

論文97-34S-1-3

차량 추적 시스템에서 차분기법을 이용한 정밀도 향상에 관한 연구

(Improvement on the Vehicle Positioning Accuracy using Differential Method for Vehicle Tracking System)

張慶日 *, 李沅雨 **, 吉桂煥 *, 金容潤 **, 黃春植 **
 (Kyung Il Jang, Won Woo Lee, Gye Whan Gil, Yong Yun Kim, and Chun Sik Hwang)

요 약

본 논문에서는 GPS를 이용한 기존의 차량 추적 시스템에서 더욱 정밀한 차량의 위치를 얻기 위하여 차량 통제국에서 차분(Differential)기법을 적용하여 보다 향상된 위치정보를 위한 알고리즘을 개발하였다. 차량을 통제하는 통제국에서 기준국으로부터 위성의 궤도정보와 의사거리 보정치를 수신하고 이동국으로부터 차량의 위치를 획득하여 차량의 위치정보를 계산할 때의 위성의 위치를 계산하였다. 그리고 위성의 위치와 차량의 위치정보에서 의사거리를 계산하여 의사거리 보정치로 보정한 후, 칼만필터를 이용하여 10m이내의 보다 정밀한 차량 위치정보 결과를 얻었다.

Abstract

This paper shows the development of the high accuracy vehicle positioning algorithm using the differential technique in vehicle tracking systems from the existing vehicle position which is acquired from the Global Positioning System(GPS). The control center receives the satellite ephemeris data and pseudorange correction from the reference station, and vehicle position from the moving vehicle. The pseudorange is calculated with the satellite position and the vehicle position, and corrected by pseudorange correction. Using this corrected pseudorange and Kalman filter, more improved vehicle positioning data were obtained.

1. 서 론

위치정보를 획득하는 수단이 급격하게 발전됨에 따라 인공위성에 의한 항법시스템인 NAVSTAR GPS

로부터 수십미터의 오차를 가진 정확한 위치정보를 획득하여 차량 추적 시스템에서 차량의 정확한 위치정보를 제공하게 되었다. 그러나 최근의 차량 추적 시스템은 많은 응용분야에 적용되면서 더욱 정확한 위치정보가 요구되고 있다. 일반적으로 정확한 위치정보를 계산하기 위해서 차분기법을 적용한 GPS(DGPS)가 이용되고 있다. 하지만 DGPS기법을 적용하기 위해서는 기준국을 설정하여 보정치를 계산하고 보정치를 이동중인 차량에 방송하는 시스템을 갖추어야하며, 차량에 장착된 수신기가 DGPS가 가능한 GPS수신기이어야 한다.¹¹⁾ 또한 통제국에서 방송된 보정신호를 수신할 수 있는 별도의 수신장치가 필요하다. 그러나 본 논문에서

* 正會員, 軍事科學大學院 電子通信工學科
 (Department of Electronic Signal Engineering, Advanced Institute of Military Science and Technology)

** 正會員, 陸軍士官學校 電子工學科
 (Department of Electronics Engineering, Korea Military Academy)

接受日字:1996年8月28日, 수정완료일:1997年1月8日

는 차량에 C/A코드를 사용하는 일반 수신기를 장착하고 통제국에 위치정보를 송신하는 기존의 시스템을 사용하여 통제국에서 기준국으로서의 위치정보의 보정치를 계산, 보정하는 보다 간단한 방법을 제시함으로써 일반적인 GPS수신기를 사용하더라도 보다 향상된 위치정보를 제공할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

II. GPS를 이용한 차량 추적 시스템

차량 추적 시스템은 위치정보를 획득하는 이동 차량, 위치정보를 필요로 하는 통제국, 이동차량과 통제국을 연결하는 통신링크로 구성되어 있다.¹²⁾

먼저 위치정보를 획득하는 방법은 정확도가 높은 인위적인 무선전파를 통하여 위치정보를 획득하는 GPS가 위치정보 획득에 가장 널리 이용되며 정확도 및 위치정보 획득 범위가 넓다. 통신링크방법은 차량과 통제국에 별도의 통신장비를 필요로 하며 무선 통신을 이용하게 된다. 통제국은 차량의 이동현황을 파악하여 이를 특정한 분야에 이용하게 된다. 널리 이용되는 GPS 시스템은 위성으로부터 위치 및 시각 정보 등을 받아 이용자의 위치를 알려주는 위성 항법 시스템이며 GPS 위성, 위성 통제 센터, 사용자 3부분으로 구성되어 있다.

현재 운용중인 GPS위성들은 위성 통제국에서 군사적인 목적으로 S/A (Selective Availability)를 사용하여 위치의 정밀도를 고의로 저하시키며 전력층 대류권에서의 전파 지연, 위성 궤도 정보의 오차 등의 원인으로 100m 정도의 오차를 가진 위치정보를 획득할 수 있다. GPS 시스템에서 이러한 오차를 극복하여 보다 정밀한 위치정보를 획득하고자 DGPS방법이 널리 쓰이고 있다.

