

## 군운용 환경에 적합한 GPS 센서기반 주행궤적 측정 및 분석 기술

정일규<sup>\*,1)</sup> · 류치영<sup>1)</sup> · 김상영<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 국방과학연구소 제5기술연구본부

### The Driving Trajectory Measurement and Analysis Techniques using Conventional GPS Sensor for the Military Operation Environments

Ilgju Jung<sup>\*,1)</sup> · Chiyoung Ryu<sup>1)</sup> · Sangyoung Kim<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> The 5th Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea

(Received 11 May 2017 / Revised 8 August 2017 / Accepted 13 October 2017)

#### ABSTRACT

The techniques for driving trajectory calculation and driving trajectory distribution calculation are proposed to analyze the durability of ground vehicles effectively. To achieve this aim, the driving trajectory of a vehicle and the driving trajectory distribution of that are needed, in addition to road profile. The road profiles can be measured by a profilometer but a driving trajectory of a vehicle cannot be acquired effectively due to a large position error from a conventional GPS sensor. Therefore two techniques are proposed to reduce the position error of a vehicle and achieve the distribution of driving trajectory of that. The driving trajectory calculation technique produces relative positions by using the velocity, time and heading of a vehicle. The driving trajectory distribution calculation technique produces distributions of the driving trajectory by using axis transformation, estimating reference line, dividing sectors and plotting a histogram of the sectors. As a results of this study, we can achieve the considerably accurate driving trajectory and driving trajectory distribution of a vehicle.

Key Words : GPS Heading(GPS 헤딩), Driving Trajectory Measuring(주행궤적측정), Driving Trajectory Distribution(주행궤적분포)

#### 1. 서론

기동장비의 내구 신뢰성 평가를 위한 내구도 주행 시험은 차량 및 차량의 주요 구성품의 결함을 평가하고 예측 하는 것으로, 내구수명에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 차량 주행시 필연적으로 수반되는 노면에 의한 진동환경이다<sup>1,2)</sup>. 이러한 진동환경을 규명

\* Corresponding author, E-mail: ikjung1@add.re.kr  
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

하기 위해 국내외 대다수의 시험장은 시험노면의 프로파일을 측정하고 분석하여 노면 가혹도를 일정하게 유지하기 위한 노력을 한다. 하지만 차량이 주행하는 시험로의 횡방향에 대한 노면굴곡은 구간마다 모두 다르므로 차량의 주행경로에 따라 차량에 가해지는 실제 노면 진동환경은 다르다. 따라서 차량 내구성에 미치는 영향을 효과적으로 분석하기 위해 실제 주행 노면에 대한 가혹도 적용이 필요하고 이를 위해 시험로상에서 실제 주행한 정확한 경로와 그에 대응하는 노면 가혹도가 필요하다. 노면 가혹도는 노면굴곡 측정장비를 이용하여 측정한 노면굴곡을 ISO 8608의 기준에 따라 정량화 할 수 있고 실제 주행경로에 대한 주행분포 산출을 통해 정량화된 노면 가혹도에 가중치로 적용함으로써 차량 주행시 노면 진동환경에 의해 차량에 미치는 영향을 효과적으로 분석할 수 있다.

차량의 주행궤적을 측정하는 방법으로 GPS(Global Positioning System) 개발 이후 GPS 센서를 활용하여 차량의 위치정보를 획득하는 방법이 보편화 되고 있으며 GPS 센서를 이용한 좌표 계산은 GPS 위성위치와 의사거리(Pseudo Range)를 이용한 삼선측위 방식으로, 일반적인 GPS 센서의 경우 위치오차가 수 m ~ 수십 m이고, DGPS(Differential GPS)와 RTK(Real Time Kinematic) 방식의 GPS 센서는 위치오차가 수십 cm ~ 수 cm로 알려져 있다<sup>3-5)</sup>.

