

# 차량 움직임 정보를 이용한 GPS/DR 차량항법시스템 성능향상

## Performance Improvement of GPS/DR Car Navigation System Using Vehicle Movement Information

송 종 화<sup>1</sup>, 김 광 훈<sup>2</sup>, 지 규 인<sup>†</sup>, 이 연 석<sup>3</sup>

Song Jong-Hwa<sup>1</sup>, Kim Kwang-Hoon<sup>2</sup>, Jee Gyu-In<sup>†</sup>, Lee Yeon-Seok<sup>3</sup>

**Abstract** This paper describes performance improvement of GPS/DR Integration system using area decision algorithm and vehicle movement information. In GPS signal blockage area, i.e., tunnel and underground parking area, DR sensor errors are accumulated and navigation solution is gradually diverged. We use the car movement information according to moving area to correct the DR sensor error. Also, vehicle movement is decided as stop, straight line, turn and movement changing region through DR sensor data analysis. The car experiment is performed to verify the supposed method. The results show that supposed method provides small position and heading error than previous method.

**Keywords** : GPS Shadow Area, Dead-Reckoning, Car Movement, Error Correction, Area Decision

### 1. 서 론

일반적인 차량항법시스템은 GPS(Global Positioning System) 위성 정보를 기반으로 차량의 항법정보를 제공한다. GPS는 신호수신이 양호한 곳에서는 적절한 항법성능을 제공하기 때문에 큰 문제가 없다. 그러나 터널이나 지하 주차장과 같이 GPS 신호가 단절되는 곳에서는 항법정보를 제공할 수 없는 단점이 있으며, 도심지역의 건물에 의한 수신장애 환경에서도 항법 성능이 저하되는 문제가 발생한다. 이런 문제들을 해결하기 위해서 일반적으로 DR(Dead Reckoning) 센서들이 이용되고 있다. GPS 위성 정보와 DR 센서 정보는 상호 보완적인 특성을 가지고 있기 때문에 거의 대부분의 차량항법시스템 개발에 이용되고 있다<sup>1-3)</sup>.

차량에 탑재된 DR 센서는 주로 저가의 제품이 이용되

며, 터널이나 지하 주차장과 같이 오랜 시간 GPS 신호가 차단되는 지역에서 오차가 빠르게 증가하여 항법해로 이용할 수 없다. GPS/INS(Inertial Navigation System) 통합항법 시스템에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위해 차량으로부터 도움정보를 받아 INS 센서 오차를 보정하는 연구가 진행되어왔다. 차량의 도움정보는 제한적인 차량의 움직임 즉 논 홀로노믹 제약조건(non-holonomic constraint)으로부터 생성된다. 차량은 점프하거나 옆으로 미끄러지지 않으면 진행방향의 아래방향과 옆 방향 속도는 0이 된다. 차량은 짧은 시간 동안에 수평면에서 움직인다고 가정할 수 있으므로, 롤과 피치 방향의 회전성분은 0이 된다. 위에서 설명한 차량 제약조건을 이용하면 특정방향의 가속도 계와 자이로스코프(Gyroscope) 출력을 오차로 보고 센서 오차를 추정할 수 있다<sup>4-6)</sup>.

DR 시스템은 단일 속도센서와 회전센서를 가지고 있으므로, INS 시스템에 적용된 차량 제약조건을 적용할 수 없다. 차량은 비행기나 미사일과 달리 지표면 위에서 동작하므로 그 움직임은 정지, 직진 그리고 회전 등으로 제한되어 있다. 차량이 일정한 움직임으로 갔을 때, DR 센서는 일정한 값을 출력하므로, 이외에 값은 오차로 보고 DR 센서를 보정할 수 있다. 본 논문에서는 차량 움직임 정보를 이

Received: Jan. 28, 2010; Reviewed: Jan. 29, 2010; Accepted: Feb. 01, 2010

※ 이 논문은 국토해양부 지능형국토정보기술혁신사업의 연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

<sup>†</sup> 고신저자: 건국대학교 전자공학과 정교수

<sup>1</sup> 건국대학교 전자공학과 박사과정

<sup>2</sup> 건국대학교 전자공학과 BK21 교수

<sup>3</sup> 군산대학교 제어로봇시스템공학과 교수

용한 GPS/DR 차량 항법 시스템 성능향상 기법을 제안하였다. DR 항법센서로 주행거리계(Odometer)와 자이로스코프를 사용하였다. GPS/DR 통합 항법시스템은 분산형(Cascade) 칼만필터 기법을 이용하여 약결합 방식으로 구성하였다. 차량 움직임 판단을 위해서 GPS 측정치와 DR 센서 데이터를 분석하고, 차량 움직임 정보를 이용하여 DR 센서 오차를 보정하였다. GPS 항법해의 상태와 차량의 움직임에 따라 시스템 상태방정식과 측정식을 유동적으로 변경하여 GPS/DR 통합 항법시스템의 성능을 향상시켰다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 차량 움직임 판단 기법에 대해서 나타내고, 3장에서는 차량 움직임 정보를 이용한 GPS/DR 통합 항법시스템의 구조와 각 필터에 대해서 설명하였다. 4장에서는 실제 주행데이터 처리를 통해서 제안된 기법을 검증하였다. 마지막으로, 결과를 정리하였다.

