하였다. 이를 위해 건기연 내에 GPS기준점을 설치하고 차량의 운행 중에 GPS 신호를 수신하여 후처리 시 기준국 자료로 사용하였다. GPS기준점은 LEICA SR9500 수신기를 사용하여 30초 간격으로 12시간동안 수신하였으며, 이 자료를 다시 서울의 서울산업대학교와 수원외국어학교의 국토지리정보원 상시관측소 자료를 사용해 처리하였다. 차량의 주행 시에는 이 기준점에 수신기를 세우고 1초 간격으로 GPS 신호를 수신하였다.

실험주행 노선은 건기연에서 출발하여 대화역과 주엽역을 지나 장항IC를 거쳐 자유로로 진입한 후 다시 이산포IC를 통해 원내로 돌아오는 약 13km이며 위치정확도 산정을 위해 약 4km 구간에 대해서는 2000년에 국토지리정보원에서 제작한 1:1,000 수치지도를 사용하였다. 그림 7은 차량의 운행궤적과 1:1,000 수치지도를 중첩하여 나타낸 것이고 좌측상단은 실험 주행한 전체 노선을 나타낸 것이다. 수치지도상에 나타난 도로주변에는 높은 건물이 많고 도로 위에는 2개의 육교가 지나고 있어 GPS 신호 수신에 어려움이 있는 곳이었다. 교차로와 횡단보도가 많아 정차한 곳이 많았지만 주행 시의 평균속도는 약 40km/h 정도를 유지하였다.

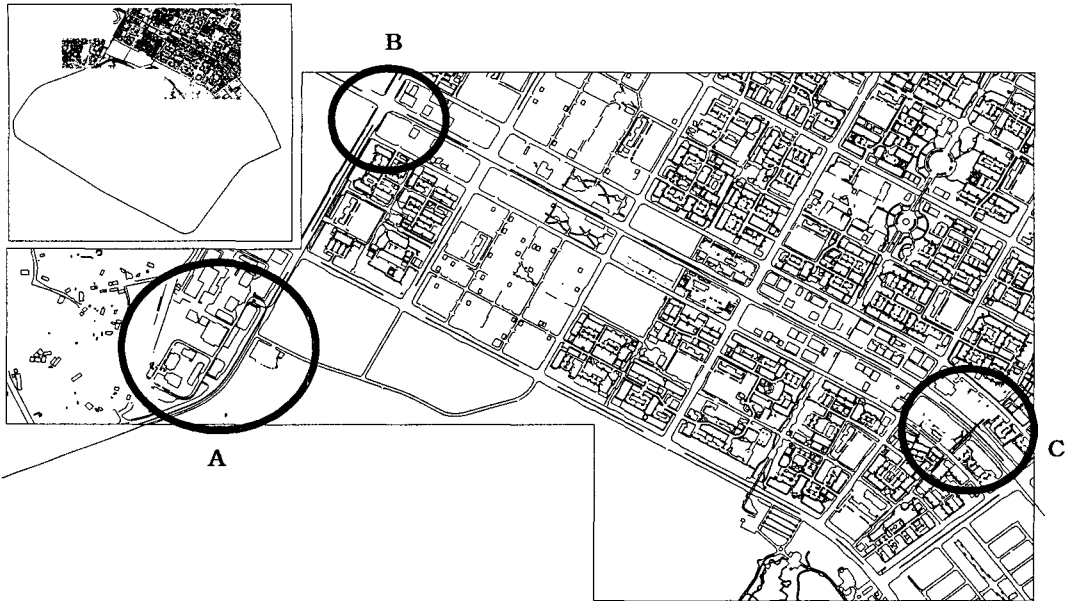


그림 7. 차량운행궤적과 1:1,000 수치지도의 중첩

POSPac의 출력결과에 의하면, 차량의 위치결정 시에는 평면의 경우 1.157m, 높이의 경우 1.654m의 표준편차를 보였다. 이는 단지 GPS, IMU, DMI 등의 자료에 의해 결정된 좌표의 신뢰도를 나타낸 것이다. 실제 위치 정확도를 파악하기 위해서는 POSPac에서 출력한 위치와 실제 위치 간의 차이를 비교하여야 한다.

본 연구에서는 그림 7과 같이 평면위치정확도가 30cm로 알려진 1:1,000 수치지도를 기준으로 위치를 비교하였다. 정확한 위치 비교를 위해서는 수치지도상의 특정 위치를 차량이 지나가야 하지만 이런 경우에도 편심오차가 존재하므로 우선은 차량궤적과 도로의 선형을 시각적으로 비교해 보았다. 그림 7의 A 지역은 건기연과 교통개발연구원 구내의 도로를 주행한 궤적으로 도로 폭은 약 8m이다. B 지역은 교차로로서 도로 폭이 16m이고 C지역은 육교가 있는 지역으로서 도로 폭이 15m이다. 지도상 모든 지역에서 주행궤적이 도로선형과 일치하며 특히 도로 폭이 좁거나 회전이 발생한 지역, 육교가 있어 GPS 수신에 장애가 있는 지역에서 모두 선형이 일치함을 알 수 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 도로관리통합시스템에 도로영상을 제공하기 위해 도로를 주행하면서 일정 거리간격으로 2매의 고해상도의 칼라 CCD영상을 취득할 수 있는 도로영상취득차량을 개발하였다. 이 차량은 GPS, IMU, DMI 등의 센서를 통해 영상촬영지점의 평면위치를 약 2cm 이내의 정확도로 결정하는 것으로 알려져 있으나 실제 주행실험을 통해 도로영상수집차량으로서 요구되는 평면위치정확도를 나타내는 것을 알 수 있었다. 도로영상수집차량에서는 매 10m마다 영상을 취득하며 각 영상마다 위치정보가 기록되도록 개발하였다.

이 차량을 이용하여 2006년 상반기까지 전국의 국도를 모두 촬영하고 거리표, 분기, 교량, 터널, 도로대장 구간, 경계표지판 등의 시설물의 위치정보도 함께 취득할 계획이다. 도로망도와 연계된 도로영상은 도로현황을 보다 신속하고 명확하게 파악할 수 있으므로 도로관리 및 대책수립에 유용하게 사용될 것으로 기대된다.



### 참고문헌

1. 건설교통부, 도로관리통합시스템 유지관리연구 1차년도, 2004.
2. 건설기술연구원, 도로시설물 DB 작성을 위한 *Digital Photologging* 활용방안, 2003.
3. 정동훈, 김병국, 차량측량시스템을 위한 영상취득 프로그램 개발, 개방형지리정보시스템학회 논문집 제 4권 제2호, pp. 35~40, 2003.
4. Applanix, *POS LV Specifications*, 2003.
5. Applanix, *POS LV User Manual*, 2003.
6. Cameron Ellum, Naser E-Sheimy, *Land-Based Mobile Mapping Systems*, PE&RS, January 2002.
7. Graefe, G., W. Casparty, H. Heister, J. Klemm and M. Sever., *The Road Data Acquisition System MoSES-Determination and Accuracy of Trajectory Data Gained with the Applanix POS/LV*. Proceedings of the 3rd International Symposium on Mobile Mapping Technology(MMS 2001). Cairo, Egypt. January 3~5, 2001. On CD-ROM, 2001.