



도로안전성 조사분석차량을 위한 영상취득시스템 개발

Development of Digital Image Acquisition System for the Road Safety Survey and Analysis Vehicle

정 동 훈* 윤 천 주** 성 정 곤***
 Jeong, Dong Hoon Yoon, Chun Joo Sung, Jung Gon

Abstract

Current roads were designed and constructed based on the design criteria and thus those were overly simplified drivers' needs. The road criteria do not suggest the desirable range of the design values but suggest the minimum requirements for the road design. Therefore, a completed road design based on the design criteria does not always guarantee the best design in terms of safety and it sometimes violates drivers' expectation. Therefore, the ROSSAV(ROad Safety Survey and Analysis Vehicle) is being developed by the KICT to evaluate road safety and increase driving safety. In this paper, the image capture system was described in detail.

The image capture system is consisted of two front view cameras, two side down-looking cameras and a synchronization device. Two front view cameras were used to take a picture of road and road facilities at the driver's viewpoint. Also, two side down-looking cameras were used to capture road surface image to extract lane markings. A synchronization device were used to generate image capturing signal at the fixed distance spacing such as every 10m. The front view images could be used to calculate and measure highway geometry such as shoulder width because every image is saved with it's locational information. And also the side down looking images could be used to extract median lane mark which representing road alignment efficiently.

Keywords : road safety, analysis vehicle, road image, system integration

요 지

현재의 도로설계기준은 안전주행을 위한 최소한의 요건만을 제시하고 있기 때문에 이 설계기준에 따라 건설된 도로는 운전자가 주행 중 기대하는 구조 및 환경을 충분히 반영하였다고 보기 어렵다. 따라서 한국건설기술연구원에서는 도로의 안전성을 평가하고 주행안전성을 제고하기위해 도로안전성 조사분석차량을 개발하고 있다. 본 논문에서는 이 차량에 탑재된 다양한 자료수집 장비 중 일정거리간격으로 디지털 영상을 취득하는 영상취득시스템에 중점을 두고 기술하였다.

영상취득시스템은 도로 및 주변시설물을 운전자의 시점에서 촬영하는 전방카메라와 차선추출을 위해 차량의 좌우에서 도로면을 촬영하는 측하방카메라, 일정거리간격으로 영상촬영 신호를 발생하는 동기화장치로 이루어져 있다. 각 영상은 위치정보와 함께 저장되므로 전방영상은 길어깨 폭 측정 등의 기하구조 계산에 사용되고, 측하방영상은 도로의 선형을 대표하는 중앙차선을 추출하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 도로안전, 분석차량, 도로영상, 센서 동기화

* 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 선임연구원 · 공학박사
 ** 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 연구원 · 공학석사
 *** 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 수석연구원 · 공학박사

1. 서론

현재의 도로는 도로설계기준에 따라 건설되고 있으나 이 설계기준은 운전자가 도로를 주행하면서 기대하는 도로의 구조 및 환경을 적절히 반영하고 있다고 보기 어렵다. 현재의 도로설계기준은 최소한의 요건만을 제시하고 있기 때문이다. 따라서, 운전자의 주행 기대심리와 같은 인간요소에 대한 검토를 위해서는 도로의 시공 후 도로의 3차원적 선형, 환경 등을 수집하고 분석하여 도로의 안전성을 확보하기 위한 대책을 마련해야 할 것이다(한국건설기술연구원, 2003).

이런 필요에 따라 한국건설기술연구원에서는 도로 안전성 조사분석차량을 개발하고 있다(그림 1 참조). 도로안전성 조사분석차량이란, 도로의 안전성 평가를 위한 도로 기하구조 정보 등을 수집하고 이를 토대로 도로의 결함구간을 분석하는 차량을 말한다. 이 차량은 다양한 장비를 사용하여 도로 및 도로시설물에 대한 위치와 속성정보를 취득하는데 본 논문에서는 전방카메라와 측하방카메라, 동기화장치로 이루어진 영상취득 시스템에 중점을 두고 기술하고자 한다.