창원시험장의 내구 시험로는 전방 군운용 지역과 유사한 형태의 산악지형으로, 시험로 노면의 수목에 의해 시험로 외부에 설치되는 GPS 기준국(basestation)과 시험로를 주행하는 이동국(Rover)간의 가시거리(Line Of Sight)가 확보되지 않고 수목에 의한 전파간섭 및 감쇄 등으로 인해 GPS 기준국과 이동국 사이의 RF (Radio Frequency)통신이 원활하지 않다.

그러므로 GPS 공통오차 등을 제거함으로써 정밀측위가 가능한 DGPS나 RTK 방식의 GPS 센서를 사용하여 차량의 주행경로에 대한 좌표를 측정할 수 없다. 또한 일반적인 GPS 센서를 이용한 주행경로의 좌표 오차는 수 m이므로 노면 가혹도 분석을 위한 주행궤적 데이터로서 활용가치가 없다.

따라서 DGPS나 RTK 방식의 GPS 센서를 사용할 수 없는 시험환경에서도 정확한 위치 데이터 획득이 가능한 효과적인 주행궤적 측정기술이 요구되므로 본 논문에서는 일반적인 GPS 센서의 속도, 주행방향(Heading), 시간 데이터를 이용하여 DGPS나 RTK 방식 GPS 센서에 의한 위치오차보다는 크지만 적용 목적상 문제

가 없는 오차범위내로 감소시키는 효과적인 주행궤적 측정 및 분석 기술을 제안하였고 그 유효성을 확인하였다.

## 2. 주행궤적 측정 및 분석 기술

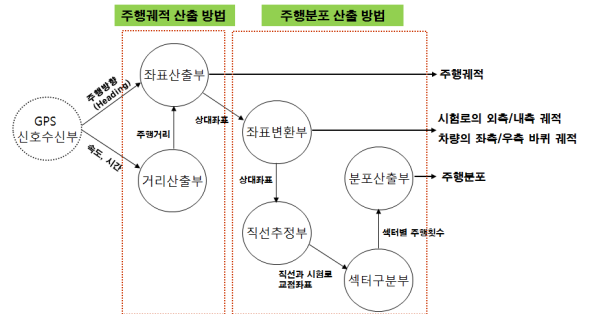


Fig. 1. Diagram of driving trajectory measuring and analysis technique

주행궤적 측정 및 분석 기술은 Fig. 1과 같이 GPS 센서로부터 신호 수신을 위한 신호수신부, 신호수신부로부터 획득한 차량의 주행방향, 속도, 시간 데이터를 이용하여 차량의 상대좌표를 산출하는 주행궤적 산출 방법(알고리즘)과 차량의 주행궤적과 시험로 외측 및 내측의 상대좌표를 이용하여 차량의 주행궤적에 대한 분포를 산출하는 주행분포 산출 방법(알고리즘)으로 구성된다.

### 2.1 주행궤적 산출 알고리즘

주행궤적 산출 알고리즘은 측정시점의 좌표를 원점으로 하고 GPS 센서로부터 수신한 속도, 주행방향을 이용하여 표본시간(Sampling time)동안  $x, y$  방향으로 주행한 거리를 계산한 후 이를 각 방향별로 이전값에 적산함으로써 측정시점을 기준으로 현재 위치의 상대좌표를 산출하는 방식이다. 식 (1) ~ 식 (3)은  $i$ 번째 차량의 상대좌표를 획득하는 식이다.

$$d_i = v_i t_s \tag{1}$$

$$x_i = x_1 + \sum_{k=1}^{i-1} d_{k+1} \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta_{k+1}\right) \tag{2}$$

$$y_i = y_1 + \sum_{k=1}^{i-1} d_{k+1} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta_{k+1}\right) \tag{3}$$

여기서  $t_s$ 는 표본시간,  $v_i, \theta_i, x_i, y_i$ 는 각각  $i$ 번째 차량의 속도, Heading 및 상대좌표이며  $x_1 = 0, y_1 = 0$ 이다.

