

GPS 와 듀얼 전자 컴파스를 이용한 차량의 혼합항법시스템

Hybrid Car Navigation System using GPS and Dual Electric Compass

김 양 환, 최 병 석, 이 장 명*
(Yang-Hwan Kim, Byoung-Suk Choi, and Jang-Myung Lee)

Abstract : A new model for the continuous-magnetic interferences has been proposed in this paper to remove external interferences of magnetic field to the dual electric compass. By this removal, the dual electric compass can be used for proving the azimuth angle in an automobile navigation system instead of the rate gyroscope. In the navigation system with a GPS receiver, a DR sensor such as a rate gyroscope is needed to overcome the shielded areas, which is relatively expensive and requires frequent calibrations. However the dual electric compass designed by this research is cheap and provides absolute azimuth angle precisely, which is beneficiary to be used as a DR sensor. The main contribution of this paper is that the long-lasting magnetic interferences have been removed out by using the proposed model, which never be studied before. With a hybrid navigation system using a DR sensor, we demonstrated that dual electric compass is better than a rate gyroscope in terms of both economics and performances.

Keywords : dual electric compass, hybrid navigation system, gyroscope, DR sensor, GPS

1. 서론

최근의 차량 항법 시스템(Car Navigation System: CNS)은 추측 항법(Dead-Reckoning: DR)과 GPS (Global Positioning System)을 통합한 혼합 항법 시스템(hybrid navigation system)이 사용된다. GPS는 고도 약 20,200 km를 운행하는 24개의 항법 위성으로부터 전송되는 신호를 이용하여 위치를 파악하는 시스템으로, 전세계 어디서나 약 ± 15m 이내의 오차로 위치를 손쉽게 알아낼 수 있다. 시스템의 편의성과 수신기 가격의 비용문제가 많이 해결되어 최근에 GPS를 이용한 차량 항법 시스템이 많이 개발되고 있지만, 도심 혹은 산악지역, 터널 등 지형 지물에 의해 GPS 위성 신호가 차단되는 경우, 차량의 위치를 파악할 수 없게 된다[1]. 이것이 현재 GPS를 차량 항법에 사용하는데 있어서 해결해야 하는 주요 문제점 중의 하나이다. 이런 경우에는 차량에 설치한 부가적인 센서로 구성된 추측항법(Dead-Reckoning: DR)을 이용하여 차량의 위치를 추정한다. 추측항법에 사용되는 방위각 센서로는 절대 방위를 지시하는 전자 컴파스(electric compass)와 상대 방위를 지시하는 자이로스코프(gyroscope)가 있다[4].

지구 자기장을 이용하는 전자컴파스는 저가의 방위각 센서로서 어느 위치에 있든 절대방위를 지시하는 반면에 외부 간섭자기장에 민감하게 반응하여 측정오차를 유발시킨다[6]. 상대적으로 고가인 자이로스코프는 관성력에 따라 물리적인 특성이 변화하는 것을 이용한 각속도 측정 센서로서 짧은 시간의 방위에 대해서는 비교적 정확한 위치를 얻을 수 있고, 외부의 간섭에 대한 영향은 없지만 센서의 특성상 온도에 따라 변화하는 드리프트와 상대적인 방위각을 나타내는 특성 때문에 시간이 지남에 따라 누적되는 오차를 가지는 것이 큰 단점이다. 표 1에서는 자이로스코프와 전자 컴파스에 대한

장단점을 나타내었다.

지금까지 정적이고 순간적인 간섭 자기장에 강인한 전자 컴파스는 개발되어져 있다. 하지만 지속적인 간섭 자기장에 대한 보정 방법은 제시되지 않았다. 본 논문에서는 두개의 전자 컴파스로 단일 방향으로 지속적으로 들어오는 외부 간섭에 대한 보정방법을 제시한다. 기존의 GPS과 DR항법 시스템에 많이 사용되는 방위각 센서는 자이로스코프이다. 하지만 자이로스코프는 가격이 비싸고 오차를 보정하는 알고리즘이 복잡하다. 그리고 자이로스코프가 가지는 누적오차 때문에 GPS신호가 수신되지 않는 시간이 길어질수록 오차가 커지게 된다[2,3].

본 논문에서는 DR 항법 시스템에서 기존에 많이 사용되고 있는 방위각 센서인 자이로스코프와 개발된 동적 간섭 자기장에 강인한 듀얼 전자컴파스를 방위각 센서로 사용하고 GPS를 사용한 통합시스템을 구성하여 각각의 성능을 비교 분석한다. 성능 비교를 위해 DR을 이용한 항법을 기본으로 하고 DR 센서의 초기화는 동일한 조건에서 GPS로 초기화시킨다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 GPS에 대해서 서술하고, 3장에서는 듀얼 전자 컴파스의 보정 방법에 대해서 설명한다. 4장에서는 GPS와 DR을 이용한 혼합항법 시스템의 알고리즘을 설명하고 5장에서는 각각의 성능을 분석하고, 6장에서는 결론을 맺는다.

표 1. 전자 컴파스, 자이로스코프의 장단점.

Table 1. Comparison a conventional compass and gyroscope.