## 2. 차량 움직임 정보

이 장에서는 차량 움직임을 정지, 직진, 회전 그리고 변동구간으로 정의하고, 주행거리계 속도와 자이로스코프 방위각 변화율을 이용한 판단 기법에 대해서 나타내었다. 마지막에는 차량 주행궤적에 따른 구간 판단 결과를 구글(Google) 지도에 나타내었다.

### 2.1 정지 구간

이론상으로 차량이 정지해 있는 구간에서 주행거리계와 자이로스코프는 0을 출력해야 한다. 이러한 센서특성을 이용하면 차량이 정지한 순간을 판단할 수 있다. 실제 주행거리계는 바퀴의 회전량에 따라 펄스를 출력하므로, 정확히 차량이 멈추는 순간과 출발하는 순간을 판단할 수 없다. 즉, 차량이 출발할 때 바퀴 회전량이 일정 값 이상이 되면 펄스를 출력하므로 실제 정지한 순간과 펄스를 출력하는 순간 사이에는 시간차가 발생한다. 자이로스코프 출력은 백색잡음이 포함되어 있으며, 정지한 순간에는 작은 분산을 갖는다. 실제 데이터 분석을 통해 분산을 계산하면 정지한 순간에 자이로스코프 출력의 임계치를 구할 수 있다. 아래의 그림 1은 차량이 신호등 앞에서 정지하고 출발하는 순간에 주행거리계 속도와 자이로스코프 방위각 변화율을 나타낸다. 출력의 변화를 보면 속도보다 방위각 변화율을 이용하는 경우 더 정확히 정지순간을 판단 가능함을 알 수 있다. 본 논문에서는 주행거리계 속도가 0 km/h 이고, 자이로스코프 방위각 변화율의 절대값이 0.1 rad/s보다 작은 경우 정지 구간으로 판단하였다.

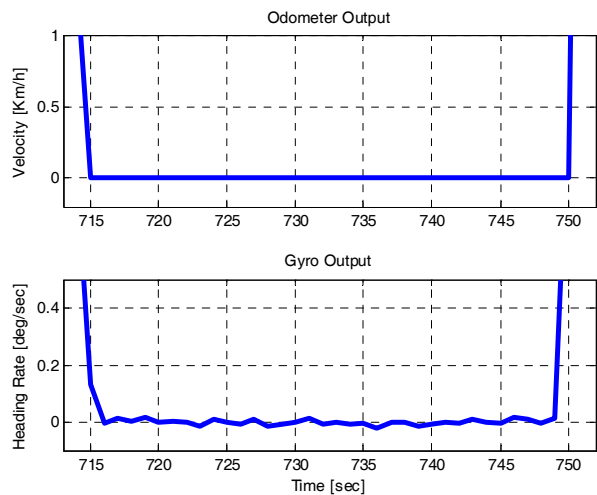


그림 1. 정지 구간에서 주행거리계/자이로스코프 출력

### 2.2 직진 구간

직진 구간에서 방위각 변화율은 거의 변화가 없으므로 평균은 0이고 분산은 일정 값 이하로 출력된다. 운행 중일 때는 정지 구간과 다르게 차량의 흔들림으로 방위각 변화율의 분산은 더 큰 값을 갖는다. 그림 2는 차량이 직진 주행 할 때 주행거리계 속도와 자이로스코프 방위각 변화율을 나타낸다. 그림을 보면 방위각 변화율이 0.5 rad/s 이내에서 변화하고 있음을 알 수 있다. 본 논문에서는 주행거리계 속도가 0 km/h보다 크고, 방위각 변화율이 0.5 rad/s보다 작을 때 직진 구간으로 판단하였다.

