

지능형 도로안전성 조사·분석 차량 개발

Development of Road Safety Survey and Analysis Intelligent Vehicle

윤천주

(한국건설기술연구원, 위촉연구원)

성정곤

(한국건설기술연구원, 선임연구원)

Key Words : 도로안전성 조사·분석 차량, 도로안전성, GPS/IMU 통합 시스템

목 차

- I. 서론
- II. 도로안전성 조사 분석 차량
 - 1. 위치 정보 획득 센서
 - 2. 센서 동기화 방안
 - 3. 도로안전성 조사 분석 차량 설계 방안
 - 4. 도로 안전성 정보 및 수집 방안
- III. 결론 및 향후 연구 방향

I. 서론

도로의 시공이 도로 설계 기준에 따라 설계 및 시공되고 있기 때문에 도로를 주행하는 운전자들의 안전 욕구를 단순화하고 있다. 도로설계가 불합리한 구간은 운전자의 기대심리를 위배하게 되며 이는 곧 심리적으로 운전자에게 많은 부담을 주게 된다. 따라서 도로의 시공 후 운전자가 그 도로를 이용 시 느낄 수 있는 운전자의 주행 기대심리 등 인간요소에 대한 검토를 위하여 3차원적 도로 선형 정보, 도로 환경 정보 등을 수집·분석하는 과정이 필요하며 이를 위해 도로 안전 정보 수집 및 분석차량의 개발이 시급한 실정이다. 현재 교통사고 중 커브길이나 곡선부 등에서의 사고의 치사율은 직선로보다 2.79배 이상 높게 발생하고 있다.

도로의 안전성 확보를 위하여 2차원적 도로의 기하구조 요소들과 사고자료를 바탕으로 한 도로안전 연구가 계속 진행되고 있으나, 도로의 실제적인 3차원적 기하구조 분석의 측면에서 조사 분석 및 안전성 평가와 관련된 종합적 연구의 필요성이 증대되고 있다.

본 연구는 위치정보 획득 센서를 탑재한 차량을 이용하여 도로의 안전성 평가를 위한 정보를 수집 및 분석할 수 있는 시스템 및 차량 개발에 목적이 있다.

II. 도로안전성 조사 분석 차량

고속으로 이동하는 차량에서 실제적인 도로 안전 정보 수집을 위해서 위치 정보 획득 장비를 이용하여 차량을 설계하였다.

1. 위치 정보 획득 센서

움직이는 차량의 위치 정보를 획득하는 방법으로는 관성항법시스템과 위성항법시스템을 이용하는 방법이 가장 널리 활용되고 있다.

관성센서(Inertial Measurement Unit, IMU)만으로 구성된 관성항법시스템의 단점은 가속도 및 각속도를 관측하여 기준점에 대한 탑재기의 위치 및 자세 정보를 얻는 과정에 있어, 시간이 지남에 따라 관성 센서의 오차 누적에 의하여 위치정보의 오차가 증가하게 되는데 있다. 중급 관성 센서를 이용한 관성항법시스템의 경우 일반적으로 시간당 1.852km 정도의 위치 오차를 나타낸다.

위성항법시스템(Global Positioning System, GPS)만을 이용한 위치정보를 획득하는 방법은 오차의 누적이나 증가가 없이 장기간동안 안정적으로 위치정보를 획득할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만 수 Hz대의 낮은 데이터 전송률을 가지므로 차량과 같이 빠른 속도로 이동을 하는 항체에서는 정확한 위치정보를 기대하기 어렵다. 또한 지형·지물 등에 의한 신호의 차단이나 GPS 위성신호의 인위적인 교란 및 차단 등에 의하여 때때로 사용할 수 없거나 제한적으로 사용하여야 하는 단점을 가지고 있다.

따라서 두 기술을 함께 사용하는 GPS/IMU 통합시스템은 어느 한 쪽만을 사용하는 것보다 성능과 안정성 면에서 우수한 결과를 얻을 수 있다. GPS/IMU 통합시스템의 장점으로는 GPS의 위치정보를 이용하여 IMU의 오차 누적을 막을 수 있는 장점이 있다. 또한 IMU의 속도정보를 이용하여 GPS 수신기의 반송파 추적 대역폭을 감소시킬 수 있기 때문에, 차량과 같이 빠른 이동 특성을 가지고 있는 항체에서도 GPS 수신기가 GPS 위성의 신호를 놓치지 않고 수신하여 위치 정보를 획득할 수 있다. 잡음(Noise) 혹은 교란 신호를 감소시킴으로써 보다 정확한 위치 및 자세정보를 획득할 수 있다. 도로안전성 조사 분석 차량에서 위치정보 획득 센서는 가장 중요한 장비라 할 수 있

으며, 정확한 위치정보를 획득하기 위하여 GPS와 IMU를 통합하여 사용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

1) GPS/IMU 통합 장비 선정 기준

도로안전성 조사 분석 차량에 적합한 GPS/IMU 통합 시스템을 선정하기 위하여 도로 안정 정보의 특성, 데이터 타입, 확장 연구의 가능성 등을 기준으로 다음과 같은 GPS/IMU 통합 장비 선정기준을 정립하였다.