영상시스템을 통해 취득되는 도로현황은 우선 노면상의 차선, 제한속도, 진행방향, 횡단보도 등이 있으며 교통표지판, 신호등과 같은 도로시설물이 있다. 전방카메라는 운전자의 주행안전성에 영향을 미치는 이와 같은 도로 및 도로시설물의 위치정보와 속성정보를 취득하고 중앙분리대, 방음벽 설치구간에서는



그림 1. 도로안전성 조사분석차량

높이 측정을 통해 시거를 계산하는데 사용된다. 또 곡선구간에서는 길어깨 폭을 측정하는데도 사용된다. 측하방카메라는 차로 폭 계산과 도로선형파악에 사용된다. 도로선형을 통해 곡선구간일 경우 곡선시점, 곡선반경 등을 계산할 있고 준공도면과 실제 시공된 도로 간의 차이점을 명확히 파악할 수 있다.

2. 기존의 도로영상취득 시스템

사진기록차량(Photologging Vehicle)을 이용하여 도로시설물을 조사하는 연구는 1970년대에 미국에서 시작되었고, 1980년대 후반부터 위스콘신주, 뉴욕주, 코네티컷주 등의 교통국에서 고속도로에 활용하기 시작하였다. 거리계와 필름카메라를 사용하던 초기의 사진기록차량은 근래들어 차량측량시스템(Mobile Mapping System)으로 발전되어 가는 경향을 보이고 있는데 차량측량시스템이란 GPS, INS(Inertial Navigation System), 거리계 등의 센서를 통합하여 차량의 정확한 위치를 결정하고 2대 이상의 CCD 카메라로 도로시설물을 촬영하는 이동측량장비이다. 우리나라를 비롯한 미국, 캐나다, 독일, 일본, 이탈리아, 중국 등에서 활용되고 있으며 대부분 GPS와 INS를 포함한 고정밀 위치측정 장비를 기반으로 다양한 센서를 부착하여 사용하고 있다(Ellum 등, 2002). 특히 Roadware사에서 개발하여 상용화한 도로조사차량(ARAN : Automatic Road Analyzer)은 노면의 평탄성과 균열까지 측정할 수 있는 기능을 갖추고 있다. 우리나라에서는 이 엔지정보기술과 지피에스코리아에서 각각 차량측량시스템을 개발하여 운영하고 있으며 1:1,000 수치지형도 수정에 적합한 정확도를 가지는 것으로 보고되고 있다(국토지리정보원, 2004). 그러나 이들 시스템은 매 초 발생하는 전압신호(PPS : Pulse Per Second)에 의해 영상을 취득하므로 차량이 정지한 상태에서도 똑같은 영상을 계속하여 저장한다는 단점을 가지고 있다.

차량측량시스템을 통해 중앙차선을 추출하는 연구는 미국의 오하이오대학에서 최근 이루어졌는데, 이 연구에서는 한 대의 흑백 CCD 카메라로 6~8cm 정확도(RMSE)의 차선중심점을 추출할 수 있다는 것을 증명하였다(Toth 등, 2004).

3. 시스템 설계

영상취득시스템은 전방과 측하방을 촬영하는 CCD(Charge-Coupled Device) 카메라와 동기화 장치로 구성되어 있으며 차량 주행중에 영상취득 S/W가 운용된다. 차량의 전방에는 도로 및 도로시설물의 영상을 촬영하기 위한 2대의 칼라 CCD 카메라가 사용되고 측방에는 차선을 추출하기 위해 좌우로 각 1대의 흑백 CCD 카메라가 사용된다. 동기화 장치는 매 1m 및 10m마다 트리거(Trigger) 신호를 발생시켜 컴퓨터 내의 프레임그래버(Frame Grabber)로 보내게 된다. 프레임그래버는 영상취득 S/W와 연계되어 영상을 취득하고 가공하여 저장하는 기능을 담당한다.

전방카메라의 경우, 조사 대상물의 위치를 보다 정확하게 결정하기 위해서는 카메라간의 기선거리가 길수록 유리하고 장애물의 영향을 덜 받기 위해서는 지상으로부터 높이가 높을수록 유리하다. 또 측정거리가 먼 경우에는 위치결정오차가 급격하게 증가하므로 영상에서 카메라에서 대상물까지 약 35m 이내

인 경우에만 3차원 위치결정에 사용하는 것이 좋다. 측하방카메라의 경우에는 설치 높이가 높을수록 지상영역이 넓다.