비교 모델	장 점	단 점
Electric Compass	저가형 방위각센서절대 방위 지시 오차 누적이 없음	외부 간섭자기 영향에 민감하게 반응
Gyroscope	고가형 방위각 센서 상대방위 지시 간섭자기영향이 없음	온도 바이어스 오차 누적 오차 발생

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2004. 11. 15., 채택확정 : 2005. 11. 1.

김양환, 최병석, 이장명 : 부산대학교 전자공학과

(hedang@pusan.ac.kr/woode@pusan.ac.kr/jmlee@pusan.ac.kr)

※ 본 연구는 교육부에서 주관하는 “차세대 물류 IT 기술 연구사업단”에 의해 지원 받은 연구임.

II. GPS(Global Positioning System)

1. GPS 기본 원리 및 오차 분류

GPS는 인공위성에서 전송하는 항법 데이터를 수신기에서 수신하여 위성의 위치 및 거리를 이용하여 위치를 파악하는 항법 시스템이다. 위치를 파악하기 위해서 수신기는 24개의 위성 신호를 구분하여야 하는데, 각 위성은 모두 동일한 주파수를 사용하므로 독립적인 ID 코드를 이용하여 발신위성을 파악한다. GPS 위성의 ID는 gold code 라고 불리는 1023 bit 의 0 과 1 의 조합으로 이루어져 있다. 수신기는 24개 모든 위성의 ID를 파악하여, 위성을 구분하고 항법 데이터를 얻게 된다. 인공위성은 두 개의 반송파(carrier frequency)를 이용하여 정보를 전송하는데, C/A code 가 포함되어 있는 L1은 1575.42Mhz, P code 가 포함 되어 있는 L2는 1227.6Mhz 이다. GPS는 일반적으로 ± 15m 의 위치 오차를 가지는데, 위성의 시간/위치 오차, 이온층/대류층/다중경로 오차, 수신기 시계/잡음 오차, 위성의 배치에 따른 기하학적 오차로 나누어 진 대[7].

2. GPS를 이용한 위치 측정 방법

C/A코드를 이용하여 위치를 측정하기 위한 방법으로는 기본적인 방법으로는 위성에서 코드를 보낸 시간과 수신기에서 받은 시간차이를 이용하는 의사거리(pseudo-range)를 이용하는 것이다. i 번째 위성에서 측정한 시각, t_i^s 와 수신기에서 측정한 시각, t_i^r 이 같은 시계에서 측정된 값이라면, 즉 두 시계사이에 바이어스가 0 이라면, 위성과 수신기 사이의 거리는 다음과 같이 주어진다.

$$\rho_i = c(t_R^i - t_T^i) \tag{1}$$

여기서 c 는 빛의 속도이다.

그러나 실제로 위성의 시계와 수신기의 시계는 바이어스 차이가 존재하고, 전리층을 통과하거나 대류층을 통과하면서 시간 지연이 생기게 되므로 다음과 같이 오차 항이 존재하는 의사 거리로 표현되게 된다.

$$\rho_i = |r_i - r_u| + c(b_u - b_s) + \epsilon_{\rho_i} \tag{2}$$

위의 식에서 b_u 는 수신기 시간의 바이어스, b_s 는 위성 송신 시간 바이어스, ϵ_{ρ_i} 는 이온층과 대류층, 반사파 등에 의한 오차이다. 여기서 위성 송신 시간의 바이어스와 전리층에 의한 보정 정보는 GPS의 항법 데이터에 포함되어 전달 되어진다. (2)에서 $r_u = (x_u, y_u, z_u)$ 을 이용하여, 수신기의 좌표를 ECEF 좌표계로 표현하면 다음과 같다.

$$\rho_i = \sqrt{(x_s - x_u)^2 + (y_s - y_u)^2 + (z_s - z_u)^2} + c(b_u - b_s) + \epsilon. \tag{3}$$

위의 식에서 살펴볼 수 있듯이 위성이 4개 이상 관측되면 수신기의 좌표를 계산할 수 있다.

일부 상용 GPS수신기는 수신기에 내장된 칼만필터를 사용하여 사용자의 위치를 계산한다. 본 논문에서도 칼만필터가 내장되어 있는 Cirocomm사의 FL-18수신기를 사용하여 필터링 되어진 위치를 사용한다.

III. 듀얼 전자 컴퍼스

1. 전자 컴퍼스의 오차 분류

전자 컴퍼스의 오차는 그림 1에서 나타난 것과 같이 크게 측정오차와 외부간섭오차로 나누어 진다. 측정오차는 컴퍼스 자체가 가지고 있는 오차이며, 외부간섭오차는 주위 환경, 특히 자기장에 의해 발생하는 오차이다. 외부간섭오차 중에서 시불변오차는 컴퍼스가 장착된 차량의 내부 환경변화에 따른 자화원의 이동 및 변형에 의해 나타나며, 시변 오차는 순간적인 외부간섭의 오차와 경사 및 기울기에 의해 일어난다. 그러나 위에서 제시한 오차들은 1회전 보정방법과 pedictive calibration algorithm으로 쉽게 보정할 수 있다[8]. 본 논문에서는 시변 오차중에서 차량 주행 중 장시간 단일 방향에서 간섭되는 외부 자계에 의한 오차를 보정하기 위한 방법으로 두 개의 전자 컴퍼스로 외부 간섭 자기장의 크기 차이를 측정하고 이를 이용한 보정 알고리즘을 제시하였다.