내구도 주행시험의 특성상 시험차량이 장기간 동일한 시험로를 반복 주행하므로 제안하는 주행궤적 산출 알고리즘은 속도, Heading 및 시간오차에 의한 상대좌표의 오차가 누적되어 증가하는 단점이 있다. 이러한 누적오차를 최소화하기 위해 내구 시험로 시작 지점에 기준점을 설정하고 기준점에서 정차 후 출발하여 주행궤로에 관계없이 다시 기준점까지 주행하여 정차한 후 다시 출발한다. 즉 내구 시험로상을 주행궤로의 제약없이 1바퀴 주행하는 동안 반드시 기준점을 2번 통과하여 정차 후 다시 출발하므로 기준점에서의 속도와 상대좌표는 각각 0 km/h이고 (0,0)이므로 이로부터 누적오차를 초기화할 수 있다. 따라서 누적오차 초기화를 통해 1바퀴 주행시 누적오차와 여러바퀴 반복 주행시의 누적오차는 동일하므로 반복 주행에 의한 누적오차의 증가를 제한할 수 있다.

### 2.2 주행분포 산출 알고리즘

주행분포 산출 알고리즘은 차량의 주행궤로로부터 시험로상의 상대위치를 계산한 후 이것의 분포를 산출하는 방법으로서 노면굴곡에 의해 시험차량에 가해지는 실제 진동환경을 통계적으로 적용하기 위한 것이다. 이를 위해 차량 좌측과 우측 바퀴의 주행궤적에 대한 상대좌표, 시험로 외측과 내측에 대한 상대좌표, 시험로의 외측경계로부터 차량 주행궤적의 상대위치 및 이것의 분포 산출이 필요하다.

#### 2.2.1 좌표변환

좌표변환은 주행궤적 산출 알고리즘을 통해 획득한 주행궤적 좌표(GPS 센서가 설치된 지점의 주행궤적)으로부터 산출하고자 하는 지점까지의 거리와 방향을 적용하여 새로운 주행궤적을 획득하기 위한 방법으로 이 방법을 통해 시험로의 외측과 내측에 대한 상대좌표, 차량의 우측과 좌측 바퀴에 대한 상대좌표를 획득할 수 있다. Fig 2는 좌표변환을 위한 개념도로서  $d_L, d_R, d_{ref_{outer}}, d_{ref_{inner}}$ 은 각각 GPS 센서로부터(②지점) 차량의 좌측 바퀴(③지점), 우측 바퀴(④지점), 시험로 외측(①지점) 및 내측(⑤지점)까지의 거리를 의미하고 식 (4)와 식 (5)는 좌표변환 방법을 적용하여 Fig. 2의 ②지점으로부터 ③지점에 대한 상대좌표를 구하는 식

이다.

$$\hat{x}_i = x_i + d_L \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta_{L_i}\right) \tag{4}$$

$$\hat{y}_i = y_i + d_L \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta_{L_i}\right) \tag{5}$$

여기서  $\theta_{L_i} = \theta_i - \frac{\pi}{2}$ 는  $i$ 번째 차량의 진행방향과 이루는 각도이고  $d_L$ 은 GPS 센서의 설치지점(②지점)으로부터 차량 좌측 바퀴(③지점)까지의 거리이며,  $\hat{x}_i, \hat{y}_i$ 는 ②지점의 주행궤적으로부터 변환된 차량 좌측 바퀴(③지점)의 상대좌표이다.