3.1 도로시설물 조사

도로안전성 조사분석차량은 도로 안전성을 조사하고 분석하기 위한 시스템이기 때문에 도로의 현상을 정확하고 빠르게 취득하여야 한다. 또 취득한 영상을 통해 도로의 형상이나 도로시설물의 위치정보도 추출하여야 하기 때문에 고해상도, 고선명도의 CCD 카메라가 필요하다. 해상도가 높을수록 영상의 저장용량은 커지기 때문에 무조건 높은 해상도의 카메라보다는 저장장치의 처리속도 및 용량을 감안하여 사용하여야 한다. 일반적으로 사용되는 CCD 카메라가 단판 CCD 칩을 사용하여 흑백영상을 취득한 후 Bayer 필터 변환을 통해 칼라영상을 구현하는데 반해 본 연구에서 사용한 CV-M9CL은 3개의 CCD 판으로 이루어져 있으며 각 CCD 판마다 1024×768의 해상도를 가진다. 3개의 CCD판을 사용하는 카메라는 하나의 상을 각 CCD 판이 R(Red), G(Green), B(Blue) 3개의 색상으로 나누어 감지하기 때문에 단판 CCD에 비해 훨씬 높은 선명도의 영상을 얻을 수 있다는 장점이 있다(미래컴, 1999). 표 1에 전방카메라의 사양을 정리하였다.

전방카메라는 차량 앞쪽 지붕에 설치하였으며 카메라 간의 거리는 1.8m이며 높이는 지상으로부터 2.14m이다. 오른쪽 카메라는 전방을 향하게 하고

표 1. 전방카메라 사양(JAI, 2004)

항 목	내 용
카메라	JAI CV-M9 CL (3판, 칼라)
영상 크기	1034×779
셀 크기	4.65 μ m×4.65 μ m
유효 칩 크기	4.8mm×3.6mm
CCD 센서	Digital 3×1/3" progressive scan IT CCD
렌즈	Pentax 12mm
수평 시야각	22° 39' 25"
수직 시야각	17° 9' 57"
프레임그래버	Matrox Helios XCL

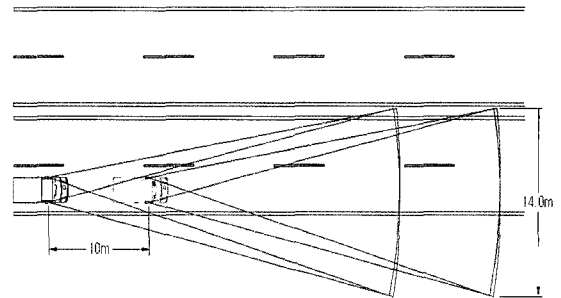
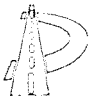


그림 2. 전방카메라 설치에 의한 지상 포괄영역



왼쪽 카메라를 오른쪽으로 3° 회전시키면 35m 전방에서 100% 중복영상을 얻을 수 있다. 이때 카메라의 수평 시야각이 22° 39' 25"이므로 중복영상의 폭은 그림 2에 보인 바와 같이 14m이다. 왕복 4차로 도로에서 최외곽차로를 주행하는 경우 도로뿐만 아니라 도로 주변의 시설물을 촬영하여 피사체의 3차원 위치결정이 가능하다. 또 매 10m마다 영상을 취득하므로 동일한 영역이 10m 간격을 두고 중복 촬영되어 누락되는 부분을 줄일 수 있으므로 조사분석의 신뢰성을 높일 수 있다.

영상을 통해 측량이 가능한 높이는 카메라의 주시 거리에 따라 다르게 나타난다. 주시거리란 카메라로부터 영상의 중심부에 촬영된 지상점까지의 거리를 말한다.

본 연구에서 사용한 카메라는 유효 칩 크기가 세로로 3.6mm이고 렌즈의 초점거리가 12mm이므로 표 1에 나타난 바와 같이 수직시야각은 17° 9' 57"이다. 이 카메라를 이용하여 주시 거리에 따른 측량가능 높이를 계산하면 그림 3과 같이 주시거리가 35m일 때는 35m 거리에서 5.254m까지의 높이를 포괄할 수 있고 주시거리가 50m일 때는 역시 35m 거리에서 5.900m까지 포괄할 수 있다. 즉, 주시 거리에 따라 포괄되는 높이가 달라지므로 측량 대상물의 높이에 따라 주시거리를 조정하는 것이 필요하다.