DGPS는 기준 GPS수신기(Reference Station), 사용자 GPS수신기, 오차 보정치 전송을 위한 통신 장비로 이루어져 있으며, 동작 원리는 다음과 같다. GPS 위성이 보낸 신호는 지구상의 근거리에서 있는 두 지점(약 500Km이내)의 수신기에 동일한 환경 오차의 영향을 받으면서 전송된다. 기준 수신기는 정확히 알고 있는 지점에서 위성에서 보낸 신호와 상호 비교하여 오차 정보를 추출해내고, 이 오차 정보를 적절한 통신 장비를 통해 사용자 수신기에 보내서 사용자 수신기가 수신한 GPS 신호를 보정하여 오차를 줄이게 된다. 보정방법에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다. 첫째 방

법은 의사거리 (Pseudorange) 보정 방법이다. 이 방법은 기준국 수신기에서 각 위성의 관측된 의사거리와 기준점과 위성간 거리의 차이를 오차로 판단하여 각 위성의 의사거리 보정량을 전송하고, 차량 GPS 수신기에서는 의사거리 관측 후에 항법해 계산 전에 기준점에서 전송받은 보정량을 처리를 함으로써 의사거리의 오차를 보정하고, 보정된 의사거리를 바탕으로 항법해를 계산함으로써 보정된 항법해를 얻을 수 있는 방법이다. 둘째 방법은 항법해에 의한 보정 방법이다. 이 방법은 기준국에서 위성과의 의사거리를 측정하여(위성 4개이상) 항법해를 계산한 후, 위성과 기준점을 기준으로 계산한 항법해의 차이를 계산하여 차량용 GPS 수신기에 전송하고, 차량용 GPS 수신기에서는 기준국에서 보내준 항법해 보정량을 보정함으로써 오차를 보정한다. 그러나 이 방법은 차량용 수신기에서 항법해 계산에 쓰여진 위성의 세트와 기준국에서 쓰인 위성의 세트가 일치되어야 한다. 그러므로 기준국에서는 관측되어진 모든 위성을 포함하여 항법해를 계산하고(위성 4개에 1개의 항법해) 항법해 보정량과 항법해 계산에 쓰인 위성 세트를 전송하여야 한다. 그리고 차량용 수신기에서 쓰인 위성 세트와 같은 세트의 위성을 사용한 항법해 보정량을 사용해야 한다. 세 번째 방법은 기준국에서 모든 위성들의 의사거리 보정값을 GPS 위성과 동일한 주파수와 데이터 포맷으로 전송하는 방법이다.¹³⁾

GPS를 이용한 차량추적 시스템에서는 이러한 DGPS를 사용하여 5m이내의 정밀한 차량의 위치정보를 획득하고 있다.

III. 차분기법을 이용한 정밀 위치 획득 시스템

본 논문에서는 GPS를 이용한 차량추적 시스템에서 보다 정밀한 위치정보를 획득하기 위하여 일반적으로 사용되는 기준국에서 오차정보를 방송하고 이동국에서 오차정보를 보정하는 DGPS 방법과는 달리 이동중인 차량에서 보정되지 않는 정보를 통제국으로 전송하여 통제국에서 기준국으로서의 오차를 계산 보정함으로써 보다 정밀한 위치정보를 획득하고자 한다.

GPS수신기는 위성신호를 받아 그 신호가 위성을 출발한 시간과 수신기 도착시간의 차이를 거리로 환산하여 의사거리를 계산하고 이 값을 이용하여 수신기의

위치를 측정한다. 위성신호가 수신기에 도착한 시간은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.^[4]

$$T_{AT} = T_{TT} + \frac{\rho}{C} + D \tag{1}$$

여기서

- T_{AT} ; 신호가 수신기에 도착한 시간
- T_{TT} ; 위성에서 신호를 송출한 시간
- ρ ; 위성과 수신기의 거리
- D ; 기타 지연 시간

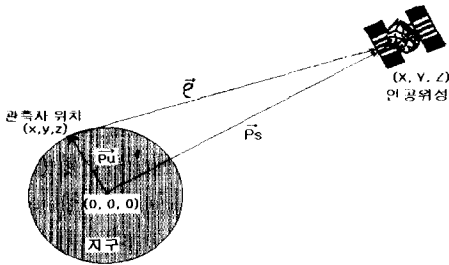


그림 1. 관측자와 위성과의 기하학적인 관계
Fig. 1. Geometric relation of observer and satellite.