2. 지속적인 외부 간섭 자기장

듀얼전자컴퍼스를 이용한 차량 항법 시스템에 있어서 정적이고 순간적인 간섭 자기장은 반대 차선에서 주행하는 차량에 의한 외부 자기장, 신호등이나 가로등, 표지판등의 철제 구조물, 육교 및 고가교의 철 구조물등에 의한 자기장을 들 수 있다. 즉, 차량 운행중 비교적 짧은 시간에 컴퍼스에 영향을 주는 외부 간섭 자기장이다. 이에 반해 지속적인 외부 간섭 자기장은 교량 및 철제 난간, 방음벽, 철제 방음 터널등에 의해 발생하는 자기장이며, 이런 자기장은 주행중 일정 시간 동안 계속해서 같은 방향으로 자기장을 형성하여, 컴퍼스에 영향을 미치게 된다. 이런 지속적인 외부 간섭 자기장이 영향을 미칠 때, 두 개의 전자 컴퍼스로 외부 간섭의 크기 차이를 이용하여 간섭 영향을 제거 할 수 있다. 두 개의 전자 컴퍼스를 그림 2와 같이 같은 방향을 가지도록 수평으로 정렬하고, 일정한 거리 d cm 만큼 떨어뜨려 놓았다. 지구는 하나의 거대한 자석으로 볼 수 있기 때문에, 그림 2와 같이 컴퍼스를 배치하더라도 두 개의 컴퍼스에 의해 측정되는 지구 자기장은 방향과 크기가 동일하다. 그렇지만 지구 자기장이 아닌 외부 간섭 자기장이 두 컴퍼스에 같은 방향으로 영향을 끼친다면, 각각의 컴퍼스의 자기장 출력은 방향은 같지만 크기는 다른 형태로 나타나진다.

이 현상을 도식화 하여 살펴볼 수 있다. 그림 3은 단일 방향 외부 자계에 대한 컴퍼스-1과 컴퍼스-2의 출력 변화를 나타낸 것이다.

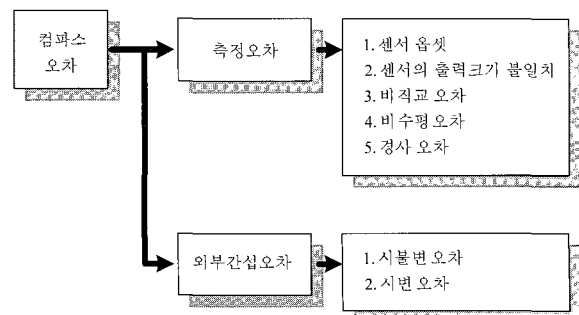


그림 1. 전자 컴퍼스 오차 분류.

Fig. 1. Classification of electric compass error.

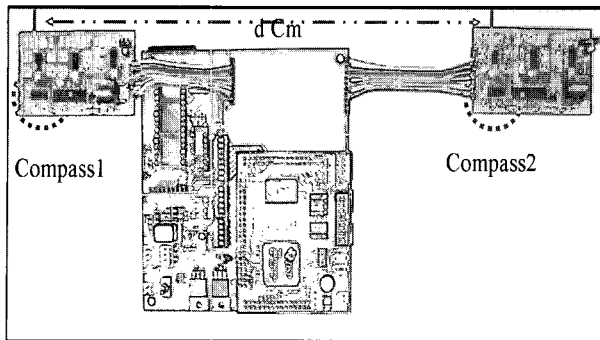


그림 2. 듀얼 전자 컴퍼스 배치.
Fig. 2. Disposition of dual electric compass.

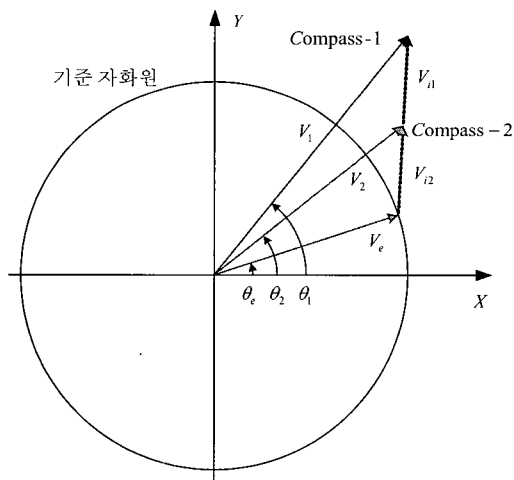


그림 3. 단일방향 외부 자계에 의한 전자 컴퍼스 출력 변화.
Fig. 3. Change of dual electric compass output generated by unity direction external interference field.

단일 방향으로 작용하는 외부 자계에 대한 두 컴퍼스의 출력은 방향은 같고 크기는 다른 형태이다. 즉, 두 컴퍼스가 자계의 방향은 동일하게 나타내지만, 외부 자계에 가까운 컴퍼스-1이 컴퍼스-2보다 자계의 출력 크기가 더 크게 나타내고 있음을 알 수 있다.