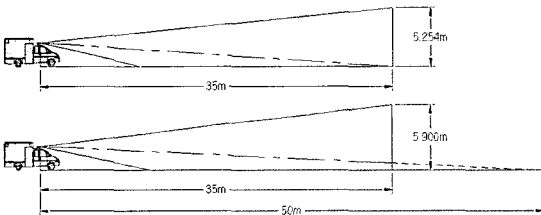


그림 3. 주시거리가 35m와 50m인 경우 35m 거리에서 측량가능 높이

주시 거리에 따른 측량가능 높이를 계산하는 하기 위해서는 그림 4에 나타난 바와 같이 $H=h_1+h_2$ 이므로 h_2 를 구하면 된다. 즉, 주시거리를 SD , 수직시야각의 절반을 α , 카메라의 높이를 h_1 , 카메라로부터 35m 거리에서 영상에 촬영되는 수직 높이를 H 라고

하면 $h_2=35 \times \tan \gamma$ 이다.

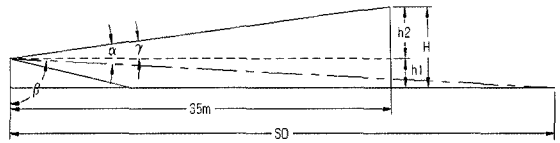


그림 4. 주시 거리에 따른 측량가능 높이 계산

또, 카메라 중심선과 수직선이 이루는 각을 β 라고 하면, $\gamma=\alpha+\beta-90^\circ$ 이고 $\beta=\tan^{-1}(\frac{SD}{h_1})$ 이기 때문에 계산식을 정리하면 다음과 같다.

$$H=h_1+35 \times \tan(\alpha+\tan^{-1}(\frac{SD}{h_1})-90^\circ)$$

위 식을 통해 계산된 주시 거리에 따른 측량가능 높이를 35m 거리에 대해 그림 5에 그래프로 나타내었다. 필요에 따라 40m 또는 50m 거리의 대상물도 측량이 가능하지만 측량정확도를 높이기 위해서 본 연구에서는 카메라로부터 35m 지점까지의 시설물만 측량하고 그 이상의 거리에 있는 시설물은 10m 전진 시에 촬영한 영상을 이용하였다.

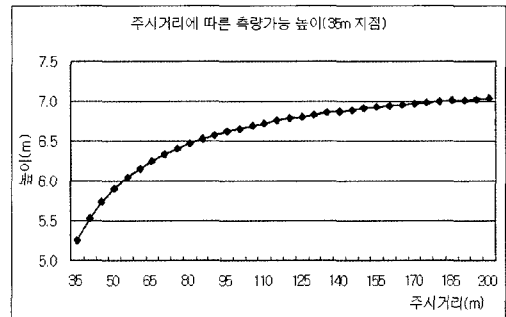


그림 5. 주시 거리에 따른 측량가능 높이

3.2 중앙차선 추출 및 차로 폭 조사

본 연구에서 측하방카메라를 사용하는 목적은 차량의 좌우 차선의 선형을 취득하고 차로 폭을 조사하기 위함이다. 측하방카메라는 전방카메라와는 달리 카메라로부터 지상까지의 거리가 일정하기 때문에 중복촬영하지 않아도 대상물의 위치를 결정할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 차량의 좌우에 각 1대의

표 2. 측하방카메라 사양 (SONY, 2002)

항 목	내 용
카메라	Sony XC-HR50 (흑백)
영상 크기	659×494 (326KB)
셀 크기	7.4 μ m×7.4 μ m
유효 칩 크기	5.84mm×4.94mm
CCD 센서	1/3" progressive scanCCD
렌즈	Pentax 8mm
수평 시야각	33° 54' 4"
수직 시야각	25° 44' 22"
프레임그래버	Matrox Meteor-II Multi Channel

카메라를 사용하였다.