그림 1의 관측자와 위성과의 기하학적인 관계에서 의사거리는 $\vec{\rho} = \vec{P}_S - \vec{P}_U$ 이므로 식 (1)은 다시 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$T_{AM} + \Delta T_b = T_{TT} + \frac{1}{C} \cdot \left[\frac{P_S}{C} - \frac{P_U}{C} \right] + I + TR + \Delta \tag{2}$$

여기서

- T_{AM} ; 수신기에서 측정한 도착시간
- ΔT_b ; 수신기 시계의 바이어스 보정량
- T_{TT} ; 위성에서 신호를 송출한 시간
- $\frac{1}{C}$; 수신기-위성 방향 단위벡터
- \vec{P}_S ; 위성의 위치 벡터
- \vec{P}_U ; 관측자의 위치 벡터
- C ; 빛의 속도
- I ; 전리층 지연
- TR ; 대류권 지연
- Δ ; 기타 요인에 의한 지연시간 오차

위 식에서 찾아야 할 미지수는 ΔT_b 와 $\vec{P}_U(x, y, z)$ 이며 미지수가 4개인 연립방정식의 해를 구하기 위해서 4개의 위성으로부터의 관측값이 필요하다.

DGPS에서는 관측점을 알고 있는 기준점에서 식 (2)의 Δ 를 제외한 모든 변수를 알 수 있으며, 기준국과 근거리에 위치한 사용자와 위성으로부터 같은 경로로 전파가 이동한 것으로 간주하고 시간지연 오차인 Δ 를 사용자에게 전송함으로써 위성 궤도 오차, 위성 시계 오차, 전리층 보상 오차, 대류권 보상 오차 등을 보정할 수 있다.

차량 추적 시스템의 이러한 차분기법을 적용해 보면, 통제국에서는 기준국으로부터 계산되어진 식 (2)에서의 Δ (I와 TR포함)를 수신할 수 있으며 차량의 GPS수신기로부터 T_{AM} 과 \vec{P}_U 을 수신할 수 있다. 식 (2)에서 미지수는 T_{TT} , $\frac{1}{C}$, \vec{P}_S , ΔT_b 이다. 위의 미지수 중에서 \vec{P}_S 는 기준국에서 위성으로부터 수신한 위성 궤도 데이터를 획득하여 각 위성의 위치를 계산할 수 있다. 위성의 위치와 차량의 위치정보로부터 식 (3)에 의하여 위성과 차량간의 의사거리(ρ_r)를 계산한다. 획득된 의사거리를 기준

$$\rho_r = \frac{1}{C} \cdot \left[\vec{P}_S - \vec{P}_U \right] \tag{3}$$

국으로부터 수신한 지연시간 오차 즉, 의사거리 보정치를 사용하여 보정된 의사거리를 획득하고 보정된 의사거리 보정치(ρ)를 사용하여 식 (4)에서

$$T_{TT} = T_{AT} - \frac{\rho}{C} \tag{4}$$

위성에서부터 전송된 정확한 시간을 계산할 수 있다. 계산된 T_{TT} , $\frac{1}{C}$, \vec{P}_S 를 사용하여 식 (2)에서 의 ΔT_b 와 \vec{P}_U 를 계산함으로써 공통오차를 제거한 차량의 위치(\vec{P}_U)를 구할 수 있다.

그러므로 차량추적 시스템에서 이동 차량으로 부터 수신되어진 위치정보를 기준국으로부터 수신한 의사거리 보정정보를 사용하여 보정하는 차분기법을 적용하여 보정함으로써 이동 차량의 정밀한 위치 정보를 획득하는 것이 가능하다.

정밀한 위치측정 시스템을 구성하기 위하여 이동중인 차량에서는 차량의 위치정보, 위치정보를 획득한 시

간, 위치정보를 획득시 사용한 위성의 번호를 수신하여 통제국에 송신해야 하며 통제국에서는 기준국으로부터 의사거리 보정치 및 보정치 계산시간 그리고 위성의 위치를 계산할 수 있는 각 위성의 궤도정보를 수신해야 한다. 그림 2는 정밀한 위치를 획득하기 위한 차량 추적 시스템의 구성도이다.

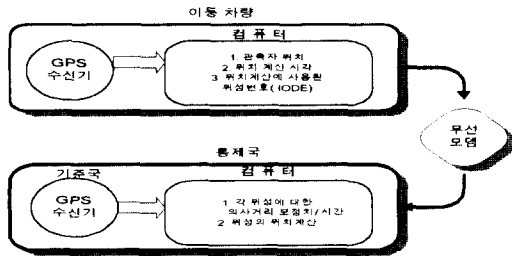


그림 2. 차분기법을 이용한 정밀한 위치정보 획득 차량 추적 시스템 구성

Fig. 2. Structure of high accuracy positioning vehicle tracking system with differential method.