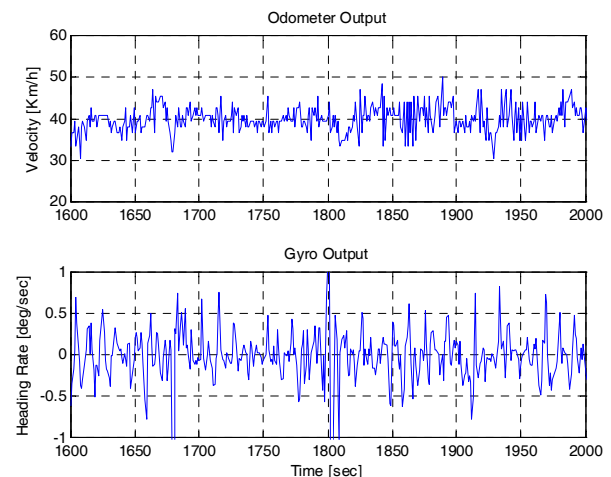


그림 2. 직진 구간에서 주행거리계/자이로스코프 출력

### 2.3 회전 구간

회전 구간에서 방위각 변화율은 다른 구간보다 큰 값을 갖는다. 본 논문에서는 데이터 분석을 통해 자이로스코프

방위각 변화율이 2 rad/s보다 클 때 회전으로 판단하였다. 그림 3은 차량이 회전할 때 주행거리계 속도와 자이로스코프 방위각 변화율을 나타낸 것이다. 그림을 보면 차량이 동일한 방향으로 2번 회전하였으며, 방위각 변화율이 크게 나타남을 알 수 있다. 회전하는 구간에서는 자이로스코프 오차 보정을 위해서 GPS 방위각 변화율이 필요하므로 GPS 측정치를 이용할 수 있는 조건을 추가하였다. 즉, GPS 수신가능하고 3보다 작은 HDOP(HorizontalDilution of Precision)를 가지며, 속도가 20km/h 보다 크다는 조건을 추가하였다. GPS 방위각 변화율은 저속에서는 오차가 크므로 실험을 통해속도 임계치를 계산하였다. 그림 4는 차량이 정지해있다가 출발하는 순간에 주행거리계 속도와GPS 그리고 자이로스코프 방위각 변화율을 나타낸 것이다. 그

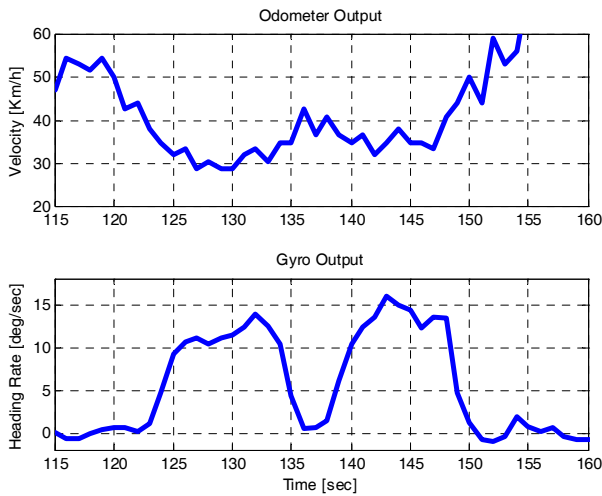


그림 3. 회전 구간에서 주행거리계/자이로스코프 출력

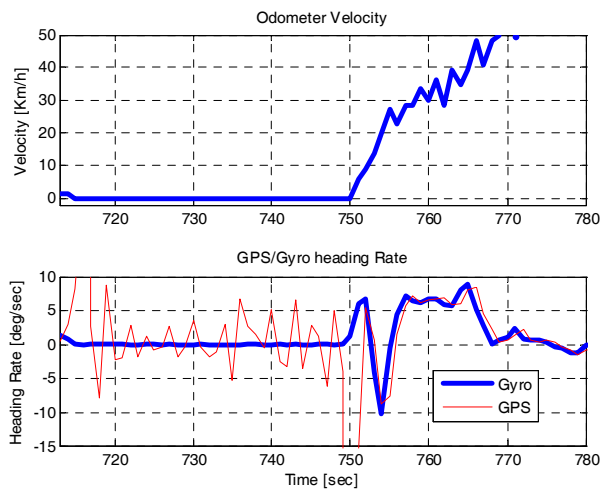


그림 4. 속도에 따른 GPS/자이로스코프 방위각 변화율

표 1. 차량 움직임 판단 조건

차량 움직임	판단 조건
정지 구간	속도=0 km/h, 방위각 변화율< 0.1 rad/s
직진 구간	속도>0 km/h, 방위각 변화율< 0.5 rad/s
회전 구간	속도>20 km/h, 방위각 변화율> 2 rad/s, HDOP<3

림을 보면 속도가 10km/h 이상이 될 때 GPS 방위각 변화율이 자이로스코프와 유사한 출력을 하는 것을 알 수 있다. 이를 통해 속도 임계치를 20km/h 로 설정하였다.

실제 차량 주행실험 데이터를 이용하여 차량 움직임 판단 조건의 동작을 확인하였다. 그림 5는 실제 차량 주행 궤적을 나타내고 그림 6은 주행하는 동안 차량 움직임 판단 결과를 나타낸다. 차량 움직임은 0-정지, 1-직진, 2-회전, 3-변동구간, 4-GPS 차단구간으로 나타내었다. 그림 5의 구역 1과 2에서 차량 움직임 판단 결과를 구글 지도 상에서 그림 7과 8에 나타내었다. 흰색 선은 차량 궤적을 나타내