지구 자계에 의한 출력 \vec{v}_e 는 다음과 같이 나타 내게 된다.

$$\vec{v}_e = (X_e, Y_e) \tag{4}$$

단일 방향 외부 자계에 의한 컴퍼스-1, 2의 출력 \vec{v}_1, \vec{v}_2 는 다음과 같다.

$$\vec{v}_1 = (X_1, Y_1) = \vec{v}_e + \vec{v}_{i1} \tag{5-a}$$

$$\vec{v}_2 = (X_2, Y_2) = \vec{v}_e + \vec{v}_{i2} \tag{5-b}$$

여기서 $\vec{v}_{i1}, \vec{v}_{i2}$ 는 동일한 방향의 외부 자계의 영향이다. (5)에서 그 크기가 다르게 나타나는 것은 외부 자계가 각각의 컴퍼스에 미치는 영향이 거리에 의해서 차이가 나기 때문이다.

기준 자화원의 방정식은 (6)과 같다.

$$X_e^2 + Y_e^2 = R^2 \tag{6}$$

그림 3에서 두 개의 점을 지나는 직선은 (7)과 같이 나타낸다.

$$Y - Y_1 = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} (X - X_1) \tag{7}$$

(7)를 (6)에 대입해서 X, Y를 구하고 이를 (8)에 대입해서 방위각을 구한다.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{Y_e}{X_e} \tag{8}$$

IV. GPS와 DR을 이용한 통합 시스템 구성

1. GPS와 DR을 이용한 통합 알고리즘

DR 시스템은 이미 위치를 알고 있는 한 점에서 이동물체의 진행 방향 속도 및 방향각을 이용하여 새로운 위치를 계산하는 항법 시스템이다. 시간 t 에서의 이동물체의 위치를 알고 있는 경우, 시간 $t + \Delta t$ 에서의 위치는 다음과 같이 결정된다.

$$x(t + \Delta t) = x(t) + V \cos \theta \Delta t \tag{9}$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + V \sin \theta \Delta t$$

(9)와 같이, DR은 항법 계산 주기 동안 이동물체의 진행 궤적을 직선으로 가정하여 위치 변화를 계산하고, 그 값을 이전 시간까지의 값에 누적시켜 위치를 계산한다. 그렇기 때문에 시간이 경과함에 따라 위치 오차가 누적된다. 이 경우 GPS와 같은 절대 위치 인식시스템을 이용하여 누적되는 오차를 초기화 시킬 수 있다. 만약 오차를 초기화 하지 않으면, 누적 오차로 인해서 정확한 위치를 파악할 수 없게 된다. 즉, DR 시스템만을 이용해서는 정확한 위치를 추정할 수 없다.

또한 GPS를 이용한 위치 인식에 있어서도 위성이 4개 이상 관측되지 않으면 그 위치를 파악할 수 없게 된다. 따라서 DR 시스템과 GPS를 이용한 통합 시스템을 구성하여 보았다. 그림 4는 GPS와 DR을 이용한 통합 알고리즘을 나타낸 것이다. 관측위성의 수가 4개 이상이면 GPS 신호에 의해 위치를 계산하고, 4개 이하이면 DR로 위치를 계산하게 된다. 여기서 DR 센서에 누적되는 오차는 GPS로 보정하게 된다.

2. GPS 좌표 변환

GPS 수신기가 주는 출력은 위도와 경도로 구성되는 도표 Bessel 좌표계이다. 맵 매칭(map-matching)을 쉽게 하기 위해서는 GPS 수신기에서 출력된 데이터를 TM(Transverse Mercator) 좌표계로 전환해야 한다. 우리나라에서 사용되는 TM 좌표에서는 좌표 기준점으로 서부 원점(125° E, 38° N), 중부 원점(127° E, 38° N), 동부 원점(129° E, 38° N)의 3개 원점을 사용한다. 그리고 이 기준점을 이용하여 직각 좌표계를 구성하여 미터 단위로 표시하도록 구성되어 있다. 본 논문에서는 중부 원점을 TM 좌표의 중심으로 하고, 제주도를 포함한 전 지역이 양의 좌표값을 갖도록 X-축에 대해서는 550,000m, Y-축에 대해서는 200,000m로 한다. 이때 X-축과 Y-축의 방향은 원점에서 동서 방향과 남북 방향으로 각각 지정한다. 위에서 제시한 TM 좌표계에서의 단위는 m이다.

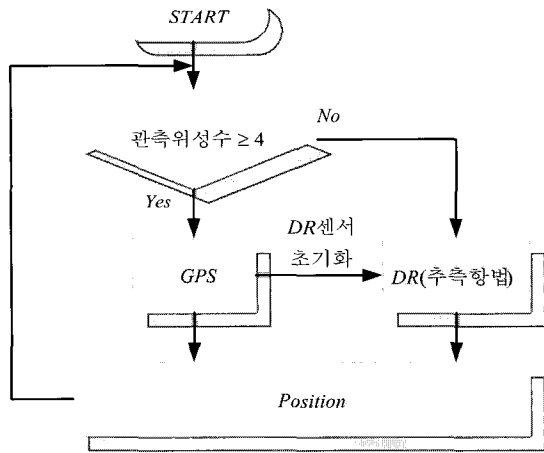


그림 4. GPS+DR 보정 알고리즘.
Fig. 4. GPS+DR calibration algorithm.