차량 추적 시스템에서 사용한 장비는 통제국 GPS수신기로 Trimble 사의 RS/DS 4000, 차량용 이동국 GPS수신기로 Trimble 사의 Placer 400을 사용하였다. 두 장비는 상호 인터페이스를 위해 TAIP(Trimble ASCII Interface Protocol)을 사용하고 있다.^[5]

먼저 차량용 GPS수신기 Placer 400의 구성은 6 채널 GPS 수신기 디지털 신호처리 하드웨어인 RPU (Receiver Processing Unit)와 데이터 통신용 인터페이스 케이블(RS-232), 그리고 마이크로스트립 패치 안테나로 구성되어 있으며, 데이터 통신은 TAIP에 의해 이루어진다. TAIP에 의한 메시지 전달 방법으로는 사용자의 요구에 의해 메시지를 전송하는 폴링방식과 메시지별로 일정시간마다 계획에 의거 전송하는 방식이 있다. TAIP 메시지의 일반 형식은 각 메시지는 문자로 구성되며 각문자는 메시지 종류에 따라 각 정보의 위치가 결정된다. 메시지는 원하는 정보에 따라 여러 종류가 있고, 이 중에서 가장 상세한 메시지인 LN (Long Navigation) 데이터를 수신하였다.

기준국 수신기에서 발생하는 정보는 크게 RTCM-104 프로토콜에 의한 위치 보정량 데이터와 위성궤도(ephemeris, almanac), 이온층 지연/UTC, 위성고도/예측 등의 비주기 출력정보와 위치계산, 항법해 계산,

위성 메시지, EPH/ION/UTC등의 주기를 가지고 출력되는 정보 등이 있다.^[6] 기준국 수신기인 RS/DS 4000에서 획득한 위성 궤도정보를 사용하여 위성의 위치를 계산하였으며, 위성의 위치 계산은 위성의 궤적을 Keplerian 운동으로 해석하여 Keplerian궤도 매개 변수인 Ω , I , ω , a , e , T_0 와 위성의 속도에 영향을 미치는 여러요소 (일정하지 않는 지구중력, 조수의 영향, 태양풍압력, 공기저항)에 의해 수정되어야 할 매개변수를 제공함으로써 위성의 위치는 정확히 계산할 수 있다. 위성에서 주어지는 궤도정보의 매개상수의 세부 내용은 표 1과 같다.

표 1. 궤도정보의 매개상수
Table 1. Parameter of ephemeris data.

구분	정의
M ₀	기준시간에서 평균편각
Δn	평균 편각의 오차
e	타원의 편평율
sqrt a	타원 장반경의 제곱근
Ω_0	궤도 상승점의 위치(경도)
i_0	기준시간에 궤도의 기울기
w	궤도 근지점의 편각
$\omega \dot{\omega}$	상승점의 변화율
IDOT	궤도 기울기의 변화율
C _{uc}	위도편각의 cos보정치크기
C _{us}	위도편각의 sin보정치크기
C _{rc}	궤도반경의 cos보정치크기
C _{rs}	궤도반경의 sin보정치크기
C _{ic}	기울기 각도의 cos 보정치
C _{is}	기울기 각도의 sin 보정치
t _{oe}	궤도 기준 시간
IODE	Issue Of Data Ephemeris

주어진 표 1의 데이터를 사용하여 위성의 위치를 계산하는 과정은 다음과 같다. 우선 지구 중력상수의 WGS-84의 값인 $\mu=3.986005 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$, 지구자전율의 WGS-84의 값인 $\dot{\omega}_e=7.2921151467 \times 10^{-5} \text{ rad/sec}$ 를 정의하고 Kepler의 3법칙에 의해 평균 각속도는 $n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}$ 이며 (a : 궤도 장축의 길이) 궤도 기준시간으로부터 상대적인 현재의 시간을 구하기 위해 현재의 궤도를 기준으로한 시간 $t_k = t(\text{현재시간}) - t_{oe}$ (궤도기준시간)를 구하며 t_k 때의 평균 편각(mean

momaly) $M_k = M_0 + n t_k$ 를 계산한다. 타원 편각(E_k)를 구하기 위해 Kepler 방정식 $M_k = E_k - e \sin(E_k)$ 를 반복법으로 계산하고 실제위성의 편각(V_k)를 식(5)에서 구한다.

$$V_k = \tan^{-1} \left[\frac{(\sqrt{1-e^2}) \sin E_k}{(\cos E_k - e)} \right] \quad (5)$$

또한 위성의 궤도면에서의 편각 $\phi_k = V_k + \omega$ 를 구하고 위성이 궤도면에서 이탈함으로써 발생하는 보정량, 즉 위성궤도상 편각보정량(δU_k) 반지름 보정량(δR_k), 궤도 기울기 보정량(δI_k)을 식(6)에서 구한다.