카메라가 포괄하는 지상영역을 넓히기 위해서는 카메라의 높이를 높여야 하지만 장비의 안전을 고려하여 너무 높지 않도록 조정해야하고 좌우 두 차선을 모두 촬영하기 위해서는 카메라를 경사지게 설치해야한다. 차로 폭을 규정하고 있는 교통안전시설편람에 의하면 차로 폭은 3.25~3.5m로 도로의 종류에 따라 다르게 규정하고 있다(경찰청 2002). 이런 조건에 맞추어 본 연구에서는 차량의 지붕 위 2.7m 높이에 차량 바깥쪽으로 12° 52' 11"만큼 기울어지게 설치하였다. 이때의 영상 포괄면적은 지면에서 1.6m×1.3m이므로 1m마다 촬영할 경우 약 60cm 정도의 중복영역이 생긴다(그림 6 참조). 중복영역은 곡선반경이 작은 도로나 도로중심선형에 변화가 클 경우 연속성을 추적하는데 중요한 역할을 한다.

4. 시스템 개발

본 연구에서는 영상이 촬영된 위치를 이동중에도

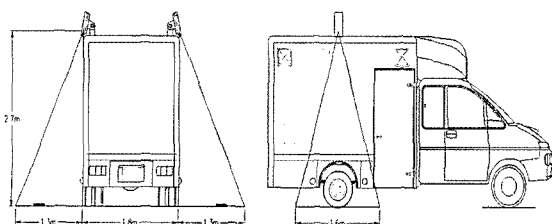


그림 6. 측하방 카메라의 설치에 따른 지상 포괄영역

정확하게 측정하기 위해 GPS와 INS를 통합하여 사용하였으며 일정거리마다 전방 및 측하방카메라를 동작시켜 영상을 촬영하기 위해 별도의 동기화장치를 개발하여 사용하였다.

4.1 위치측정

GPS-INS 통합시스템은 위성측위시스템(GPS)과 관성항법시스템(INS)을 결합시킴으로써 각 시스템이 가지는 단점은 보완하고 장점을 증대시키는 역할을 한다. 주행 차량의 위치, 속도, 가속도, 자세(pitch, roll, azimuth) 등의 자료를 취득한 후 후처리를 통해 영상이 촬영된 시점의 3차원 위치와 자세를 계산할 수 있다(Novatel, 2002).

GPS 자체만으로는 위성신호가 단절될 경우 위치를 측정할 수 없으며, INS 역시 시간에 따라 누적되는 바이어스를 제거하기 위해 정확한 초기위치를 제공받아야 한다. GPS-INS 통합시스템은 GPS 측정값이 정확할 경우 그 값을 INS에 입력한다. INS는 GPS 측정값이 입력되고 다음 입력 시까지 단독으로 동작하며 100Hz로 위치, 속도, 자세를 출력한다. GPS 위치가 계산되지 않거나 위성의 배치상태가 좋지 않아서 계산된 위치가 의심스러운 경우, INS 시스템은 자체의 가속도와 회전 측정값을 사용하여 위치, 속도, 자세를 산출한다. GPS없이 INS로부터 산출된 위치는 시간에 따라 그 정확도가 저하되지만, 도시지역의 빌딩 숲이나 터널과 같이 GPS 신호 단절이 짧은 구간에서는 GPS 신호를 곧바로 수신할 수 있기 때문에 INS 해는 매우 정확하다. 따라서 이 경우의 INS 해는 GPS 시스템에 입력되어 GPS 신호 단절 후 다시 위성을 찾는 데 보조적으로 사용되고 실시간 이동측량(RTK: Real-Time Kinematic)을 재초기화하는데 사용된다. 이렇게 GPS 시스템과 함께 INS 해를 사용함으로써 짧은 신호단절 구간에서 위성 재탐색 시간과 RTK 초기화 시간을 상당히 줄일 수 있게 된다.

4.2 시스템 동기화

본 연구에서는 개발된 동기화장치는 도로안전성 조사분석차량에 설치된 다중센서들로부터의 신호를 동기화하는 역할을 한다. 동기화장치는 거리계(DMI: Distance Measuring Instrument)로부터 입력되는 회전수를 누적하여 일정거리마다 이벤트 신호를 발생시킨다. 이벤트 신호는 자료저장용 컴퓨터와 영상저장용 컴퓨터의 PCI(Peripheral Component Interconnect) 슬롯에 삽입되어 있는 프레임그래버에 신호를 주게 된다. 그러면 프레임그래버는 CCD 카메라를 작동시켜 영상을 취득하고 하드디스크에 저장하도록 한다. 이때 자료저장용 컴퓨터로 입력된 이벤트는 GPS time과 함께 저장되고, 이렇게 취득된 자료는 GPS time을 매개로 GPS-INS 자료와 연계되어 영상이 촬영된 시점의 위치 및 자세정보를 계산하는데 이용된다.