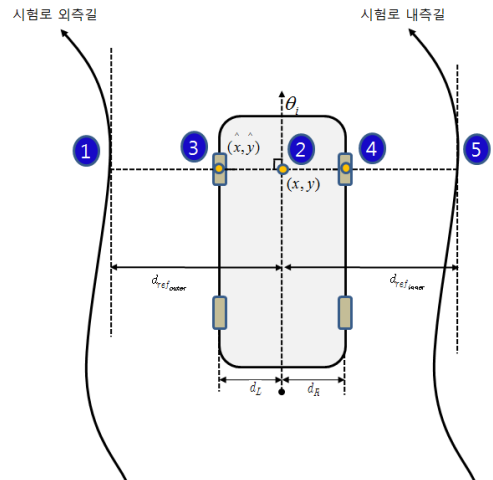


Fig. 2. Axis transformation

#### 2.2.2 직선추정

직선추정은 좌표변환 방법을 적용하여 구한 차량좌측 및 우측 바퀴의 주행궤적, 시험로의 외측과 내측좌표를 이용하여 차량 좌측 및 우측 바퀴 상대좌표의 임의의 점으로부터 시험로의 외측 및 내측과 수직인 직선을 추정하는 과정으로, 차량 바퀴 주행궤적의 한 점으로부터 시험로 외측의 모든 좌표까지의 거리중 최소가 되는 점과 시험로 내측의 모든 좌표까지의 거리중 최소가 되는 점을 각각 구하여 이 두점을 이은 직선을 의미한다. 식 (6)과 식 (7)은 차량 좌측 바퀴의  $i$ 번째 상대좌표로부터 시험로의 외측과 내측까지의 거리가 최소가 되는 점을 각각 구하기 위한 식이다.

$$(x_{L_i \min_o}, y_{L_i \min_o}) = \min_p \{ (x_{L_i} - \mathbf{x}_{outer})^2 + (y_{L_i} - \mathbf{y}_{outer})^2 \} \quad (6)$$

$$(x_{L_i \min_i}, y_{L_i \min_i}) = \min_p \{ (x_{L_i} - \mathbf{x}_{inner})^2 + (y_{L_i} - \mathbf{y}_{inner})^2 \} \quad (7)$$

여기서  $x_{L_i}, y_{L_i}$ 는 차량 좌측 바퀴의  $i$ 번째 상대좌표이고  $\mathbf{x}_{outer}, \mathbf{y}_{outer}, \mathbf{x}_{inner}, \mathbf{y}_{inner}$ 은 시험로의 외측 및 내측의  $x, y$  방향의 상대좌표 벡터이며  $\min_p\{\}$ 는 열벡터중 최소값에 대응되는 좌표를 계산하는 연산자로 정의하였고  $(x_{L_i \min_o}, y_{L_i \min_o}), (x_{L_i \min_i}, y_{L_i \min_i})$ 는 차량 좌측 바퀴의  $i$ 번째 상대좌표로부터 시험로 외측과 내측까지 거리가 최소인 좌표를 각각 의미한다.

### 2.2.3 섹터구분

섹터구분은 차량의 주행궤적을 차량의 진행방향과 수직인 방향에 대해 일정한 간격으로 구분하여 번호를 부여하는 과정이다. 즉 직선추정 과정을 통해 구한 시험로 외측과 만나는 점으로부터 차량의 좌측 및 우측 바퀴까지 거리를 일정한 간격으로 정규화하여 번호를 부여함으로써 시험로상에서 차량 주행궤적의 상대위치를 정수로 정량화하는 과정이다. 식 (8)과 식 (9)는 섹터구분을 위한 식이다.

$$D_{L_i} = \sqrt{\min \{ (x_{L_i} - \mathbf{x}_{outer})^2 + (y_{L_i} - \mathbf{y}_{outer})^2 \}} \quad (8)$$

$$N_{L_{sector\ i}} = \text{floor} \left\{ \frac{D_{L_i}}{d_{sector}} \right\} + 1 \quad (9)$$

여기서  $\min\{\}$ 는 열벡터중 최소값을 계산하는 연산자로 정의하였고  $\text{floor}\{\}$ 는  $\{\}$ 의 값보다 작은 값중 가장 큰 정수를 계산하는 연산자로 정의하였다.

### 2.2.4 분포산출

분포산출은 섹터구분에 의해 산출된 섹터번호의 히스토그램을 구하는 것으로 시험로상에서 차량의 주행 경로에 대한 분포를 의미한다.