$$\begin{aligned} \delta U_k &= C_{us} \sin 2\phi_k + C_{uc} \cos 2\phi_k \\ \delta R_k &= C_{rc} \cos 2\phi_k + C_{rs} \sin 2\phi_k \\ \delta I_k &= C_{ic} \cos 2\phi_k + C_{is} \sin 2\phi_k \end{aligned} \quad (6)$$

위의 보정량을 보정한 위성궤도상의 편각(U_k), 반지름(R_k), 기울기(I_k)를 식(7)에서 계산한다.

$$\begin{aligned} U_k &= \phi_k + \delta U_k \\ R_k &= A (1 - e \cos E_k) + \delta R_k \\ I_k &= I_0 + \delta I_k + (IDOT) t_k \end{aligned} \quad (7)$$

위성의 궤도면상에서 위성의 위치는 식(8)에서 결

$$\begin{aligned} X_k &= R_k \cos(U_k) \\ Y_k &= R_k \sin(U_k) \end{aligned} \quad (8)$$

정하고 위성궤도의 적도면과 교차점인 상등점은 식(9)에 의해 계산된다.

$$\Omega_k = \Omega_0 + (\dot{\Omega} - \dot{\Omega}_e) t_k - \dot{\Omega}_e t_{oe} \quad (9)$$

위의 데이터를 바탕으로 지구 중심 좌표상에서 위성의 위치를 식(10)에 의해 구해 질 수 있다.

$$\begin{aligned} X_k &= X_k \cos \Omega_k - Y_k \sin \Omega_k \\ Y_k &= X_k \sin \Omega_k + Y_k \cos \Omega_k \\ Z_k &= Y_k \sin I_k \end{aligned} \quad (10)$$

이로써 위성의 위치를 WGS-84 좌표 기준 (X_k, Y_k, Z_k)로 구할 수 있다.^[7]

DS/RS 4000에서 전송되는 위성궤도 매개변수의 ASCII String 구성은 표 2와 같다.

표 2. 위성 매개 변수의 ASCII 배열
Table 2. ASCII String of ephemeris data.

*17	818	122490	+3.8100000000E+02
+1.2960000000E+05			-9.22577455639E-05
-1.02318949E-12			-0.0000000000E+00
+1.39698386192E-09			+1.2500000000E+02
+1.2960000000E			+5.15368000793E-03
+1.44189016282E-09			+8.44722427427E-03
+6.37745121028E-01			+3.91373214E-01
+1.02886588138E-10			+6.88916626852E-01
+4.21297961380E-01			-2.56795825E-09
+5.38125000000E+01			+2.64218750000E+02
+1.92929128118E-06			+8.97648125295E-06
+3.08307150035E-08			+4.15028855816E-08
9700000165165			

이동국 GPS수신기인 Placer 400 GPS 수신기에서 컴퓨터와의 데이터통신 프로토콜은 TAIP에 의해 이루어지며 TAIP 메시지의 일반 형식은 다음과 같다.

```
>ABB(C)[;ID=DDDD][;*FF]<
```

- 여기서 > : 새 메시지 시작
- A : 메시지 상태
- Q : GPS 센서로 보내는 QUERY
- S : QUERY에 대한 응답
- BB : 메시지의 종류명
- C : 메시지 데이터의 형식
- DDDD : 차량 ID 번호
- FF : CHECKSUM
- < : 메시지의 끝

메시지 데이터의 종류 중에서 가장 상세한 데이터인 LN 데이터는 GPS 시간, 위도, 경도, 고도(해발), 수평 속도, 수직속도, 진행방향, 사용되어진 위성 수, 위성 ID, DGPS 형태, 신/구 위성 데이터 구분 등의 정보를 포함하고 있으며 데이터 ASCII String의 예는 표 3과 같다.

표 3. TAIP의 LN 데이터 ASCII String
Table 3. ASCII String of TAIP LN data.

>RLN45229766+376266041+1271030750+000 061270005+00000000040288192E15443156000
--

기준국 수신기인 RS/DS 4000에서 컴퓨터와의 데이

터 통신 프로토콜은 RTCM-104 프로토콜이다. RTCM-104는 민간기구를 중심으로 DGPS의 사용법 위와 방법에 대하여 1983년에 구성된 RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Service) 특별 위원회 SC-104 (Special Committee 104)에서 완성한 기술적인 표준규격으로서 기준국 수신기에서 발송되는 신호의 프로토콜이다.

RTCM-104의 일반적인 구성은 전문, message type, 기준국의 확인번호, 기준시간(z-count), 프레임의 길이, 기준국의 상태 정보를 포함한다. 기준국 수신기에서 출력되는 RTCM-104에서 오차보정 기준시간은 header에 포함된 z-count 정보이며 z-count는 기준국에서 위성번호를 받아들인 기준시간에서 수신기의 시간오차를 제거한 정확한 기준국 측정시간이다.

