

## 자동차 항법용 혼합항법 알고리즘 개발

### Development of the Hybrid Algorithm for the Car Navigation System

°김상점\*, 양승규\*, 윤득선\*, 김정하\*

\*국민대학교 자동차공학과(Tel : +82-42-919-3714; Fax : +82-42-919-3714; E-mail:jhkim@kmu.kookmin.ac.kr)

**Abstract** : Generally, G.P.S ( Global Positioning System ) is using for the car navigation system but it has some restrictions such as the discontinuity of earth satellites and SA ( Selective Availability ). Recently, the hybrid navigation system combining with G.P.S and Dead-Reckoning are much attractive for improving the accuracy of a vehicle positioning. G.P.S called satellite navigation system, can measure its position by using satellites. Dead-Reckoning is the self-contained navigation system, using a wheel sensor for the vehicle velocity and a gyro sensor for the vehicle angular velocity. Some algorithm could be generated for finding the vehicle position and orientation. In this paper, we developed a hybrid algorithm with G.P.S, DR and Map-Matching.

**Keywords** : Car Navigation, Gyro Sensor, Dead-Reckoning, G.P.S., Map Matching, Hybrid Algorithm

#### 1. 서론

현대 과학기술의 눈부신 발전과 함께 날로 차량의 수는 증가하고 있다. 이러한 차량의 수가 증가함에 따라 공해문제와 도로 부족현상으로 인한 교통체증 및 교통사고의 증가는 사회적인 문제로 심각성을 더해가고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위한 일환으로 기존에 비사일, 항공기 그리고 선박 등의 전문적인 분야에만 사용되어 왔던 항법기술을 자동차에 도입하여 자동차용 항법장치를 개발하려는 노력이 계속해서 활발히 이루어지고 있다. 이러한 노력은 도로의 효율성을 높이고, 운전자에게 안전하고 쾌락한 주행조건을 제공하기 위하여 응용되고 있으며, 차량 항법장치에 있어서 가장 기본이 되는 것은 차량의 현재 위치를 정확하게 측정하는 것인데, 이러한 차량의 위치를 측정하는 방법으로는 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 그 중 첫 번째로 현재까지 많이 사용되어온 GPS를 이용한 위성항법이 있다. 이 방법은 지구상공에 위치한 인공위성으로부터 신호를 받아서 현재 차량의 위치를 측정하는 방법이다. 두 번째 방법은 차량 자체 내에 Gyro Sensor를 부착하고 차속센서로부터 신호를 받아내서 현재 차량의 위치를 측정하는 방법인 자립항법이 있다<sup>(6)</sup>. 또 다른 방법은 위에서 언급한 두 가지 방법을 결합하여 보정함으로써 현재 차량의 위치를 측정하는 방법인 혼합항법이 있다. 따라서 본 논문에서는 GPS를 이용한 위성항법과 Gyro Sensor를 이용한 자립항법을 혼합하여 차량의 현재 위치를 결정하는 방법인 Hybrid(혼합)항법에 대하여 좀더 자세하게 설명하고자 한다. 2장에서는 항법기술의 분류에 대해 설명하고, 3장에서는 좌표변환에 대해 설명하고, 4장에서는 Map Matching기법에 대해 설명하고, 5장에서는 혼합항법 알고리즘 및 실험에 대해 설명하고, 끝으로 6장에서는 결론을 내린다.