따라서 주행분포 산출 알고리즘은 차량의 좌측, 우측 바퀴의 주행궤적으로부터 시험로의 외측과 내측에 수직인 직선을 추정한 후 직선과 시험로 외측과의 교점으로부터 일정한 거리간격으로 번호를 부여한 섹터 번호에 대한 히스토그램을 구하는 것으로, 이는 섹터 번호로 구분된 시험로상에서 차량의 좌측 및 우측 바퀴 주행궤적에 대한 분포이다.

## 3. 알고리즘 검증

### 3.1 주행궤적 산출 알고리즘

#### 3.1.1 검증방법

주행궤적 산출 알고리즘을 검증하기 위해 창원시험장내의 RTK 방식 GPS 센서 적용이 가능한 지역에서 RTK 방식 GPS 센서의 좌표와 일반적인 GPS 센서의 속도, 주행방향, 시간 데이터를 이용하여 주행궤적 산출 알고리즘에 의한 상대좌표를 서로 비교하였다. 이를 위해 사용한 GPS 센서는 영국 RACELOGIC사의 RTK 방식 GPS 센서인 VBOX 3i-RTK<sup>6)</sup>과 일반적인 GPS 센서인 VBOX 3i<sup>7)</sup>이고 위치 정확도는 Table 1에 제시된 수치 반경내에 존재할 확률이 95 % 이다.

Table 1. Accuracy absolute position GPS sensors

항목	모델명	VBOX 3i-RTK	VBOX 3i
절대위치 (Absolute Position)		2 cm	2 m

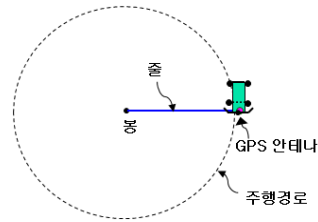


Fig. 3. Diagram for verifying driving trajectory calculation algorithm

Fig. 3과 같이 VBOX 3i와 VBOX 3i-RTK 센서를 자체 제작한 수레에 설치하고 쇠줄의 한쪽 끝은 봉을 이용하여 노면에 고정하고, 다른 한쪽 끝은 수레 하단에 연결한 후 쇠줄이 팽팽하게 당겨진 상태에서 길이 별(3.02 m, 7.53 m, 10.02 m)로 각 2회씩 수레를 주행시켜 다시 시작점으로 돌아오는 경로의 궤적을 측정하였다.

또한 쌍용자동차의 무소차량에 VBOX 3i 센서를 탑재하여 총 16회에 걸쳐 계측 시작지점에서 출발하여 임의의 경로를 주행한 후 다시 계측 시작지점으로 돌아와 계측을 종료하고 VBOX 3i 센서로 획득한 계측 시작지점과 종료지점의 좌표 차이와 VBOX 3i 센서의 속도, 주행방향, 시간 데이터 및 주행궤적 산출 알고

리듬을 적용한 상대좌표 차이를 각각 계산하여 비교하였다.

3.1.2 검증결과

Table 2는 줄 길이가 각각 3.02 m, 7.53 m, 10.02 m 인 경우에 대해, VBOX 3i-RTK 센서는 VBOX 3i-RTK 센서를 이용하여 주행경로의 직경을 산출한 결과이고 VBOX 3i 센서(주행궤적 산출 알고리즘 적용)은 VBOX 3i 센서의 속도, 주행방향, 시간 데이터와 주행궤적 산출 알고리즘을 적용하여 산출한 상대좌표로 구한 주행 경로의 직경을 의미한다. Table 2에서 줄 길이 10.02 m 인 경우는 기준직경이 20.04 m이고 VBOX 3i에 주행 궤적 산출 알고리즘을 적용하여 산출한 직경이 20.25 m이므로 제안하는 알고리즘을 통한 오차가 21 cm이고 적용된 VBOX 3i 센서의 절대위치 정확도(오차)가 2 m 임을 고려할 때 위치오차 측면에서 상당히 성능을 향상시켰으며 비용 측면에서 RTK 방식 GPS 센서인 VBOX 3i-RTK 가격이 일반적인 GPS 센서인 VBOX 3i 보다 약 3배 비싸므로 VBOX 3i-RTK 센서 대비 약 34 % 비용으로 RTK 방식 GPS 센서에 근접한 오차성능 을 확인할 수 있었다.