의사거리 보정치 정보를 포함하는 message type는 type 1이며 세부 전송형태는 그림 3과 같다.¹⁸⁾

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SATELLITE ID					PSEUDORANGE CORRECTION															PARITY									
RANGE RATE CORRECTION					ISSUE OF DATA					SATELLITE HEALTH					PARITY														
PSEUDORANGE CORRECTION										RANGE RATE CORRECTION										PARITY									
ISSUE OF DATA					SATELLITE HEALTH					PSEUDORANGE CORRECTION (UPPER BYTE)										PARITY									
PSEUDORANGE CORRECTION (UPPER BYTE)					RANGE RATE CORRECTION					ISSUE OF DATA					PARITY														
PSEUDORANGE CORRECTION					ISSUE OF DATA					FILL					PARITY														
ISSUE OF DATA					FILL										PARITY														

그림 3. RTCM 104 데이터 구조(Type 1)
Fig. 3. Data structure of RTCM 104 (Type 1).

IV. 정밀한 위치계산 및 칼만필터

차량 추적 시스템에서 보다 정밀한 위치정보를 획득하기 위한 시스템에서 Placer 400 GPS 수신기의 항법해의 정보를 기준국에서 보정할 때 기준국의 RS/DS 4000에서 획득할 수 있는 보정정보인 의사거리 보정치(pseudorange correction)는 의사거리의 정보를 보정할 수 있기 때문에 기준국에서 다시 의사거리를 계산해야 한다. 이를 위해서 이동중인 차량의 위치정보는 Placer 400 GPS 수신기를 통해 알고 있으므로 수신기를 통해 위치정보를 획득할 때 위치계산에 사용되어진 위성의 위치를 알 수 있다면 역으로 다시 의사거리를 계산할 수 있다. 그러므로 Placer 400 GPS 수신기

에서 사용되어진 위성세트와 위치정보(위도, 경도, 고도), 위치계산 시간의 정보를 기준국으로 전송하고 기준국에서는 다시 차량용 수신기에서 사용되어진 각 위성에 대한 위치를 계산하기 위하여 기준국 GPS수신기인 RS/DS 4000에서 위성에 대한 궤도정보를 획득하여 위치계산 시간에서의 위성위치를 계산한다. 위성의 위치와 차량의 위치를 알고 있으므로 의사거리를 계산할 수 있다. 계산된 의사거리에 기준국에서 획득한 각 위성의 의사거리 보정치를 보정함으로써 보정된 의사거리를 획득하고 최소 4개 이상의 위성에 대한 보정된 의사거리를 가지고 다시 항법해(위도, 경도, 고도)를 계산함으로써 보다 정밀한 위치정보를 획득할 수 있다. 세부 소프트웨어 알고리즘 흐름도는 그림 4와 같다.

정밀위치 측정 시스템의 차분기법에 의한 보정을 통해 수신기의 열잡음 및 다중경로 손실 등의 오차는 보정하지 못하기 때문에 오차가 존재하며 이러한 오차요인에 의한 영향을 줄이기 위하여 칼만필터를 적용하였다. 또한 시스템에서 획득한 보정된의사거리를 가지고 항법해를 구할 때 비선형 방정식을 선형화하는 과정을 적용하였다. 필터의 상태벡터 상태변이(state process) 모델은 그림 5와 같이

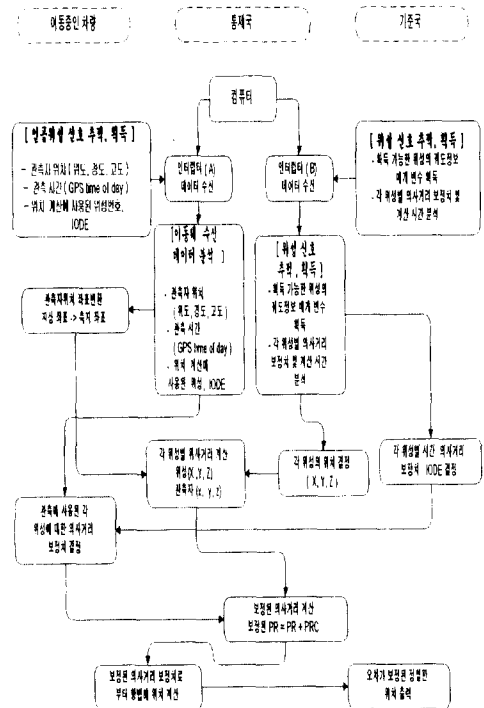


그림 4. 정밀도 향상 알고리즘
Fig. 4. Algorithm of accuracy improvement.