도로안전성 조사분석차량은 위치 및 자세측정 장치로서 위성측위시스템(GPS)과 관성항법시스템(INS), 거리측정장치(DMI) 등을 사용하고 있다. 동기화장치는 GPS 수신기로부터 정확한 시간정보와 함께 1초마다 입력되는 PPS 신호를 받게 된다. 그러면 동기화장치는 GPS time에 맞추어 1/1000초의 정밀도를 가진 자체 시계를 가동하게 되고 시계는 PPS 신호에 의해 재설정된다. 따라서 동기화장치는

이들 센서로부터 입력되는 신호 및 자료를 정확한 시간과 함께 자료저장용 컴퓨터에 저장할 수 있는 것이다. 자료저장용 컴퓨터에는 전방영상과 측하방영상의 촬영시간, GPS 자료, 시간이 표시된 INS 자료 등이 저장되고 DMI 회전수에 따라 매 1m주행 시마다의 시간이 기록된다. 특히, 동기화장치는 전방카메라에는 매 10m, 측하방카메라에는 매 1m마다 신호를 발생시켜 전송한다. 그림 7은 동기화장치와 위치측정센서에 의해 통합된 영상취득시스템을 나타낸 것이다.

5. 영상 및 위치자료의 활용

영상취득시스템은 도로 및 주행차선의 선형, 도로 주변 환경 등을 조사하는데 사용되며 그림 8과 같은 수치사진측량을 통해 도로 및 도로시설물의 3차원 위치를 파악할 수 있다.

그림 7에서 카메라정보 파일은 CCD 카메라의 유효화소수, 셀 크기, 칩 크기 등을 비롯하여 검교정(calibration)을 통해 결정된 내부표정요소들을 모두 기록한 파일이다. 프로젝트 파일은 촬영시간, 노선번호, 시작위치 등 촬영환경을 기록함과 동시에 각 영상이 촬영된 순간의 차량 위치 및 자세를 기록하는 파일이다. 대상물의 3차원 위치결정 시 필요한 모든

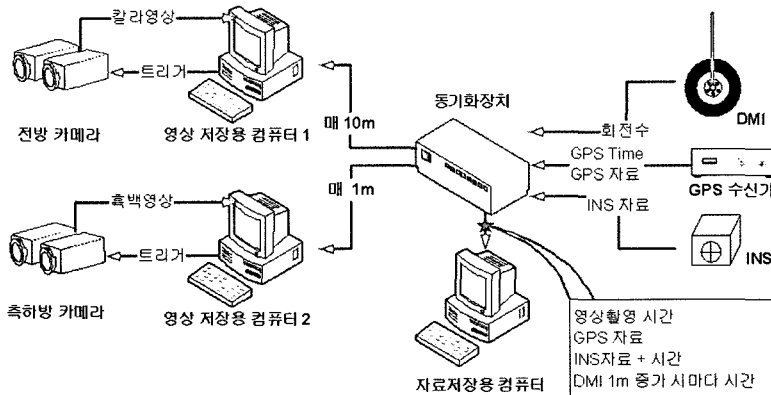


그림 7. 영상취득 시스템 통합

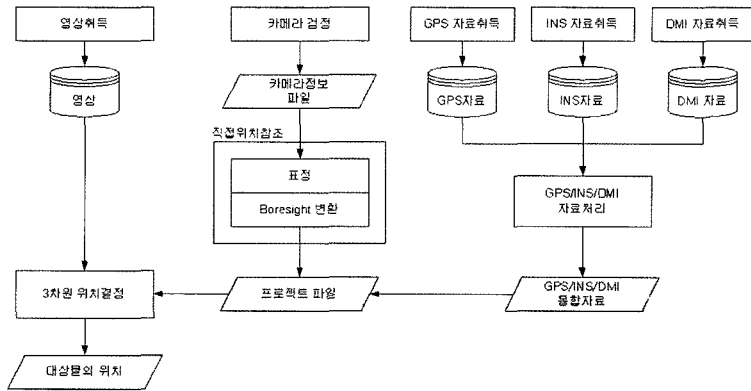


그림 8. 대상물의 3차원 위치결정 과정

정보가 이 파일에 추가로 기록된다.