Table 2. Results for verifying for driving trajectory calculation algorithm

VBOX 3i-RTK 센서	VBOX 3i 센서(주행궤적 산출알고리즘 적용)	비교 (줄길이)
6.11 m	6.14 m	3.02 m
6.11 m	6.15 m	
15.14 m	15.11 m	7.53 m
15.13 m	15.07 m	
20.12 m	20.22 m	10.02 m
20.13 m	20.25 m	

Fig. 4는 일반적인 GPS 센서인 VBOX 3i에 제안한 알고리즘을 적용하여 구한 상대좌표(Heading으로 표시)와 VBOX 3i 절대위치(position으로 표시)의 계측 시작지점과 종료지점까지의 좌표차이를 비교한 결과 로써 좌표(0,0)은 시작지점과 종료지점의 좌표 차이가 없음을 의미하므로 일반적인 GPS 센서의 절대위치 대비 제안하는 알고리즘의 상대좌표는 위치오차측면

에서 상당히 성능이 우수하다는 것을 확인할 수 있었고 특히 좌표(0,0)과 각 점들까지의 거리는 시작점과 종료점간의 좌표오차 이므로 좌표오차에 대한 편차를 고려할 때 제안하는 알고리즘의 재현성과 신뢰성이 우수하다는 것을 확인하였다.

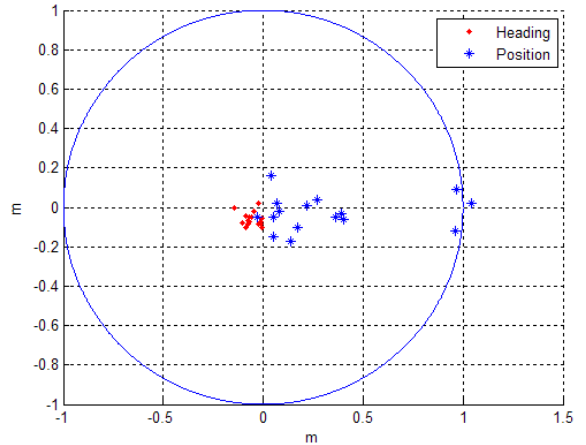


Fig. 4. Comparison distance errors of conventional GPS sensor and the proposed algorithm

3.2 주행분포 산출 알고리즘

3.2.1 검증방법

Fig. 2와 같이 일반적인 GPS 센서인 VBOX 3i를 쌍용자동차의 무쏘차량 앞쪽 중앙에 장착하여 창원시험장 내구 시험로상의 통상경로를 따라 주행한 후 주행 궤적 산출 알고리즘을 적용하여 Fig 2의 ②지점에 대한 주행궤적을 산출하고 시험로의 외측과 내측에 대한 상대좌표를 획득하기 위해 시험로의 외측 및 내측을 따라 각각 주행하여 동일한 방법으로 주행궤적을 산출한 후 좌표변환, 직선추정, 섹터구분, 분포산출 방법을 통해 주행분포 산출 알고리즘을 검증하였다.

3.2.1.1 좌표변환

Fig. 2의 ②지점에 대한 주행궤적으로부터 식 (4), 식 (5)를 적용하여 차량 좌측 바퀴의 주행궤적(③지점)과 동일한 방법을 적용하여 구한 우측 바퀴의 주행궤적(④지점)까지의 거리가 각각  $d_L$ ,  $d_R$ 과 일치하는지를 확인하는 방법으로 좌표변환의 정확성을 확인하였다.

3.2.1.2 직선추정

Fig. 2의 ②지점으로부터 좌표를 변환하여 구한 ③

지점, ④지점, ①지점 및 ⑤지점의 주행궤적을 중첩시켜 차량의 좌측 및 우측 바퀴 주행궤적의 임의의 점이 시험로 외측과 내측의 경계내에 존재하는지를 확인한 후 직선추정 방법으로 구한 외측길과 내측길상의 두점을 이은 직선 위에 차량의 좌측 및 우측 바퀴 주행궤적의 임의의 점이 존재하는지를 확인하는 방법으로 직선추정의 유효성을 검증하였다.