#### 2. 항법기술 분류

##### 2.1 GPS(Global Positioning System) : 위성항법

GPS를 이용한 위성항법은 미국 국방성에 의해 개발되어 현재 전세계적으로 사용되고 있는 방법으로 약 20,200km의 지구 궤도에 고르게 배치되어 운행하는 24개의 항법 위성들을 이용하고 위성으로부터 보내오는 전파신호를 수신하여 기후 조건에 구애받지 않고 지구 어느 곳에서나 사용자의 수에 제한 없이 차량의 위치와 속

도, 방향 및 시각을 자동적으로 실시간에 측정하는 방법으로 지구 상 어느 위치에서나 절대위치의 측정이 가능하다<sup>(2)</sup>. 그리고 100m 내외의 정확도로 위치서비스를 제공해준다. GPS에 의한 위치결정은 보통 사용자가 위치를 알고 있는 4개 이상의 위성으로부터 거리를 알면 네 개의 거리방정식을 풀어서 위치 및 시간을 알 수 있다. 위성으로부터 신호를 받아 사용자에게 도달하기까지의 시간을 계산하여 의사거리를 얻을 수 있다. 계산 식은 다음과 같다<sup>(3)</sup>.

$$(R_j - r_0)^2 = (x - X_j)^2 + (y - Y_j)^2 + (z - Z_j)^2 \quad (j = 1, \dots, 4) \quad (1)$$

여기서  $R_j$  : j번째 항법위성에서 사용자까지의 의사거리

$(x, y, z)$  : 사용자의 위치

$(X_j, Y_j, Z_j)$  : j번째 위성의 위치

$r_0$  : 수신기 시계에 의한 거리오차

(1)식의 GPS신호에 의한 의사거리 오차는 위성시계 및 offset, 위성신호가 통과하는 전리층, 대류권에 의한 전파지연 오차, SA(Selective Availability) 오차 등이 있는데, 가장 커다란 영향을 주는 오차는 SA오차이며, 미 국방성에서 민간인에게 안보를 목적으로 사용을 제한하기 위하여 에러를 포함한 GPS Data를 위성에 포함시켜 선택적으로 오차를 조정하게끔 한 것이며 이러한 에러는 사용자가 극복하기 힘든 에러이다. SA오차가 운용되지 않는 경우 30-50m의 오차가 있으나, SA오차가 운용되는 경우에는 100m의 오차를 갖는다<sup>(1)</sup>. 따라서 위치 정확도를 개선하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 그 예로 지상기준국과 통신망을 이용하여 위치정확도를 10m 이내로 줄일 수 있는 DGPS(Differential GPS)에 대한 연구도 이루어지고 있다.

##### 2.2 DR (Dead - Reckoning) : 추측항법

Dead-Reckoning 기법은 자립 또는 추측항법이라고 하며 기본 원리는 gyro와 odometer로부터 진행방향과 이동거리를 구하여 초기위치로부터의 차량의 상대적인 위치를 구하는 방법이다<sup>(3)</sup>.

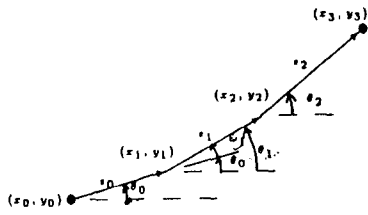


Fig 1. Dead-Reckoning Method

따라서 초기위치 값을 정확하게 설정해 주는 것이 매우 중요하다. 일반적으로 DR방법은 거리 및 방향 각이 중요 인자인데, 센서는 gyroscope와 odometer가 많이 쓰인다. odometer는 바퀴의 회전에 의해 생성되는 펄스 수에 차량의 타이어 원주에 의해 결정되는 상수를 곱하여 주행거리를 측정하는 장치로 타이어의 마모, 공기압 변화, 차량 무게의 가감등 실제 타이어 원주에 영향을 주는 요소들과 노면의 상태에 따라 측정오차에 영향을 미친다. 한편 gyroscope는 차량에서 얻어지는 전압의 차이와 노이즈 및 외부적인 온도 변화 등에 의한 오차가 수반된다<sup>(4)</sup>.