- 도로안전성 조사 분석 차량 개발에 있어서 사용될 GPS/IMU 통합 장비는 도로의 3차원 데이터 획득에 적합한가?
- 획득되는 위치 및 자세정보는 신뢰할 수 있는가?
- 도로 안전 정보 수집에 필요한 정확도를 제공하는가?
- 다른 위치정보 획득 센서, Digital Progressive Scan 카메라, Laser Sensor 등과 정보통합이 가능한가?
- 적용 분야외에 확장성을 부여할 수 있는가?
- 실시간 위치정보 획득을 위한 RTK module을 포함하고 있는가?
- GPS 신호가 잡히지 않는 곳의 위치정보는 IMU를 통하여 계산하기 위해 1 PPS(Pulse/Sec)의 신호 생성이 가능한가?
- IMU는 다양한 기능 개선 등 연구 및 다중센서 을 위하여 IMU의 Time Tag 및 Error Parameter 등 로우 데이터가 제공되는가?

2) 도로안전성 조사 분석 차량의 위치 정보 획득 센서

현재 상용화된 GPS/IMU 통합 장비에는 대표적으로 Applanix사의 POSLV와 NovAtel사의 BDS가 있으나 Applanix사의 POSLV는 장비를 구입하여도 Raw 데이터 포맷을 알 수 없으므로 본 연구의 목적에 적합하게 개발할 수 있는 확장성 및 시스템 갱신성이 떨어진다. 그러므로 본 연구에서는 향후 시스템의 갱신성을 고려하여, Novatel사에서 판매하는 BDS(Black Diamond System)을 사용하여 정확도 높은 위치정보를 획득하였다.

① BDS 구성 및 성능

BDS는 센서부, 컨트롤러부, Post Processing 소프트웨어로 구성되어 있다(그림 1).

<표 1> BDS 성능

| | | Value (RMS) |
|--------------|----------------|-----------------------|
| Position | stand-alone | < 3m |
| | RTK | 0.02 m |
| | Post processed | 0.02 ~ 2 m |
| Velocity | | 0.02 m/s |
| Acceleration | | 0.03 m/s ² |
| Attitude | pitch | 0.015 deg |
| | roll | 0.015 deg |
| | azimuth | 0.05 deg |



<그림 1> Novatel BDS 및 Postprocess 프로그램

센서부는 3축 자이로와 3축 가속도계로 구성된 광 섬유 IMU로 Honeywell사의 HG1700 모델이 탑재되었으며, IMU의 성능은 표 1과 같다.

컨트롤러부는 Novatel사의 DL-4 모델이 탑재되며, 고정밀의 GPS 수신기와 관성측정장치를 이용하여 통합된 위치 및 자세 결과를 제공해 준다.

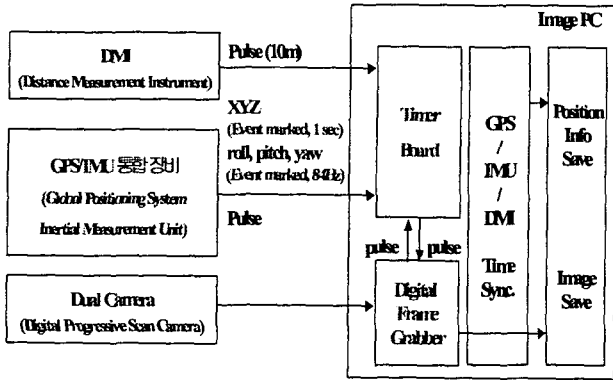
Post Processing 소프트웨어는 취득한 로우 데이터를 처리하는 후처리 소프트웨어로 자료 획득시의 이상현상의 검증이나 보다 정밀한 결과를 계산하기 위하여 사용한다.

2. 센서 동기화 방안

도로안전성 조사 분석 차량은 효율적인 도로안전성 분석을 위하여 일정 거리마다 도로 영상 및 위치정보를 수집하여, 수집된 정보를 토대로 도로의 선형 및 도로안전성 분석을 위한 기초 데이터로 활용된다. 차량에 탑재되는 센서들의 구성은 그림 2와 같으며 각 센서의 신호를 Timer 보드에서 시간 동기화를 하게된다. 즉 10m 마다 발생하는 DMI의 신호를 기준으로 GPS time으로 시간 동기화를 함으로써, 동시간대에 입력되는 GPS/IMU 정보와 영상 정보를 컨트롤 PC 및 Digital Frame Grabber를 이용하여 저장하게된다.