카메라 검정단계에서는 카메라의 초점거리, 주점의 위치, 렌즈 왜곡보정계수들을 산출한다. 이 단계는 카메라의 고유한 특성을 파악하기 위한 것이기 때문에 카메라에 큰 변화가 없다면 최초 사용 전에 한번만 수행한다. 영상취득, GPS 자료취득, INS 자료취득 작업은 정밀한 시간을 매개로 자료를 취득함과 동시에 컴퓨터의 하드디스크에 저장한다. 직접위치

참조 과정은 표정모듈과 BoreSight 변환 단계로 구분하여 진행하는데, 여기서 표정이란 정치상태에서 카메라와 GPS 안테나, INS의 위치와 자세를 결정하는 과정이고 BoreSight 변환은 GPS와 INS 자료가 변화함에 따라 카메라의 위치와 자세를 계산할 수 있도록 이 변수들을 이용하여 하나의 통일된 좌표체계로 변환하는 과정을 말한다(Mostafa, 2001).

다음으로, 영상이름과 GPS-INS 통합자료를 매칭

File: C:\winha.prj
 Project: road(random)
 Time: 2002년 5월 13일 12:35:59
 Site: 인하대학교
 Image Saving Path
 L D:\wdata\wroad(random)\WLeft
 R D:\wdata\wroad(random)\WRight
 Camera Attitude
 Omega Phi Kappa
 L 87-25-24.3 0-0-0.0 0-0-0.0
 R 87-58-5.2 1-14-29.2 0-25-1.6

영상좌표(cell)

No.	LP_x	LP_y	RP_x	RP_y
1	730	137	503	161
2	1145	95	105	122
3	233	436	217	457
4	788	636	665	655

TM좌표(m)

No.	TM_X	TM_Y	H
1	163955.40	436730.11	5.55
2	163955.09	436717.02	4.60
3	163951.51	436742.30	1.27
4	163959.98	436714.15	0.14

거리(m)

시작점	끝점	사거리	평면거리	높이차
3	4	26.1	26.1	-1.1

x: 28 y: 348 idx: 0 RGB: (10, 27, 11) Time (s): 0.153 (1312x1028x24) NUM 'A'漢

그림 9. 전방영상을 이용한 3차원 위치 결정

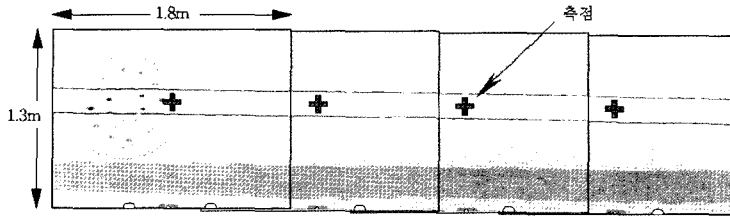


그림 10. 1m 간격의 측하방 영상과 추출될 차선 중심점

하여 프로젝트 파일에 기록하고 마지막으로 프로젝트 파일과 영상을 이용하여 대상물의 3차원 위치를 계산한다. 그림 9는 3차원 위치결정단계에서 사용하는 전방영상처리 S/W의 실행화면을 보인 것이다.

측하방영상으로부터는 차선의 중심점 위치를 결정한다. 이를 위해서는 매 1m마다 취득된 영상을 세션화하여 차선의 선형을 추출하고 그 선형의 중심점 영상좌표를 결정한 촬영당시 카메라의 위치 및 자세를 통해 절대좌표계의 좌표로 변환하여야 한다. 이 측정점의 좌표들을 연결하고 내삽법을 적용함으로써 도로 중심선을 재현할 수 있다. 그림 10은 측하방영상의 촬영영역과 추출할 측정점을 나타낸 것이다. 카메라가 바깥쪽으로 기울어져 있기 때문에 지상포괄영역이 안쪽에서는 1.6m인 반면 바깥쪽은 1.8m가 된다.