### 2.3 Hybrid-Navigation : 혼합항법

최근에는 GPS/DR또는 GPS/Map Matching을 결합한 통합시스템의 연구가 많이 수행되고 있다. 이러한 방법을 혼합항법이라한다. GPS 방법만을 사용하는 경우 위성의 정보를 받아 매시간 위치계산을 수행하므로 누적되는 오차가 발생하지 않는 반면, 위성신호를 수신하지 못하는 경우 발생하는 오차를 가지고, DR 방법만을 사용하는 경우 외부적인 영향을 받지 않고 자립적으로 운영되므로 위치의 출력력이 연속적으로 운영되지만, 오차가 포함된 이전의 값을 사용하므로 위치오차가 누적된다. 따라서, 이러한 GPS 와 DR의 단점을 상호 보정 시키며 또한 Map-Matching 기법을 추가한 혼합항법이 연구 중이다.

### 3. 좌표변환

차량항법시스템에서 차량의 위치와 자세를 계산하기 위해서는 기준 좌표계가 필요하다. GPS 수신기에서 수신되는 WGS84(World Geodetic System 84) 신호는 지구의 중심을 원점으로한 직교좌표계(cartesian coordinate)이다. 그러나 디지털 지도상에 GPS 위성으로부터 수신된 위치좌표를 표시하기 위하여 국내에서 사용되는 Bessel 좌표계와 WGS-84 좌표계간의 변환을 하여야 한다. WGS-84는 지구고정 직각좌표계(X,Y,Z)나 지구중심 타원체(geocentric ellipsoid)좌표계( $\psi, \lambda, h$ )로 표시된다.

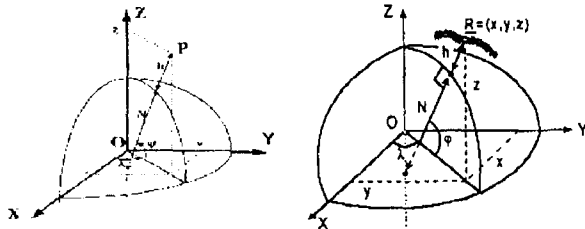


Fig 2. WGS - 84 Coordinate

이러한 좌표 변환에는 7-Parameter방법, Molodensky방법, MRM(Multiple Regression Equation)방법이 사용된다. 본 논문에서는 이러한 방법 중에서 두 번째 방법인 Molodensky방법을 사용하였다. 식(2), (3), (4)는 국내좌표계를 WGS-84로 전환한 식이고, 다음과 같이 정의 할 수 있다. 여기서 H는 국부타원체면으로부터의 높이이며, a, b, f, e는 각각 국부타원체의 장반경, 단반경,

$$\Delta \psi'' = \{ -\Delta X \sin \phi \cos \lambda - \Delta Y \sin \phi \sin \lambda + \Delta Z \cos \phi + \Delta a (R_N e^2 \sin \phi \cos \phi) / a + \Delta f [R_M (a/b) + R_N (b/a)] \sin \phi \cos \phi \} \cdot [ (R_M + H) \sin 1'' ]^{-1} \quad (2)$$

$$\Delta \lambda'' = [ -\Delta X \sin \lambda + \Delta Y \cos \lambda ] \cdot [ (R_N + H) \cos \phi \sin 1'' ]^{-1} \quad (3)$$

$$\Delta H_M = \Delta X \cos \phi \cos \lambda + \Delta Y \cos \phi \sin \lambda + \Delta Z \sin \phi - \Delta a (a / R_N) + \Delta f (b/a) R_N \sin^2 \phi \quad (4)$$

이심율이고,  $\Delta a$ 와  $\Delta f$ 는 각각 국부타원체와 WGS-84타원체간의 장반경과 편평율의 차이이다. 그리고  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ 는 국부 좌표계와 WGS-84좌표계 사이의 원점 차이 량이며,  $R_N$ 은 prime vertical에 서의 곡률 반경,  $R_M$ 은 자오선에서의 곡률 반경을 의미한다.