V. 실험 및 결과

자립항법을 위하여 GPS와 DR을 이용한 통합시스템 모듈을 차량에 장착하고, 널리 사용되어지고 있는 방위각 센서인 gyroscope와 본 논문에서 제시한 듀얼 전자 컴파스를 각각 DR 센서로 사용하였다. 이 통합 시스템을 이용하여 도심지역, 터널 및 철골로 이루어진 교량을 주행하면서 각각의 DR 센서 성능을 비교하였다.

실험에 사용된 GPS 수신기는 칼만 필터(Kalman-filter) 알고리즘이 내장된 Cirocomm사의 FL-18이고, 위치 측정 오차는 15m 정도이다. 실험에 사용된 gyroscope는 Matsushita EWTS 82, 본 논문에서 제시한 듀얼 전자 컴파스의 지자기 센서는 KMZ52를 사용하였다.

1. GPS와 DR 센서 통합 모듈

그림 5는 통합 시스템의 전체 구성도이다. DR 센서인 듀얼 전자 컴파스와 자이로스코프의 성능을 비교하기 위해서 차량 주행시 동일하게 방위각을 측정한다. 통합 시스템은 DSP(TMS240LF2407)를 사용하여, GPS 및 compass와 자이로스코프, speed-meter에서 들어오는 위치 정보를 처리하며, 이 정보를 RS-232 serial 통신을 통해 PC로 전송한다.

그림 6은 전체 구성도를 바탕으로 실제 제작된 GPS 및DR 통합 시스템 모듈을 나타내고 있다. 구성은 그림 5의 블록도에서와 같이 GPS 수신기, 듀얼 전자 컴파스 모듈, main processor모듈, gyroscope, speed-meter 로 되어 있다. 듀얼 전자 컴파스는 바닥에 의한 외부 간섭을 최소화하기 위해, 또한 외부 간섭을 효과적으로 제거할 수 있도록 하기 위해 실제 차량에 장착시에는 그림 2에서와 같이 차량의 운전석과 조수석 위쪽에 수평으로 컴파스-1, 2를 일정거리 떨어뜨려 설치하였다. 두 컴파스 사이의 거리가 멀수록 외부 간섭에 의한 오차를 쉽게 보정할 수 있으므로 컴파스 사이의 간격은 최대한 먼 거리를 유지하도록 하였다. 자이로스코프는 평평한 차량의 좌석 아랫부분에 설치하였다. 부가적으로 speed meter와 방위각 센서를 이용해서 DR 센서의 위치정보를 구하였다.

2. 회전 보정 및 계수 설정

컴파스를 차량에 처음 설치할 경우 1 회전 보정이 필요하며, 컴파스를 평면에 대해서 1 회전시키면 컴파스-1과 컴파

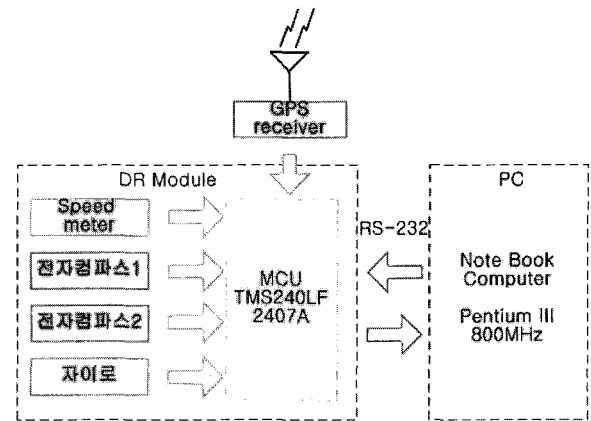


그림 5. 통합 시스템 구성도.
Fig. 5. Structure of integration system.

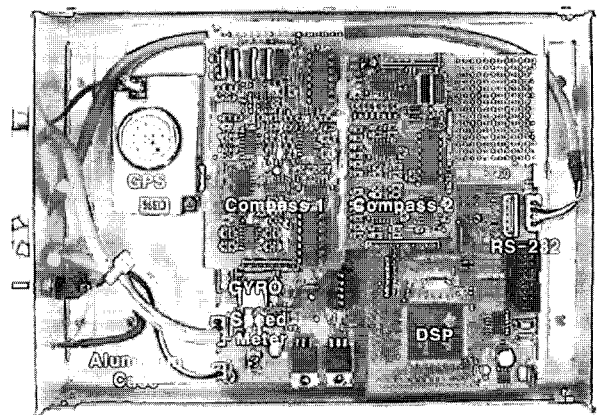


그림 6. 제작된 GPS 및 DR센서 통합모듈.
Fig. 6. Prototype GPS+DR sensor module.

표 2. 컴파스-1과 컴파스-2의 설정 계수값.

Table 2. Setting coefficient of compass-1 and compass-2.