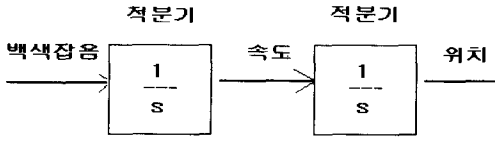


그림 5. Process 상태 모델링
Fig. 5. Process state modeling.

적분형 랜덤워크 프로세스로 모델링 하였다.
필터의 관측 상태 모델은 식(12)과 같이 선형화 된 의사거리 모델을 사용하였다.
관측자가 관측한 의사거리는 식(11)과 같이 나타낼수 있으며 선형화 하면 식(12)와 같다.

$$\rho = \Psi + \beta_\rho + v_\rho \tag{11}$$

여기서 ρ ; 의사거리 (pseudorange)
 Ψ ; 위성과 관측자간의 실제거리
 β_ρ ; 수신기의 시간 수정 오차
 v_ρ ; 수신기의 측정 오차

$$\rho - \rho(x_0) = \frac{\sigma\Psi}{\alpha x} \delta x + \frac{\sigma\Psi}{\sigma y} \delta y + \frac{\sigma\Psi}{\sigma z} \delta z + C\delta t \tag{12}$$

여기서 $\frac{\sigma\Psi}{\alpha} = -\frac{(X-x)}{\sqrt{(X-x)^2 + (Y-y)^2 + (Z-z)^2}}$

위성의 위치 (X, Y, Z)
 관측자의 위치 (x, y, z)
 빛의 속도 (3×10^8 m/s)

초기입력으로 추정오차 X_k^- 와 공분산 행렬 P_k^- 를 사용할 때 칼만필터의 알고리즘은 그림 6과 같다.
정밀위치 측정 시스템에서의 상태 벡터는 식(13)과 같다.

$$X = [\Delta x \ \Delta v_x \ U_x \ \Delta y \ \Delta v_y \ U_y \ \Delta z \ \Delta v_z \ U_z \ u_t \ \Delta v_t \ \Delta t] \tag{13}$$

여기서 $\Delta x \ \Delta y \ \Delta z$; 각 축에 대한 이용자 위치의 변화율
 $\Delta v_x \ \Delta v_y \ \Delta v_z$; 각 축에 대한 이용자 속도의 변화율
 $U_x \ U_y \ U_z$; 백색 가우시안 잡음
 $u_t \ \Delta v_t \ \Delta t$; 수신기 시계의 모델링
 백색잡음/ 표류 클럭 오차

위에서 제시한 상태 벡터와 알고리즘을 사용하여 칼만

필터링을 수행하였다.^{19) | 10)}

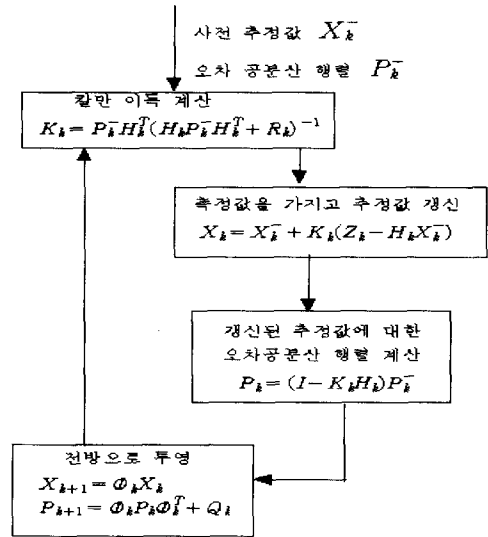


그림 6. 칼만 필터의 알고리즘
Fig. 6. Algorithm of Kalman filter.

V. 실험 결과

먼저 기준점으로는 기준국 GPS수신기인 RS/DS 4000의 안테나를 위도: 37°37'6359", 경도: 127°06'1300", 고도: 90.00m에 위치시켰으며, 이는 1일간 DGPS에 의해 측정된 위치의 평균값이다. 이 기준점에 대해 상대적인 이동용 GPS수신기의 정밀도를 측정함으로써 수신기의 정밀도를 판단하였다. 실험시 관측가 능한 위성의 갯수와 PDOP (Position Dilution of Precision)는 그림 7과 같고, 그림 8은 차량용 GPS 수신기 안테나의 위치를 기준국 안테나 위치에서 1Km 이격된 위치에 고정시키고 차량용 GPS수신기의 위치를 관측한 결과이다. 그림 9는 차량용 GPS수신기의 환경과 같은 환경에서 DGPS를 실시한 결과이다. 그림 10은 DGPS 실험과 같은 환경에서 개발한 차분방법을 적용한 정밀도 향상 알고리즘을 적용하여 얻은 실험결과이다. 표 4는 GPS, DGPS, 개발 알고리즘을 적용한 실험결과의 사용자 위치의 오차범위 및 표준편차의 값이다.