### 4. Map - Matching 기법

항법기능은 GPS, DR, 맵 매칭(Map-Matching)을 포함한다. GPS는 차량의 위치정보(위도, 경도등)를 제공하고, DR은 방위(방위) 센서와 차속센서로부터 얻은 거리와 방향 정보를 통해 상대적인 위치를 구한다. 이때 GPS 수신기에서 받은 위치정보는 오차요인에 의해 정밀도가 저하되며 따라서 지도상의 도로를 벗어나는 궤적을 그리게 되어 차량의 위치를 도로상에 정확히 표시하는데 어려움이 따른다. 그러므로 맵 매칭 방법에 관한 연구가 필요하다.

#### 4.1 맵 매칭 방법

맵 매칭이란 지도상의 도로의 모양과 GPS/DR에 의해 구해진 주행경로를 비교하여 이때 차량이 어느 도로를 따라 이동하고 있는지를 판단함에 의하여 지도상에 차량의 보다 정확한 현재 위치 및 주행 경로를 결정할 수 있게 하는 방법이다. 다음 그림은 맵 매칭 알고리즘의 순서 도를 나타내었다.

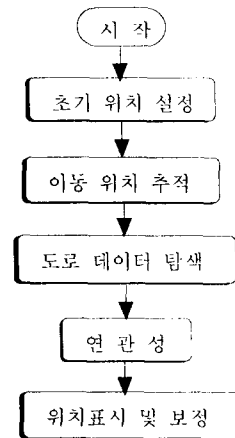


Fig 3. Map - Matching Algorithm

맵 매칭을 하기 위해서는 차량이 교차로에 접근하였을 때 교차로에 연결된 도로들이 어떠한 형상으로 구성되어 있는지를 관별할 수 있어야 한다. 따라서 교차로에 연결된 도로들이 모두 직선으로 되어 있다고 가정하면 일정한 방향을 기준으로 교차로와 얼마의 각도로 기울어져 있는지를 미리 알고있어야 한다. 따라서 도로형상 데이터가 Polyline으로 구성되어 있는 점을 이용하여 노드에 연결된 각 링크마다 노드에서 제일 가까운 직선의 한 점을 기준으로 접속각도를 계산하여 데이터를 보관한다.

#### 4.2 맵 매칭 구현

도시의 도로는 매우 복잡한 그물망 구조를 가지기 때문에 차량이 지나고 있는 경로를 정확하고 빠르게 결정하기 위해서는 새로운 방법이 필요하다. 차량이 교차로를 지날 때, 차량항법장치는 GPS와 DR센서로부터의 측정값을 이용하여 교차로에 연결된 여러 개의 경

로 중 차량이 지나실 실제의 경로를 결정하고 차량의 위치를 연속적으로 추정하여야 한다. 따라서 교차로에서 차량의 경로를 결정하기 위해서는 우선 차량이 지금 교차로에 있다는 것을 판단하고 이때부터 알고리즘의 시작이 이루어져야 한다. 또한 실제의 경로를 결정하는 데 필요한 새로운 알고리즘이 요구된다.

#### 4.3 교차점에서 Active - Road결정

(1). 진행방향과 도로의 모양과의 상관계수를 이용하는 방법

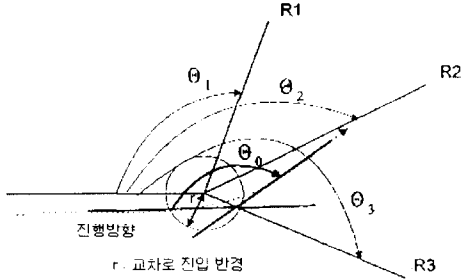


Fig 4. Method used of the road form vs. progress direction

그림에서 진행방향과 도로의 모양을 이용하여 현재 주행중인 도로를 결정하는 방법을 나타내었다. 먼저 차량이 교차로에 있다는 것을 판단하기 위해서 교차로 진입 반경  $r$ 를 설정하고 이 반경 안으로 차량이 들어왔을 때 교차로에 진입한 것으로 간주하며, 이때부터 차로를 벗어나 일정한 방향을 일정한 시간동안 진행할 때 까지의 각도  $\theta_0$ 와 지도상에서 진행 가능한 도로 R1,R2,R3의 접속각  $\theta_1$ ,

$\theta_2$ ,  $\theta_3$ 를 비교하여 진행방향의 도로를 결정할 수 있다.