항목	컴파스1	컴파스2	설 명
$V_{x,max}$	120	215	X축 센서의 최대값
$V_{x,min}$	-206	-153	X축 센서의 최소값
$V_{y,max}$	262	129	Y축 센서의 최대값
$V_{y,min}$	-127	-267	Y축 센서의 최소값
$V_{x,sf}$	1.1933	1.0761	X축 센서와 Y축 센서의 크기비
$V_{y,sf}$	1.0000	1.0000	X축 센서와 Y축 센서의 크기비
$V_{x,off}$	43.0	-33.3	X축 센서의 DC offset
$V_{y,off}$	-67.5	74.2	Y축 센서의 DC offset
V_r	194.5	192.7	자화원의 반지름
V_{sf}	1.0000	1.0090	컴파스1과 컴파스2의 크기비
ϵ	30.0	30.0	자화원 오차의 문턱값
γ	50.0	50.0	방위 오차의 문턱값
δ	20.0	20.0	경사나 기울어짐 오차의 문턱값
FIFO	100 (10sec)	100 (10sec)	FIFO의 개수

스-2의 $V_{x,max}$, $V_{y,max}$, $V_{x,min}$, $V_{y,min}$ 이 측정되고, 이 값들을 이용하여 $V_{x,sf}$, $V_{y,sf}$, $V_{x,off}$, $V_{y,off}$, V_r , V_{sf} 를 구할 수 있다. 또한 ϵ , γ , δ 는 주행환경과 오차의 허용범위를 결정하며, 실험을 통하여 최적값을 찾았다. FIFO에는 컴파스에 대한 현재의 측정값, 오차값, 예측값 데이터가 저장된다. 표 2에 10Hz 로 동작하는 컴파스의 초기 설정 계수값을 나타내었다.

3. 주행 실험

듀얼 전자 컴파스와 자이로스코프를 도로 주행 실험을 통해서 외부 간섭 자기장이 존재하는 환경에서 어떠한 결과를 나타내는지 비교하였다. 차량의 주행실험은 GPS 수신에 잘 되지 않는 빌딩밀집지역, 교통혼잡지역, 터널구간 및 외부 자기장의 간섭이 심한 철구조물로 이루어진 다리에서 실험하였다. 방위각 센서인 듀얼 전자 컴파스와 자이로스코프의 성능을 비교하기 위해서, 터널구간과 같이 GPS 수신에 장시간 차단된 지역에서 실험을 실시하였다.

주행 실험은 도로 주행으로 저장된 로그데이터를 제작된 프로그램을 통하여 맵의 비율로 변경하고 맵상에서 가상으로 다시 주행하도록 하였다. GPS 및 DR 통합시스템에서 DR 센서에 사용된 방위각 센서인 듀얼 전자 컴파스와 자이로스코프를 각각 사용해서 두개의 통합시스템으로 구성하고 동일한 맵에 가상으로 주행시킴으로서 성능을 비교하였다.

3.1 도심지역 및 터널구간 주행실험

그림 7은 빌딩이 많은 도심지역과 터널구간을 가지는 5.83km 구간을 GPS 신호없이 DR 센서만을 이용하여 주행한 결과이다. 빌딩이 많은 도심지역은 주위의 건물에 의한 GPS 신호의 난반사로 GPS오차가 많이 나타나며, 교통이 혼잡한 지역은 외부 차량에 의한 GPS 오차, 외부 자기장이 많이 존재하는 곳이다. 터널구간은 GPS 신호가 장시간 수신되지 못하는 구간이다. 그림 7에서 자이로스코프는 주행하는 동안 센서의 초기화를 시켜주지 못하기 때문에, 방위각 오차의 누적으로 최종적인 위치가 크게 벗어남을 알 수 있다. 도심 지역은 교통 혼잡으로 인해 차량의 정지, 주행이 반복되고, 속도의 변화가 심한 구간으로 자이로스코프만을 이용하였을 때, 오차가 많이 누적됨을 알 수 있었다. 하지만 제안된 듀얼 전자 컴파스를 DR 센서로 사용하였을 때, 도심지역 및 터널지역에서의 외부 자기장 간섭에도 불구하고, 간섭 오차를 제거하였기 때문에 목적지에서는 방위각 오차가 없음을 알 수 있다. 하지만 speed meter가 가지는 오차로 인하여 실제 도로와 일치하지 못하는 것을 볼 수가 있다.

그림 8은 GPS와 DR센서를 이용한 통합 항법시스템으로 주행한 결과이다. 처음 출발지점에서 GPS에 의한 위도는 035°13'36.70" 이고 경도는 129°05'18.96" 이다. 이를 TM좌표로 변환 시키면 X축 방향은 390,078m이고 Y축 방향은 243,953m 이다. 방위각 센서로 듀얼 전자 컴파스를 사용한 통합 항법시스템은 GPS가 없는 경우와 비슷하게 추종하고 거리에 대한 보정으로 인해 터널에서 나왔을 때 목표지점과 일치함을 볼 수 있다. 하지만 자이로스코프를 이용한 통합 항법시스템은 GPS가 어느정도 수신되는 구간에서는 방위각 센서의 보정으로 듀얼 전자 컴파스와 비슷한 경로를 보이지만, GPS가 수신되지 않는 터널내에서 센서의 누적되는 오차로 인해 터널을 통과한 후 GPS신호가 수신되어서 지시하

는점과 일치하지 않는 것을 볼 수 있다. GPS신호가 수신된 후에는 센서의 보정으로 다시 듀얼 컴파스로 주행하는 시스템과 동일하게 주행하게 된다.