통칭 Timer 보드라 불리는 센서 동기화 장비는 다양한 형태의 신호를 입력 및 출력할 수 있어야만, DMI에서 생성된 신호를 기준으로 Dual 카메라 및 GPS/IMU 통합장비를 GPS 시간

으로 동일 시간대로 동기화를 할 수 있으며 Event Mark를 조정하여 동기화 시켜주는 역할을 수행하게 된다.

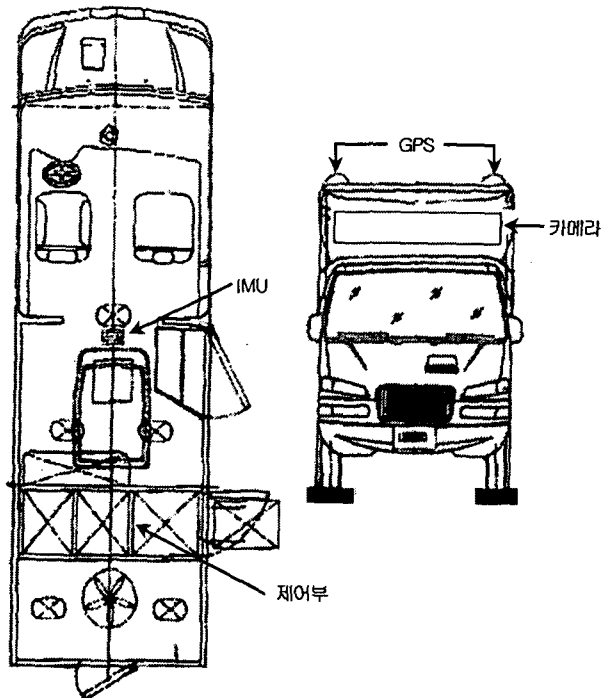


<그림 2> 센서 동기화 방안

3. 도로안전성 조사 분석 차량 설계 방안

도로 안전성 조사 분석 차량은 도로를 주행하며 정보를 수집하기 때문에 도로의 노면상태나 주행속도에 따라 발생할 수 있는 차량의 흔들림에 따른 오차를 최소로 데이터 측정이 가능하도록 안정적으로 설계하였다.

도로 안전성 조사 분석 차량에 탑재 센서의 기능에 부합하도록 센서의 위치를 선정하였다. GPS 안테나는 신호 수신에 용이성과 위치정보의 정확도에 영향을 주는 GPS 기선 길이에 대한 다양한 실험을 하기 위하여 기선 길이를 가변으로 하기 용이한 차량의 상층부에 탑재하도록 설계하였다. 카메라의 흔들림 방지 및 안전성을 위하여 개별 프레임과 마운트를 따로 설계하였으며, 차량의 탑과는 별도의 마운트를 제작함으로써 제거 가능하도록 설계하였다(그림 3).