(2). 진행방향의 중심선을 따라 동심원을 그려 현재 주행중인 도로를 결정하는 방법

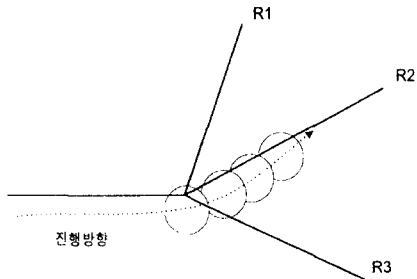


Fig 5. Method used of the center line following a progress direction

첫 번째 동심원에서는 R1,R2,R3의 도로가 동심원안에 포함되어 있으나 시간이 흐름에 따라 두 번째 동심원에서는 R2,R3의 도로만이 동심원에 포함된다. 따라서 일정한 크기의 원을 계속적으로 진행방향의 중심을 기준으로 추적해 나가면 최종적으로 현재 주행 중인 도로를 결정할 수 있다.

#### 4.4 직선로에서 Parallel Active - Road결정

일반적으로 도로망 데이터에는 도로의 중심선을 기준으로 하여 다음과 같은 데이터의 형식을 가지고 있다.

- 링크 데이터의 형식

```
<layer - id> <from - node> <to - node> <#-info-string>
[ <link - id>: <link - name>:<width>:<road-id>:<level> ]
[ <one-path-node-id1>:<one-path-node-id2> ] <#-vertex>
[ <v-x><v-y>,... ]
```

- 노드 데이터의 형식

```
<node - id> <layer - id> <node-x> <node-y> <#-adjacent>
[ <adjacent - node - id>... ]<#-info-string> [ <node - id>
```

```
<node-name> <u-turn-info-link>:... <rotation-info-link1>:
<rotation-info-link2>:...]
```

다음 그림은 이러한 링크와 노드 데이터에 의해 표현되는 그림이다.

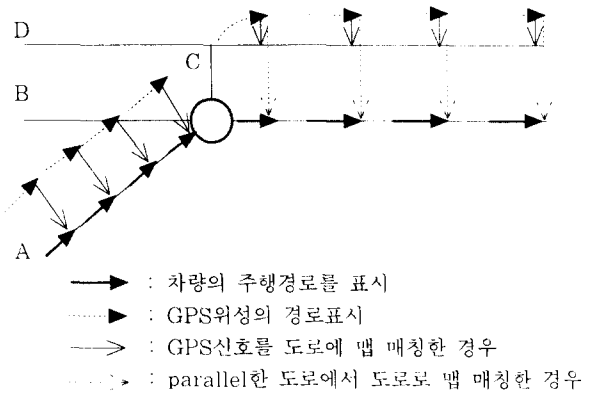


Fig 6. Map-Matching method of the parallel road

위 그림에서 A, B, C, D는 도로의 경로이고, 각각의 도로에 대한 설명은 다음과 같다. 굵은 실선 원은 교차로를 나타내며, 여기에서 차량이 A도로를 따라 B도로를 운행할 때 B와 D는 parallel한 도로이므로 GPS로부터 받은 신호를 일반적으로 맵 매칭 했을 경우  $\rightarrow$  같이 가장 가까운 D 도로상에 매칭이 된다. 그러나 parallel한 도로라도 노드 데이터를 이용하게 되면 가장 가까운 도로로 맵 매칭이 되지 않고  $\rightarrow$  와같이 실제로 주행하고 있는 B도로상으로 맵 매칭 됨을 알 수 있다.