### 3.2.1.3 섹터구분 및 분포산출

직선추정으로부터 구한 시험로 외측길의 한점과 차량의 좌측 및 우측 바퀴 주행궤적에 대응하는 점까지 거리를 계산하고 계산된 거리를 일정간격(10 cm)으로 정규화하여 번호를 부여한 후 부여된 번호의 히스토그램을 산출하여 실제 주행한 경로와 히스토그램을 통해 산출한 분포가 유사한지를 판단하여 유효성을 검증하였다.

### 3.2.2 검증결과

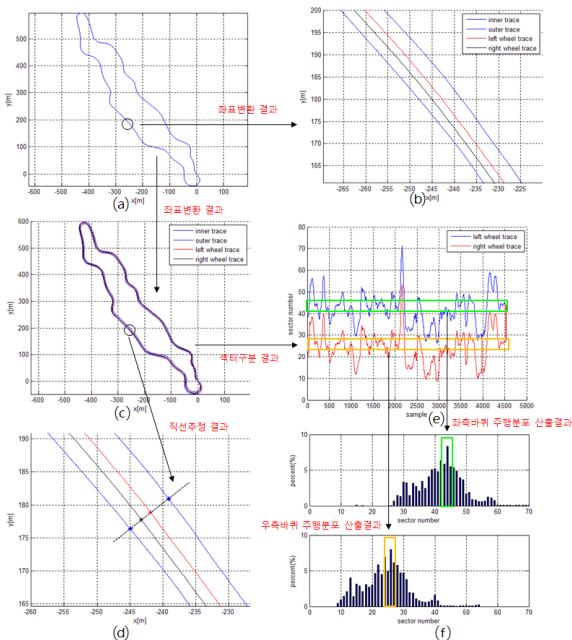


Fig. 5. Verifying driving trajectory distribution calculation algorithm

Fig. 5의 (a)는 Fig. 2의 ②지점에 대한 주행궤적이고 Fig. 5의 (c)는 Fig. 2의 ②지점의 주행궤적으로부터 좌표변환 방법을 적용하여 ③, ④, ① 및 ⑤지점의 주행

궤적 구한 후 이들 궤적을 중첩시킨 그림이고 Fig. 5의 (b)는 Fig. 5의 (c)의 일부구간을 확대한 그림이다. Fig. 5의 (b)를 통해 Fig. 2의 ②지점으로부터 각 지점(③, ④)까지 적용된 거리가 90 cm임을 감안할 때 ③지점과 ④지점간의 거리가 180 cm임을 확인할 수 있었다. Fig. 5의 (d)는 Fig. 5의 (c)의 차량 좌측 바퀴와 우측 바퀴 주행궤적 중 임의의 점에서 직선을 추정된 결과를 확대한 그림으로, 파란색 실선상의 점(\*)들은 차량의 좌측 바퀴 및 우측 바퀴의 임의의 점으로부터 시험로 외측 및 내측까지의 거리가 각각 최소가 되는 점들이고 이 두점을 이은 직선상에 차량의 좌측 및 우측 바퀴의 임의의 점이 존재함을 확인함으로써 직선추정 방법의 유효성을 확인할 수 있었다.

Fig. 5의 (e)는 차량 좌측과 우측 바퀴의 주행궤적에 대해 10 cm 간격으로 정규화하여 섹터를 구분한 결과로써 시험로상에서 좌측 바퀴가 주로 주행한 부분을 초록색 박스로, 우측 바퀴가 주로 주행한 부분을 노란색 박스로 표시하였고 이때 노란색 박스의 섹터번호는 22~27, 초록색 박스의 섹터번호는 40~45이다. 즉 섹터번호 22~27은 시험로 외측으로부터 거리상으로 2.2 m ~2.7 m 떨어진 경로를 따라 주행한 것을 의미하고 좌측과 우측 바퀴간의 거리가 180 cm이고 섹터구분을 위해 10 cm 간격으로 정규화 하였으므로 좌측 바퀴와 우측 바퀴 주행궤적의 섹터번호 차이는 18이어야 하고 Fig. 5의 (e)로부터 차량의 좌측 및 우측 바퀴 궤적에 대한 섹터번호 차이가 약 18임을 확인하였다.