측하방영상은 그 취득된 영상의 수가 많은 반면 차선추출, 중심점 결정, 좌표변환 등의 영상처리작업이

단순하기 때문에 작업자의 개입없이 일괄실행 프로그램에 의해 이루어진다.

도로안전성 조사분석차량은 GPS, INS, DMI, CCD 카메라 이외에도 도로표면을 고정밀도로 측정하기 위한 3차원 레이저스캐너를 사용하고 있다. 따라서 도로안전성 조사분석차량을 이용할 경우 도로의 일반선형과 횡단선형, 평면선형, 종단선형 등 도로의 기하구조를 종합적으로 조사하여 분석할 수 있을 것으로 판단된다. 표3은 기 건설된 도로로부터 도로의 설계요소를 추출하고자 할 때 필요한 센서와 측정 자료의 형태를 정리한 것이다.

6. 결론

도로안전성 조사분석차량은 도로가 시공된 후 도

표 3. 도로설계요소 측정을 위한 센서와 자료형태

설 계 요 소		ROSSAV 측정센서	자료 출력형태
도로선형	도로선형	GPS-INS, 측하방카메라	Position(x, y, z)
	도로시설물의 위치와 높이	전방카메라, 레이저스캐너	Position(x, y, z), 높이(m)
횡단선형	편경사	GPS-INS, 레이저스캐너	편경사(%)
	차로 폭	측하방카메라	차로 폭(m)
	길어깨 폭	전방카메라	길어깨 폭(m)
	중앙분리대의 길이와 높이	전방카메라, 레이저스캐너	Position(x, y, z), 높이(m)
평면선형	직선구간의 길이	GPS-INS	Position(x, y, z)
	설계변수	GPS-INS	Position(x, y, z)
	원곡선의 길이	GPS-INS	Position(x, y, z)
	완화곡선의 길이	GPS-INS	Position(x, y, z)
종단선형	종단경사	GPS-INS	Position(x, y, z)
	종곡선의 길이	GPS-INS	Position(x, y, z)



로의 안전성을 확보하기 위해 도로의 3차원적 선형 및 환경 등을 수집하는 차량이다. 이 차량에는 차량의 위치를 측정하기 위한 GPS, INS, DMI 등의 장치와 함께 도로 및 도로주변의 영상을 촬영하기 위한 영상취득시스템이 사용된다.

본 연구에서는 2대의 전방카메라와 2대의 측하방 카메라를 동기화장치와 연결하여 동시에 촬영하는 방법으로 영상취득시스템을 개발하였으며 이 시스템을 통해 취득된 영상의 활용방안에 대하여 논하였다. 전방영상은 도로 및 도로주변의 시설물 정보를 취득하는데 사용되며 측하방영상은 도로중심선의 선형추출과 차로 폭 측정 등에 사용된다. 현재는 시스템 개발이 진행중에 있으므로 영상으로부터 취득된 대상물의 위치정확도와 효율성 검증에 대한 연구가 추가로 필요하다. 또, 향후 레이저스캐너를 통해 취득된 자료와 통합하는 방안에 대해서도 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 경찰청 (2002), "교통안전시설실무편람"
2. 국토지리정보원 (2004), "GPS-Van을 이용한 지도

수정 가능성 검증"

3. 미래컴 (1999), "디지털 CCD 카메라기술"
4. 한국건설기술연구원 (2003), "RoSAS(1차년도) 도로안전성 조사분석 차량 개발"
5. Cameron Ellum, Naser E-Sheimy (2002), "Land-Based Mobile Mapping Systems", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 68, No. 1, pp1328.
6. JAI (2004), "CV-M 9CL Operation Manual"
7. Mohamed M.R. Mostafa (2001), "PE&RS Direct Georeferencing Column:An Introduction", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 67, No. 10, pp11051109.
8. Novatel (2002), "BDS Users' Guide"
9. SONY (2002), "XC-HR50 Technical Manual"
10. Toth, C., Grejner-Brzezinska, D. (2004), "Redefining the paradigm of modern mobile mapping:an automated high-precision road centerline mapping system", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 70, No. 6, pp 685-694.

〈접수 : 2005. 10. 14〉