### 5. 혼합항법 시스템 구성 및 알고리즘

#### 5.1 혼합항법 시스템 및 알고리즘

혼합항법은 GPS수신기로부터 수신된 GPS위치와 차내에 설치된 방향센서 및 거리센서를 이용하여 계산한 위치자료를 결합하여 미리 준비된 수치도로와 비교하여 가장 신뢰할 수 있는 위치 좌표를 구하는 방법이다. 이러한 방법으로 새로운 위치를 결정하는 방법이 혼합항법의 기본이다. 다음은 구성 및 알고리즘을 보여준다.

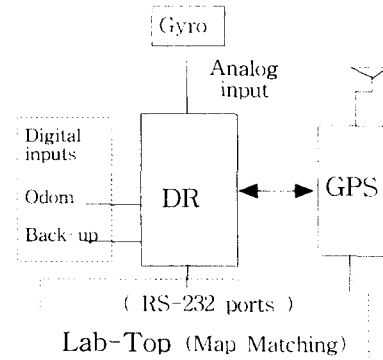


Fig 7. Composition of the Hybrid Navigation System

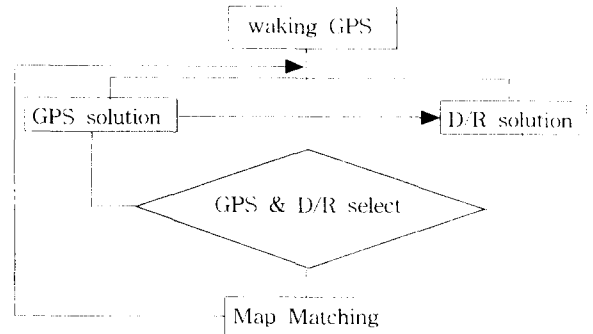


Fig 8. Algorithm of the Hybrid Navigation System

## 5.2 실험결과 및 고찰

### (1) GPS, Map-Matching을 이용한 실험결과 및 고찰

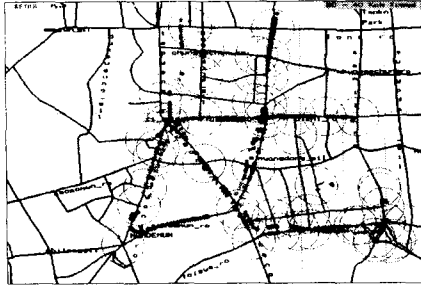


Fig 9. The result of the GPS & Map-Matching on the road test

위 그림은 GPS와 Map-Matching방법을 이용한 실험결과로써 실험조건은 SNR(Signal/Noise)비율을 4AMU로 놓고 실험한 결과이다. 결과에서 보듯이 고층건물이 많은 도심 속에서는 GPS수신율이 저하되는 지역이 많이 있음을 알 수 있었다. 이를 보완하기 위하여 DR을 사용한 혼합항법이 필요함을 알았다.

### (2) GPS, DR, Map-Matching을 이용한 혼합항법 실험결과 및 고찰

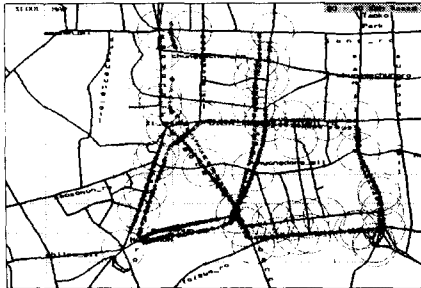


Fig 10. The result of the GPS, D/R & Map-Matching on the road test

위 그림은 GPS, D/R & Map-Matching방법을 이용한 실험결과로써 실험조건은 SNR(Signal/Noise)비율을 4AMU로 놓고 실험한 결과이다. 결과에서 보듯이 GPS만을 사용했을 때와는 다르게 GPS수신이 되지 않는 곳에서도 DR를 사용하여 차량의 현재 위치를 알 수 있다.