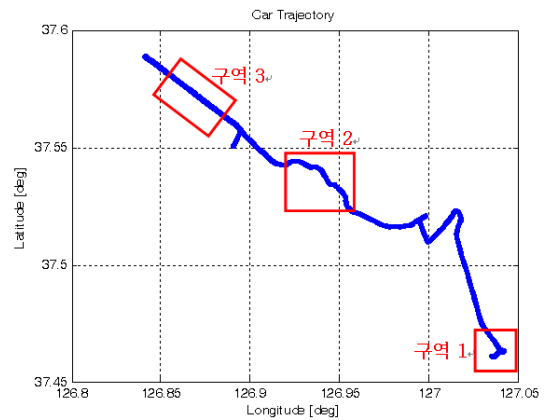


그림5. 차량 주행 궤적

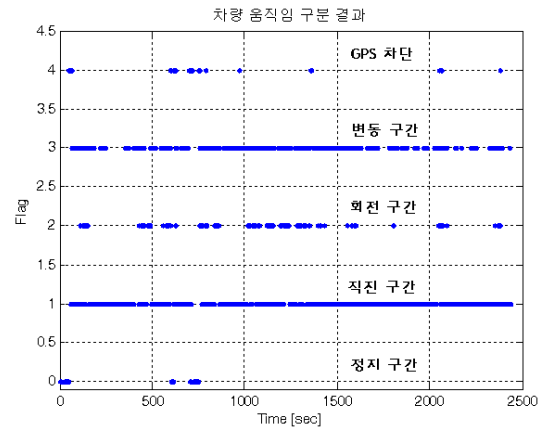


그림 6. 차량 움직임 판단 결과



그림 7. 구역 1에서 차량 움직임 판단 결과 (구글 지도)



그림 8. 구역 2에서 차량 움직임 판단 결과 (구글 지도)

고, 파란색 점과 노란색 점은 그리고 빨간색 점은 각각 직진과 회전 그리고 정지 구간을 나타낸다. 결과를 보면 차량 움직임에 잘 판단하는 것을 확인 할 수 있다.

### 3. GPS/DR 통합 항법 알고리즘

먼저, 이 장에서는 기존과 제안된 GPS/DR 통합 항법시스템 구조에 대해서 설명하고, 방위각 필터, 속도 필터 그리고 위치필터에 대해서 자세히 나타내었다.

#### 3.1 GPS/DR 통합 항법시스템 구조

GPS/DR 통합 항법시스템은 GPS, 주행거리계, 그리고 자이로스코프로 구성되어 있으며 차량의 위치, 속도 그리고 방위각 정보를 출력한다. 그림 9는 기존의 GPS/DR 통합 항법시스템의 구조를 나타낸 것으로, 속도 필터, 방위각 필터, DR 항법 알고리즘 그리고 위치 필터로 구성되어 있다. 속도 필터와 방위각 필터는 DR 센서 데이터와 GPS 속도와 방위각 정보를 입력 받아, DR 센서 오차를 보정하

고 차량의 속도와 방위각을 추정한다. DR 항법 알고리즘은 속도 필터와 방위각 필터 추정결과를 이용하여 차량의 위치를 계산한다. 위치 필터는 DR 위치와 GPS 위치 정보를 결합하여 통합된 위치해를 출력한다<sup>[10]</sup>. 이러한 구조는 GPS 신호가 차단되는 지역에서 DR 센서오차를 보정할 수 없으며, 오랜시간 동안 DR 센서만으로 항법을 수행할 수 없다. 차량의 움직임 정보를 이용할 경우 GPS 신호가 차단되는 구간에서도 DR 센서의 오차를 보정하여 항법오차를 줄일 수 있다. 차량 움직임 정보는 GPS 측정치보다 오차가 더 작으므로 GPS 수신 가능한 구간에서도 더 정확한 센서 오차보정이 가능하다. 그림 10은 제안된 GPS/DR 통합 항법 시스템을 나타낸다. 차량 움직임 판단을 위한 부분이 추가되고, 자이로스코프 오차 추정을 위한 방위각 필터가 변경되었다. 다음 절에서 방위각 필터에 구현된 방위각 필터를 설명하였다.

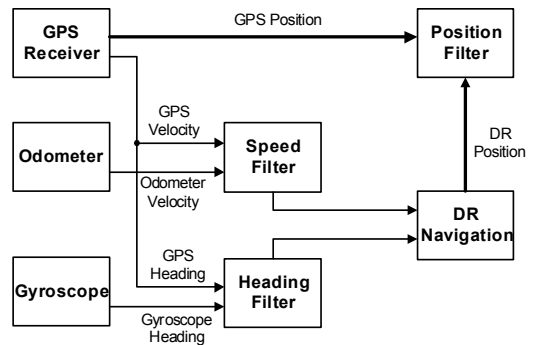


그림9. 기존의GPS/DR 통합 항법시스템

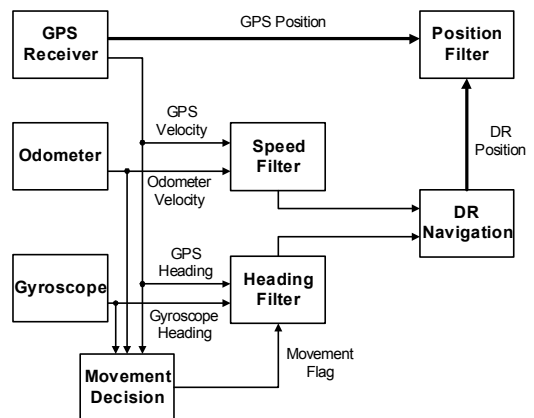


그림10. 제안된GPS/DR 통합 항법시스템

#### 3.2 방위각 필터

방위각 필터는 자이로스코프 방위각 오차를 측정치로 하여 방위각과 환산계수 그리고 바이어스 오차를 추정한다. 측정치는 기준센서의 방위각에서 자이로스코프 방위