3.2 광안대교 주행실험

그림 9는 철구조물로 이루어진 광안대교에서의 주행실험이다. 실험조건은 광안대교 양쪽에 있는 난간부분이 단일 방향으로 지속적으로 간섭되는 외부 자기장이기 때문에, 이 구간에서의 듀얼 전자컴파스의 성능 실험을 위해 주행차선 제일 오른쪽 차선으로 주행하였다. 철구조물로 이루어진 환경에서의 전자컴파스는 외부 간섭 자기장의 영향을 심하게 받는 구간이다. 이 실험에서는 본 논문에서 제시한 듀얼 컴파스 및 오차 보정 알고리즘의 성능을 검증하기 위해서 기존의 단일 컴파스를 DR 센서에 추가하였다. 그림 9에서 기존의 단일 전자 컴파스는 실질적인 방위각과의 오차가 심한 것을 볼 수 있다. 하지만 듀얼 전자컴파스는 실제 방위각과 비슷하게 지시하는 것을 볼 수 있다.

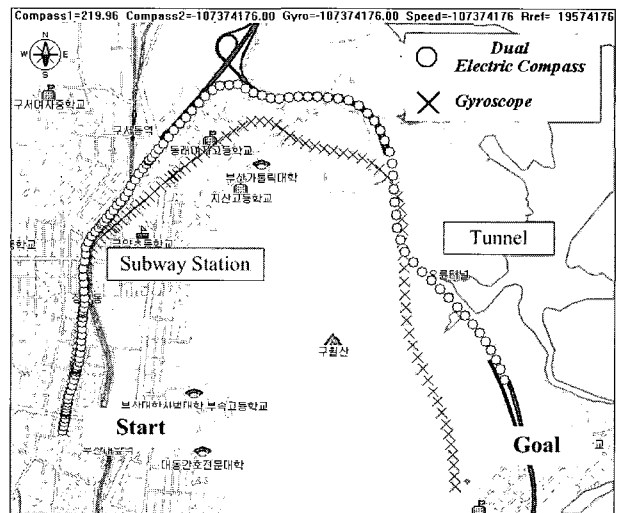


그림 7. GPS를 제외한 DR항법.
Fig. 7. DR navigation except GPS.

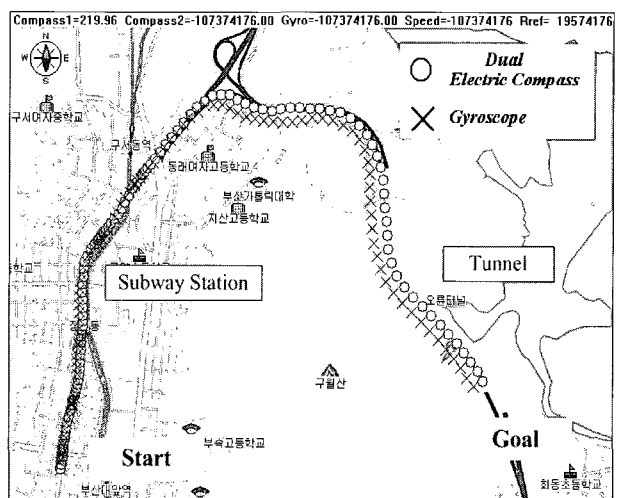


그림 8. GPS+DR 항법.
Fig. 8. GPS+DR navigation.

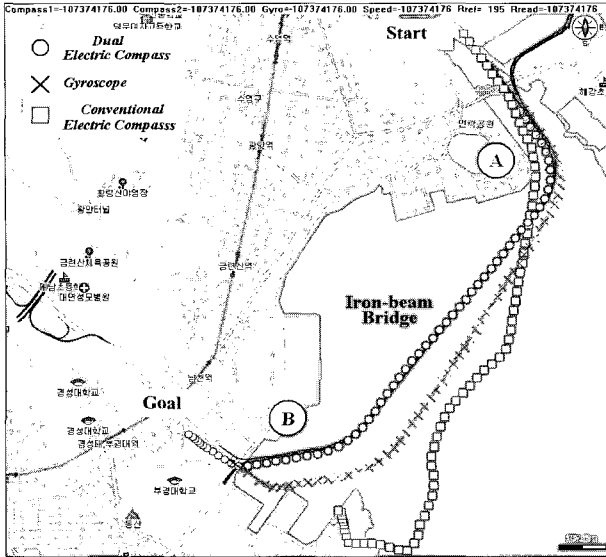


그림 9. GPS를 제외한 DR항법(광안대교).
Fig. 9. DR navigation except GPS(Kyang-An Birdge).

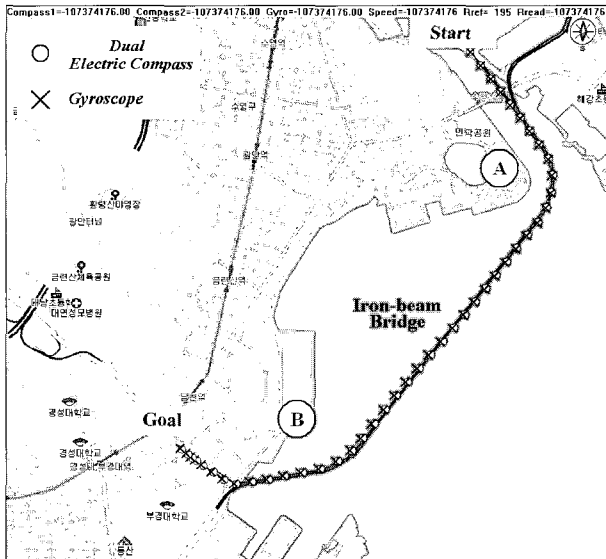


그림 10. GPS+DR 항법(광안대교).
Fig. 10. GPS+DR navigation(Kyang-An Birdge).