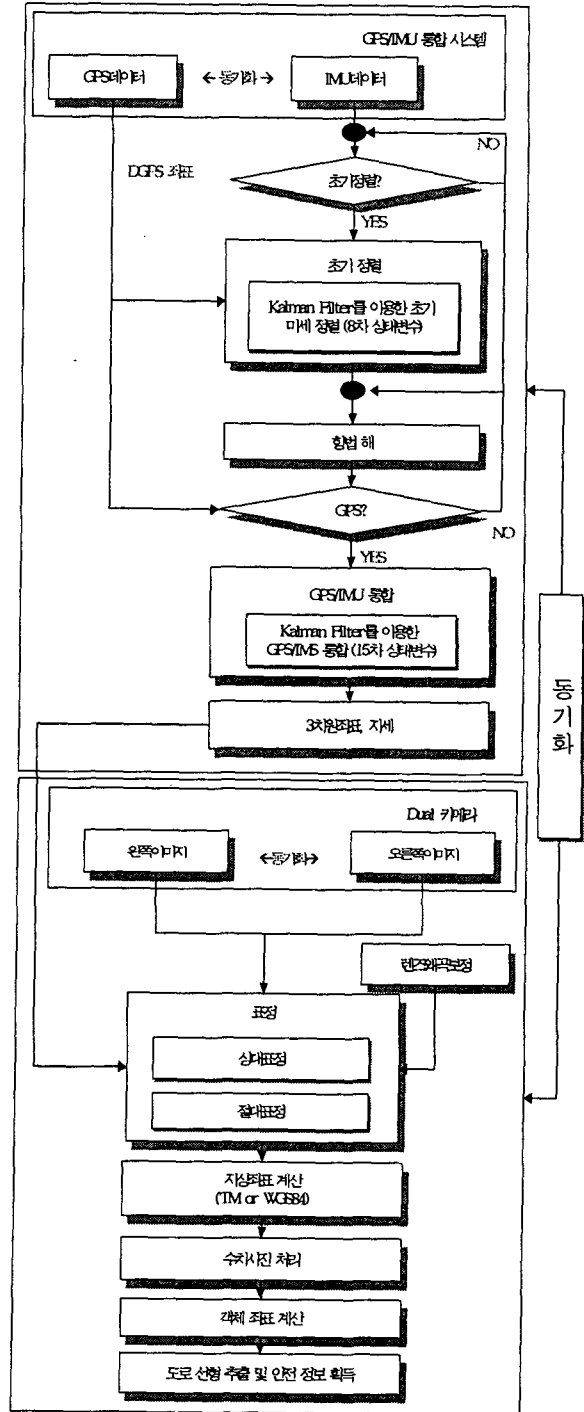


<그림 3> 도로안전성 조사 분석 차량 설계

4. 도로 안전성 정보 및 수집 방안

1) 도로안전성 평가를 위한 정보 수집 방안

도로 안전성 평가를 위한 기하구조 자료는 평면곡선반경, 평면곡선길이, 편경사, 종단곡선반경, 종단경사, 차로 폭, 길어깨 폭 등의 정보가 필요하며 차량을 이용한 도로 기하구조 좌표 취득은 다음과 그림 4같은 과정으로 이루어진다.



<그림 4> 도로 안전성 조사 분석 차량을 이용한 도로 안전 정보 획득 절차

2) 영상 정보 데이터베이스 설계

도로안전성 조사 분석 차량의 경우 10m의 간격마다 영상을 획득한 후 수치 사진 처리 등으로 도로안전 정보를 취득하기 때문에 획득된 영상 정보는 매우 중요한 결과물이다. 영상 정보의 데이터베이스 설계는 하나의 레코드에 두 장의 영상(왼쪽, 오른쪽 촬영사진)과 촬영지점의 GPS 좌표(X, Y, Z), 촬영 당시 카메라의 자세정보(omega, phi, kappa)로 구성된다. 또한 도로상의 위치를 알기 위하여 촬영 노선 정보, 구간 정보를 저장할 수 있도록 설계하였다. 이런 도로 위치정보 관련 속성을 이용하여 향후 도로중심선과 연계가 가능하도록 설계하였다

<표 2> 도로영상 정보 데이터베이스 설계

| 필드내용 | 필드명 | 데이터 타입 | 비고 |
|------------------|-------------|--------------|-----|
| 도로영상 ID | ROAD_PID | VarChar2(20) | 합성키 |
| 노선코드 | ROAD_NO | VarChar2(4) | |
| 구간코드 | SECT | VarChar2(2) | |
| GPS수신기의 X좌표 | LGPSX | Number(9,3) | |
| GPS수신기의 Y좌표 | LGPSY | Number(9,3) | |
| GPS수신기의 Z좌표 | LGPSZ | Number(9,3) | |
| 촬영시점의 카메라자세1 | OMAGA | Number(9,3) | |
| 촬영시점의 카메라자세2 | PHI | Number(9,3) | |
| 촬영시점의 카메라자세3 | KAPPA | Number(9,3) | |
| 왼쪽 영상 | LEFT_IMAGE | LOB | |
| 오른쪽 영상 | RIGHT_IMAGE | LOB | |
| 촬영지점의 GPStime | GPS_TIME | Number(10) | |
| 다음 촬영지점의 GPStime | FGPS_TIME | Number(10) | |
| 이전 촬영지점의 GPStime | RGPS_TIME | Number(10) | |
| 상·하행구분 | ACC_LEN | VarChar2(2) | |
| 촬영일자 | ROAD_PDATE | Date | |

III. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 설계도면과 상이하게 시공되는 도로를 대상으로 도로 기하구조 등 도로안전 분석을 위하여 위치정보를 획득하기 위한 방안을 중심으로 위치정보획득 장비 및 탑재 센서 동기화 방안, 정보 획득 절차 및 데이터베이스 설계 방안을 제시하였다.

향후 도로안전성 조사 분석 차량을 운용하면서 도로안전 정보를 획득하기 위한 데이터 처리방안 및 도로안전성 분석 방안 에 대한 알고리즘 개발 및 시스템 개발을 하고자 한다.

참고문헌

1. Farrell, J. (1999) The Global Positioning System and Inertial Navigation.
2. Jekeli, C. (2000) Inertial Navigation Systems with Geodetic Applications.
3. Titterton D. H. and Weston, J. L. (1997) Strapdown Inertial Navigation Technology.