각을 차함으로써 계산된다. 일반적으로 GPS/DR 통합 항법 시스템에서 기준 센서로 GPS를 이용한다. GPS 신호가 장 시간 차단되는 경우 자이로스코프 오차를 보정할 수 없어 방위각과 항법해는 발산한다. GPS 방위각은 차량이 저속 운행 할 때 신뢰할 수 없으므로, DR 센서를 보정할 수 없다. 본 논문에서는 GPS 측정치를 기준센서로 이용할때 문제점을 극복하기 위해서 차량 움직임 정보를 기준으로 방 위각 계산을 위해 이용하였다. 차량이 정지하거나 직선 운 행하는 동안 자이로스코프 방위각은 0을 출력해야 하므로, 자이로스코프에서 계산된 방위각은 오차로 생각할 수 있 다. 자이로스코프 오차는 바이어스와 환산계수 오차로 모 델링 할 수 있으며 식 1과 같이 표현된다.

$$\delta\dot{\theta} = \delta SF_{gyro} \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N V_g^n - V_{bias} \right) - (SF_{gyro}) \delta V_{bias} + w_{\theta} \quad (1)$$

여기서,  $\delta\theta$  는 방위각 오차,  $\delta SF_{gyro}$  는 환산계수 오차,  $\delta V_{bias}$  는 바이어스 오차,  $V_g$  은 출력전압,  $V_{bias}$  은 출력 바이어스 전압,  $SF_{gyro}$  는 환산계수,  $N$  은 1초 동안의 샘플링 개수,  $w_{\theta}$  는 백색잡음을 나타낸다. 차량이 정지하거나 직 선 운행하는 경우 자이로스코프 출력전압은 출력 바이어 스 전압과 같으므로 식 1의 첫 번째 항은 0이 된다. 이 경 우 방위각 오차는 바이어스 오차로만 표현된다. 차량이 회 전할 때 첫 번째 항은 회전각에 비례해서 증가하며, 두 번 째 항은 일정한 값으로 유지된다. 회전각이 일정 값 이상 으로 커지면 두 번째 항은 무시할 수 있으므로, 방위각 오 차는 환산계수 오차만으로 표현된다. 예를 들어 환산계수와 바이어스 오차가 0.001 동일하게 발생하고, 환산계수는 0.0606 그리고 방위각이 1도 증가 할 때 출력 전압이 16.5 씩 증가한다고 하자. 방위각 변화가 2도가 되면 첫 번째 항은 두 번째 항보다 약 54배 크다. 본 논문에서는 위의 특 성을 기반으로 차량 움직임에 따라 3가지로 방위각 오차 를 모델링 하였다. 차량이 정지 또는 직진 할 경우 바이어 스 오차로 모델링 하였으며, 회전 할 경우 환산계수 오차로 모델링 하였다. 그 외 변동 구간에서는 방위각 오차로 모델 링 하였다. 다음은 방위각 필터 상태방정식을 나타낸다.

$$\begin{bmatrix} \delta\dot{\theta} \\ \delta\dot{SF}_{gyro} \\ \delta\dot{V}_{bias} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N V_g^n - V_{bias} & -SF_{gyro} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta\theta \\ \delta SF_{gyro} \\ \delta V_{bias} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{\delta\theta} \\ w_{\delta SF_{gyro}} \\ w_{\delta V_{bias}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서,  $w_{\delta\theta}$ ,  $w_{\delta SF_{gyro}}$ ,  $w_{\delta V_{bias}}$  는 바이어스 오차, 환산계수 오 차, 바이어스 오차 공정 잡음을 나타낸다.

방위각 필터 측정방정식은 식 1을 이용하면 아래와 같이 3 가지 경우로 나타내어진다.