Fig. 5의 (f)는 Fig 5의 (e)에 대한 분포로써 실제 주행한 시험로의 대부분 구간에서 노폭이 6 m 정도이고 통상경로가 시험로 중앙 부근임을 감안할 때 Fig. 5의 (f)로부터 차량 좌측 및 우측 바퀴 주행궤적 섹터번호가 주로 40~45 및 22~27 사이에 분포하고 있으므로 주행분포 산출의 유효성도 확인할 수 있었다.

## 4. 결론

본 논문에서는 차량의 주행궤적을 측정하기 위해 위치오차가 작은 DGPS나 RTK 방식의 GPS 센서를 사용할 수 없는 시험환경에서도 일반적인 GPS 센서의 속도, 주행방향, 시간 데이터를 이용한 효과적인 주행궤적 측정 및 분석 기술을 제안하였다. 모의시험을 통해 제안하는 알고리즘들의 유효성을 검증하고 실제차량에 GPS 센서를 장착하여 창원시험장 내구 시험로를 주행

한 후 측정결과를 분석함으로써 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째 주행계적 산출 알고리즘을 적용하여 절대위치 오차가 2 m인 GPS 센서로부터 위치오차가 21 cm 이하의 상대위치 산출이 가능함을 확인하였다.

둘째 RTK 방식의 GPS 센서 대비 약 34 % 비용의 일반적인 GPS 센서를 이용하여 RTK 방식 GPS 센서에 근접한 위치성능 구현이 가능함을 확인하였다.

셋째 일반적인 GPS 센서와 주행계적 산출 알고리즘을 적용하여 구한 상대좌표는 오차측면에서 GPS 센서의 절대좌표의 오차보다 작았으며 측정 데이터의 재현성과 신뢰성도 우수함을 확인하였다.

넷째 주행계적 산출 알고리즘과 좌표변환 방법으로 창원시험장 내구 시험로 외측과 내측에 대한 상대좌표, 차량 좌측 및 우측 바퀴에 대한 주행계적을 효과적으로 측정할 수 있음을 확인하였다.

다섯째 주행분포 산출 알고리즘의 좌표변환 방법, 직선추정 방법, 섹터구분 방법, 히스토그램을 적용하여 창원시험장 내구 시험로에 대한 실제 차량의 주행경로에 대한 분포를 효과적으로 산출 할 수 있음을 확인하였다.

## References

- [1] W. H. Connon, "Determining Vehicle Sensitivity to Changes in Test-Course Roughness," IEST 46<sup>th</sup> Annual Technical Meeting and Exposition, pp. 30-37, 2000.
- [2] Dodds C. J. and Robson J. D., "The Description of the Road Profile Roughness," Journal of Sound and Vibration, Vol. 2, No. 1, pp. 175-183, 1973.
- [3] Jay A. Farrell and Matthew Barth, "The Global Positioning System & Inertial Navigation," McGraw-Hill, Inc. USA, pp. 142-186, 1999.
- [4] Kaplan, Elliott D., "Understanding GPS Principles and Applications," Artech House, Inc. USA, pp. 377-382, 1996.
- [5] El-Rabbany, Ahmed. "Introduction to GPS: The Global Positioning System," Artech House, Inc. USA, pp. 69-81, 2002.
- [6] <http://vboxautomotive.co.uk/index.php/en/products/data-loggers/vbox3i-dual-antenna-rtk#specs>
- [7] <http://vboxautomotive.co.uk/index.php/en/products/data-loggers/vbox3i#specs>