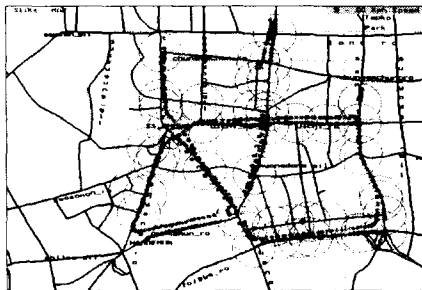


Fig 11. The result of the GPS, D/R & Map-Matching on the road test

위 그림은 GPS, D/R & Map-Matching방법을 이용한 실험결과로써 실험조건은 SNR(Signal/Noise)비율을 8AMU로 놓고 실험한 결과이다. SNR(Signal/Noise)을 높임으로써 보다 정확한 지도

맵 매칭이 이루어 졌으며, 차량의 현재 위치도 정확하다.

## 6. 결론

본 논문에서는 GPS, DR, Map-Matching에 의한 혼합항법에 대해 실험하였다. 첫 번째 실험은, GPS와 Map-Matching실험의 경우로, GPS의 수신을 못 받을 때 도로상에서 차량의 위치를 정확하게 인식하지 못하는 구간이 많았다. 두 번째 실험은, GPS와 DR, Map-Matching경우로 GPS수신을 못 받는 지역에서도 DR이 작동되어 도로상에 정확하게 차량의 위치가 일치함을 알 수 있었다. 또한 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 도심 빌딩지역에서 GPS Signal수신이 몇분동안 안될 때 차량의 현재 위치를 잊어버릴 경우가 발생되나, GPS/DR혼합항법에서는 1초이내의 Data를 항상 받을 수 있어 상당히 좋은 차량 항법임을 알 수 있다.
2. SNR(Signal/Noise)factor와 Elevation의 비율을 높이므로 해서 GPS수신시 발생하는 오차요인인 전리층, 대류권통과사 혹은 전파지연 오차 등을 줄일 수 있고, Geometric factor를 낮춤으로 현재위치를 잘 파악할 수 있다.
3. GPS와 DR에 의한 오차의 상호 보완을 통해 GPS가 일정한 경향을 나타내지 않을 때 DR은 SA효과와 filter역할을 하여 불규칙하게 나오는 GPS Signal을 완만하게 조정할 수 있다.

본 논문을 통하여 얻은 결론은 도심 속의 고층건물이 많은 지역에서는 GPS만으로는 차량의 위치를 정확하게 알 수 없고, DR이 필수적으로 포함된 혼합항법 알고리즘이 절실히 필요하다.

## 후기

본 연구는 1996년도 교육부 학술연구조성비(기계공학 : ME96-D-03)에 의해 연구 되었음. 이에 감사 드립니다.

## 참고문헌

- [1] Baser and Parkinson, "Differential GPS", *Navigation*, Vol. 29, no. 2, pp.124~126, 1982.
- [2] "Global Positioning System", *The Institution of Navigation*, Vol. I, II, III, IV, 1980-1993.
- [3] G. Siouris, "Aerospace Avionics Systems - A Modern Synthesis", *Academic Press*, 1993.
- [4] T. Lesniak, R. Lewis, and R. Mcmillen, "A Dead-Reckoning/Map correlation system for automatic vehicle tracking", *IEEE tr. Vehicular Technology*, vol. vt-26, no. 1, February 1977.
- [5] 이창복 외, "인공위성을 이용한 시각비교 기술연구", KSRI-89-102-IR, 1989.
- [6] 김상겸, 김정하, 최정훈, "자동차항법용 자이로센서 시스템의 특성분석 및 자립항법 알고리즘 개발", 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp.148 - 157, 1997.
- [7] 김상겸, 최정훈, 김정하, 전진홍, 양승규, "자동차 항법용 자이로 센서 시스템의 특성분석 및 Hybrid항법 알고리즘 개발", 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 619 624, 1997.