- 정지/직진 구간

$$z_{\theta} = \theta_{gyro} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\Delta t \cdot SF_{gyro} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta\theta \\ \delta SF_{gyro} \\ \delta V_{bias} \end{bmatrix} + v_{\theta} \quad (3)$$

- 회전 구간

$$z_{\theta} = \theta_{gyro} - \theta_{GPS} = \begin{bmatrix} 0 & \Delta t \cdot \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N V_g^n - V_{bias} \right) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta\theta \\ \delta SF_{gyro} \\ \delta V_{bias} \end{bmatrix} + v_{\theta} \quad (4)$$

- 변동 구간

$$z_{\theta} = \theta_{gyro} - \theta_{GPS} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta\theta \\ \delta SF_{gyro} \\ \delta V_{bias} \end{bmatrix} + v_{\theta} \quad (5)$$

정지와 직진 구간에서 동일한 측정방정식을 사용하지만, 측정잡음은 다른 값으로 설정하였다. 직진 구간에서 GPS 측정치 대신 0을 기준으로 하는 경우 더 많은 구간에서 바 이어스 오차 추정이 가능하다. GPS 측정치는 오차를 포함 하고 있으므로 더 정확한 바이어스 오차를 추정 할 수 있 다. 회전 구간과 변동 구간은 차량 움직임을 이용하여 기 준 값을 구할 수 없으므로, GPS 측정치를 기준 값으로 하 였다.

### 3.3 속도 필터

속도 필터는 GPS 속도와 주행거리계를 측정치로 하여 주행거리계의 환산계수 오차 추정을 목적으로 한다. 보정 된 환산계수를 이용하여 속도가 계산된다. 환산계수 오차 는 시간에 따라 급격히 변하지 않으므로 랜덤워크(Random Walk)로 모델링 하였다. 속도 필터의 상태방정식과 측정방 정식은 다음과 같이 나타내어진다.

$$\delta SF_{odo} = w_{odo} \quad (6)$$

$$z_{odo} = V_{GPS} - V_{Odometer} = n \cdot \delta SF_{odo} + v_{odo} \quad (7)$$

여기서,  $\delta SF_{odo}$  는 주행거리계의 환산계수 오차,  $n$  은 주행 거리계로부터 입력된 펄스 수,  $z_{odo}$  은 측정치 GPS속도와 주행거리계 속도정보로부터 계산된 측정치벡터를 의미한

다.  $w_{odo}$  와  $v_{odo}$  는 속도 필터의 공정잡음과 측정잡음을 나타낸다.

### 3.4 위치 필터

위치 필터는 GPS에서 측정된 위치와 DR 항법 알고리즘에 의해서 계산된 위치를 사용하여 차량의 위치를 추정한다. 다음은 위치 필터식을 나타낸 것이다.

$$\begin{bmatrix} \delta\dot{x} \\ \delta\dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \end{bmatrix} + w_{pos} \quad (8)$$

$$z_{pos} = P_{GPS} - P_{DR} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \end{bmatrix} + v_{pos} \quad (9)$$

여기서,  $\delta x$  와  $\delta y$  는 각각 ENU(East, North, Up) 좌표계의 E축과 N축의 위치오차를 나타낸다.  $z_{pos}$  는 GPS 위치와 DR 위치정보로부터 계산된 측정치,  $w_{pos}$  와  $v_{pos}$  는 방위각 필터의 공정잡음과 측정잡음을 나타낸다. 위치 필터는 GPS 상태에 따라서 측정치를 갱신한다.

## 4. 성능분석 실험

이 장에서는 차량 주행 실험을 통해 제안된 알고리즘의 성능을 검증하였다. 먼저, 차량 주행 실험 환경에 대해서 설명하고, 직진, 회전 그리고 지하주차장에서 GPS/DR 통합 항법 결과를 나타내었다.

### 4.1 실험 환경

GPS/DR 통합 항법시스템은 GPS 수신기와 주행거리계 그리고 자이로스코프로 구성되어있다. GPS 수신기는 일반적인 차량항법에 많이 이용되는 SiRF사의 SiRFstarIII GSC3e/LP 모델을 사용하였다. SiRFstarIII는 ARM7TDMI CPU와 20 개의 추적채널을 갖고 있다. 아래의 표 2에 주행거리계의 특성을 나타내었다. 자이로스코프는 EPSON TOYOCOM사의 SV-8000CB를 사용하였고, 표 3에 특성을 나타내었다.

표 2. 주행거리계 센서 특성

항목	1회전/pulse	타이어 둘레 (m)	환산계수 (m/pulse)
계수	1/4	1681.156/1000	0.4203

표 3. 자이로스코프 센서 특성

항목	바이어스 전압 (mV)	환산계수 (mV/deg/s)	바이어스 (deg/s)
계수	1650	16.5 (SF=1/16.5)	100 (=1650mV×SF)

먼저, 차량 주행 실험 궤적은 그림 1과 같다. 제안된 시스템의 성능을 평가하기 위해서 직선과 회전구간에서 실제 GPS가 수신되는 구간에서 차단되었다고 설정하고 결과를 분석하였다. 지하주차장 주행 데이터를 이용하여 장시간 GPS가 차단되는 경우 성능을 평가하였다.