B구간에서 도착점까지 실제 도로와 차이가 나는 것은 회전과 내리막이 같이 존재하는 구간이기 때문에 일치하지 못하였다. 자이로스코프는 처음 A구간에서의 회전에서 오차의 누적으로 인해 실제 도로와의 차이를 나타내고 있다.

그림 10은 GPS와 DR센서를 이용한 주행실험이다. 처음 출발지점에서 GPS에 의한 위도는 035° 09' 47.35"이고 경도는 129° 07' 54.66"이다. 이를 TM좌표로 변환시키면 X축 방향은

394,168m이고 Y축 방향은 236,967m이다. 실험구간은 비교적 GPS신호가 수신이 잘되는 구간이기 때문에 각각의 주행에 있어서 많은 차이를 보이지 않았다.

VI. 결론

기존에 전자 컴퍼스는 지속적으로 간섭되는 외부 자기장에 민감하여 항법시스템의 방위각 센서로는 부적절하였다. 또한 기존의 항법시스템에 사용되고 있는 자이로스코프 역시 고가임에도 불구하고, 누적되는 오차로 인해 절대위치를 파악하는데는 어려움이 많았다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서 두 개의 전자컴퍼스를 이용하여 단일 방향으로 지속적으로 들어오는 외부간섭을 제거하는 보정 알고리즘을 제시하였다. 그리고 듀얼 전자컴퍼스를 통합항법시스템에 적용하여 기존의 자이로스코프를 이용한 항법시스템과 성능을 비교 분석함으로써 알고리즘의 우수성을 검증하였다. 본 논문에서는 기존의 방위각 센서로 사용되는 고가의 자이로스코프 대신에 저가의 듀얼 전자컴퍼스를 사용하여 그 기능을 대체할 수 있음을 확인하였다. 전자컴퍼스는 기본적으로 외부 간섭 자기장에 아주 민감하게 반응하므로, 보다 안정적인 성능을 보장하기 위한 연구가 앞으로 많이 진행된다면 항법 센서로서 널리 적용 될 수 있을 것이다.

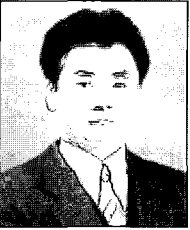
참고문헌

- [1] J. A. Farrell & M. Barth, "The global positioning system & inertial navigation," *McGraw-Hill*, pp. 131-178, 1999.
- [2] T. Upadhyay, S. Cotterill and A. W. Deaton, "Autonomous GPS/INS navigation experiment for space transfer vehicle," *IEEE trans. on AES*, vol. 29, no. 3, pp. 772-758, July 1993.
- [3] B. Barshan and H. Durrant-Whyte, "Inertial navigation systems for mobile robots," *IEEE Trans Robot. Automat.*, vol. 11, pp. 328-342, June 1995.
- [4] W. Kao, "Integration of GPS and dead reckoning navigation systems," *Proc. of VNIS*, pp. 56-66, 1991.
- [5] H. J. Von der Hardt, D. Wolf and R. Husson, "The dead reckoning localization system of the wheeled mobile robot ROMANE," *IEEE/SICE/RSJ International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems*, pp. 603-610, 1996.
- [6] S. W. Liu, Z. N. Zhang and J. C. Hung, "A high accuracy magnetic heading system composed of fluxgate magnetometers and a microcomputer," *Proc. of the IEEE*, pp. 148-152, May 1989.
- [7] 김진원, 지규인, 이장규, 이영재, "GPS와 dead-reckoning을 이용한 항법시스템 설계," 제어·자동화·시스템공학논문지, vol. 2, n. 3, pp. 188-193, 1996.
- [8] 고재평, 강웅기, 김양환, 이장명, "동적간섭자기장에 강인한 전자컴퍼스," 제어·자동화·시스템공학논문지, 제11권, 제1호, pp. 27-33, 2005.



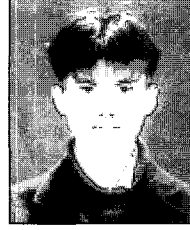
김 양 환

2002년 부경대학교 제어계측공학과 공학사. 2005년 부산대학교 전자공학과 공학석사. 관심분야는 로봇제어, 네비게이션 시스템.



이 장 명

1957년 11월 22일생. 1980년 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1982년 서울대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1990년 University of Southern California 전자공학과(공학박사). 1992년~현재 부산대학교 전자전기통신공학부 교수. 관심분야는 로보틱스, 지능제어.



최 병 석

2004년 부산대학교 전자전기통신공학부 졸업. 2004년~현재 부산대학교 대학원 전자공학과 석사과정 재학중. 관심분야는 로봇위치인식, 유비쿼터스 기반 지능형 로봇.