### 4.2 차량 주행 실험결과

먼저, 직진 구간에서는 성능을 평가 하기 위해서 1600~1900초 동안 GPS 신호를 차단하고 결과 분석하였다. 직진 구간은 그림 1의 구역 3에 해당하는 부분이다. 그림 11은 차량 주행 궤적과 차량 움직임 정보를 이용하여 자이로스코프를 보정한 경우와 보정하지 않은 경우 위치해를 구글 지도에 나타낸 것이다. 위치 추정결과 차량 움직임 정보를 이용한 경우 더 천천히 발산함을 알 수 있다. 그림 12와 13은 위치오차와방위각 오차를 나타낸 것으로 위치오차와 방위각 오차는 GPS 수신기 출력을 기준으로 계산하였다. 위치 오차를 보면 보정한 경우 약 10배 더 작게 나타났다. 방위각 오차는 보정한 경우 일정한 범위 내에서 변화지만, 보정하지 않은 경우 시간이 지남에 따라 점점 증가하였다.

회전 구간은 그림 1의 구역 2에 해당하는 곳으로 1000~1300 초 동안 GPS 신호를 차단하였다. 회전 구간에서 결과를 그림 14~16에 나타내었다. 그림을 보면 직진 구간과 마찬가지로 보정한 경우 더 좋은 성능을 가지는 것을



그림11. 직진 구간 추정된 위치해 (구글 지도)

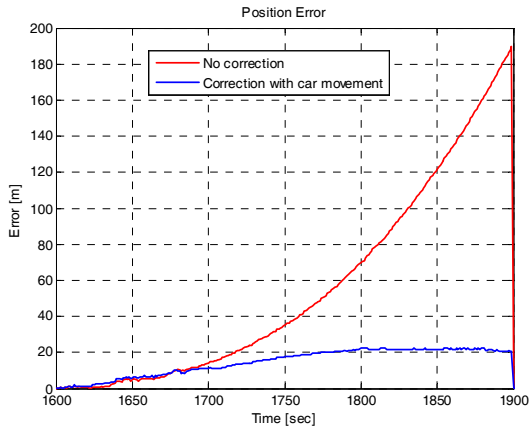


그림12. 직선 구간 위치 오차

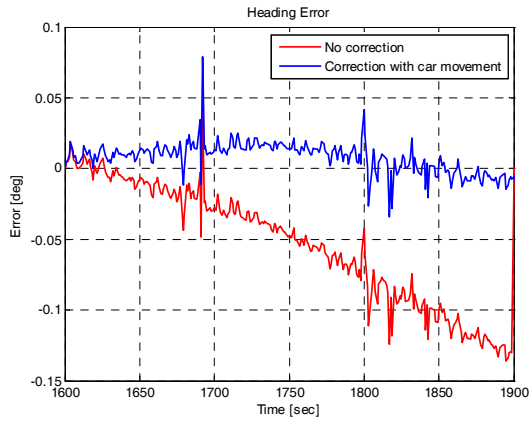


그림13. 직선 구간 방위각 오차

므로더 큰 위치오차를 갖는다. 그림 17은 차량이 지하주차장 운행한 경우 추정된 위치해를 나타낸 것이다. GPS 신

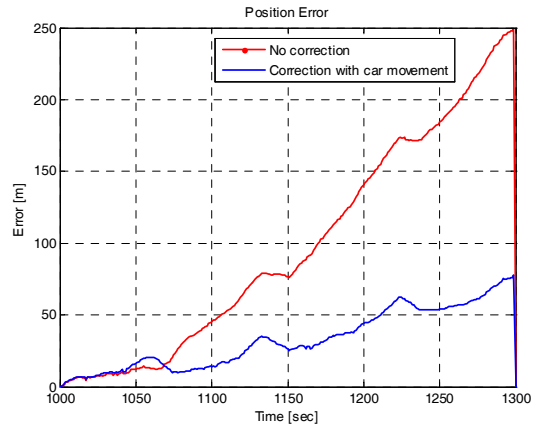


그림15. 회전 구간 위치 오차

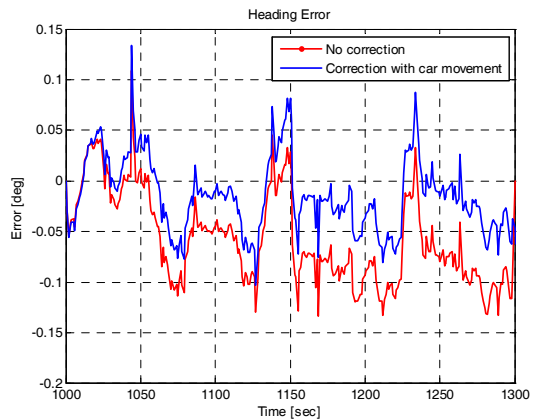


그림16. 회전 구간 방위각 오차



그림14. 회전 구간 추정된 위치해 (구글 지도)

알 수 있다. 그림 15는 위치오차를 나타낸 것으로, 직진 구간보다 더 큰 오차를 가지는 것을 알 수 있다. 회전 구간에서는 바이어스 오차뿐만 아니라 환산계수 오차가 발생하



그림 17. 지하주차장 추정된 위치해 (구글 지도)

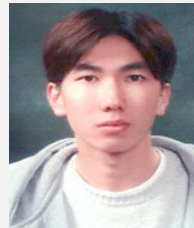
호가 더 오랫동안 차단되는 곳에서 성능을 평가하기 위해서 지하주차장에서 동일 궤적을 운행한 후 결과를 분석하였다. 차량은 지하주차장에서 약 400초 동안 사각궤적을 운행하였다. 그림을 보면 보정한 경우 더 일정한 모양을 갖는 것을 알 수 있다. 동일한 궤적을 갖는 것을 통해 자이로스코프 환산계수 오차와 바이어스 오차가 잘 추정되어 보정 되었음을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 차량 움직임 정보를 이용한 GPS/DR 차량 항법 시스템 성능향상 기법을 제안하였다. 차량 움직임 판단을 위해서 GPS 측정치와 DR 센서 데이터를 분석하고, 차량 움직임 정보를 이용하여 자이로스코프 오차를 보정하였다. GPS 항법해의 상태와 차량의 움직임에 따라 시스템 상태방정식과 측정식을 유동적으로 변경되도록 구현하였다. 차량이 직진으로 운행할 때 방위각 필터의 측정치를 자이로스코프 방위각으로 계산할 수 있으므로, GPS 신호가 차단되어도 자이로스코프 바이어스 보정이 가능하다. 또한 GPS 방위각 보다 더 작은 측정잡음을 가지므로 더 정확한 오차추정이 가능하다. 주행 실험을 결과 차량 움직임 정보를 이용하여 센서 오차를 보정한 경우 그렇지 않은 경우보다 위치와 방위각 오차가 작음을 확인하였다. 위 결과로부터 차량움직임 정보를 이용한 GPS/DR 항법 시스템이 성능을 검증하였다.

## 참고문헌

- [1] Jinwon Kim, Gyu-In Jee, Jang Gyu Lee, and Young Jae Lee: Design of a Navigation System Using GPS and Dead-Reckoning, Vol.2, No.3, pp.188-193, 1996.
- [2] Jae-Kuen Lee: GPS and DR Integration Technique for Car Navigation System, Master's Dissertation, Konkuk University, 1997
- [3] Dae Seon Park: Development of A GPS/DR Integrated Unmanned Ground Vehicle Navigation System Using Real Time OS, Master's Dissertation, Konkuk University, 2000.
- [4] Madhukar, B.R., Nayak, R.A., Ray, J.K., Shenoy, M.R., "GPS-DR Integration Using Low Cost Sensors," ION GPS 99, pp.537-544, 1999.
- [5] G. Dissanayake, S. Sukkarieh, E. Nebot, and H. Durrant-Whyte, "The aiding of a low-cost strapdown inertial measurement unit using vehicle model constraints for land vehicle applications," IEEE Trans. Robot. Autom., Vol.17, No.5, pp.731-747, Oct. 2001.
- [6] Shin. E. H., "Estimation Techniques for Low-Cost Inertial Navigation", Ph.D. Thesis, University of Calgary, 2005.
- [7] S. Godha and E. Cannon, "GPS/MEMS INS integrated system for navigation in urban areas," GPS Solution., Vol.11, No.3, pp.193-203, Jul. 2007.
- [8] N. El-Sheimy and X. Niu, "The promise of MEMS to the navigation community," InsideGPS, Vol.2, No.2, pp.46-56, Mar./Apr. 2007.
- [9] Itzik Klein, Sagi Filin, Tomer Toledo, "Pseudo-Measurements as Aiding to INS during GPS Outages," ENC-GNSS 2009, May, 2009.
- [10] Kwang-Hoon Kim, Jong-Hwa Song, Gyu-In Jee, "GPS-DR Integration Navigation System for Car Navigation," 2009 International Symposium on GPS/GNSS, Oct., 2009.



### 송 중 화

2007 아주대학교 전자공학부  
(공학석사)  
2007~ 현재 건국대학교 전자  
공학과 박사과정  
관심분야: GNSS 수신기 신호  
처리, GPS/INS 결합 항  
법, GNSS RTK

E-mail : hwaya@konkuk.ac.kr



### 김 광 훈

2006 서울대학교 전기 컴퓨터  
공학부(공학박사)  
2007~현재 건국대학교 전자  
공학과 BK21 연구 교수  
관심분야: 관성항법시스템, GPS  
수신기 신호처리, 다중센  
서 복합항법시스템

E-mail : kwanghun@konkuk.ac.kr





### 지 규 인

1989 Case Western Reserve Univ. System and Control Engineering(공학박사)  
1992~현재 건국대학교 전자공학과 교수

관심분야 : GPS/INS 결합항법, GPS 수신기 신호 처리, 무선측위

E-mail : gijee@konkuk.ac.kr



### 이 연 석

1993 서울대학교 제어계측 공학과(공학박사)  
1993~현재 군산대학교 제어 로봇시스템공학과 교수  
관심분야 : 항법 및 유도제어, 추정론 확률특성분석

E-mail: yeonslee@kunsan.ac.kr