GPS수신기에서는 100m의 오차를 보이며 DGPS를 적용한 결과는 5m이내의 오차를 보이고있다. 차분기법을 적용한 정밀도 향상 알고리즘 적용 결과는 10m이내의 정밀도를 가지고 있음을 알 수 있다.

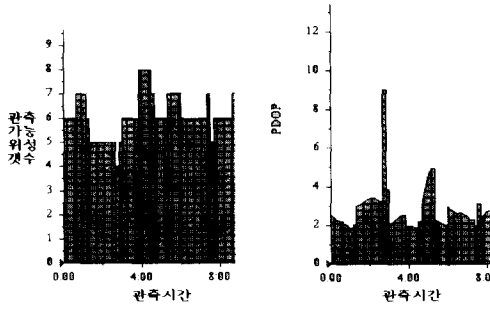


그림 7. PDOP와 위성 관측가능성
Fig. 7. PDOP and satellite visibility.

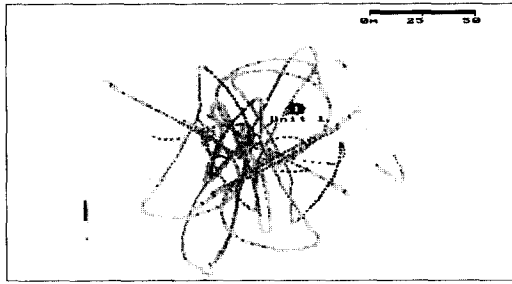


그림 8. 이동용 GPS 수신기 위치측정
Fig. 8. User position of moving GPS receiver.

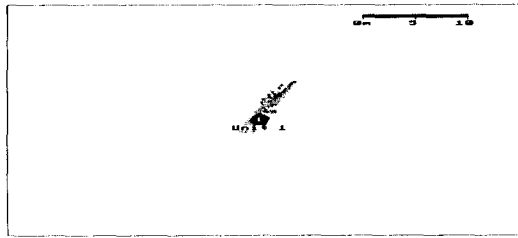


그림 9. DGPS를 적용한 위치측정
Fig. 9. User position of DGPS receiver.

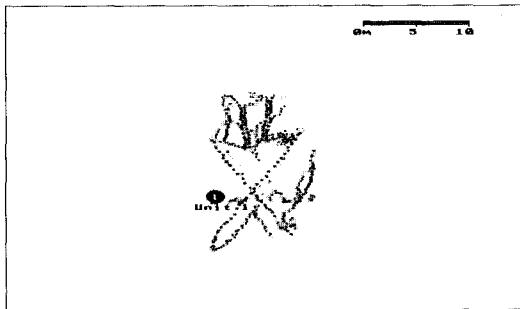


그림 10. 정밀도 향상 알고리즘을 적용한 위치 측정
Fig. 10. User position applied accuracy improvement algorithm.

표 4. 정밀도 측정 실험 결과

Table 4. Result of accuracy measurement.

구 분	GPS	DGPS	개발 알고리즘 적용
오차 범위 (CEP : m)	100	5	10
표준 편차 (1 sigma) ($\times 10^{-5}$)	위 도	13.3	8.06
	경 도	19.4	6.65

이것은 차량추적 시스템에서 오차보정을 통제국에서 실시하여도 DGPS에서처럼 수신기의 공동오차를 현저히 줄일 수 있음을 알 수 있다. 그러나 DGPS보다 큰 오차가 존재하는 것은 위성의 궤도정보의 변화이후 궤도정보의 수신이 늦어지는 시간과 이동용 GPS수신기에서 추적하는 위성을 기준국에서 획득하지 못했을 경우 등의 문제이다. 이러한 점을 좀더 보완한다면 더욱 신뢰성있는 위치정보를 제공할 수 있을 것이다.

이동중인 차량 추적 실험으로서 제한된 지역을 2회 반복적으로 이동하면서 차량을 추적하였다. 그림 11은 GPS에서 획득한 데이터를 보정없이 사용한 실험결과이다.

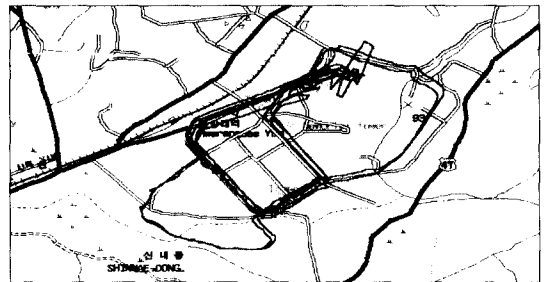


그림 11. GPS를 이용한 이동 차량의 위치 추적
Fig. 11. Vehicle tracking using standalone GPS.

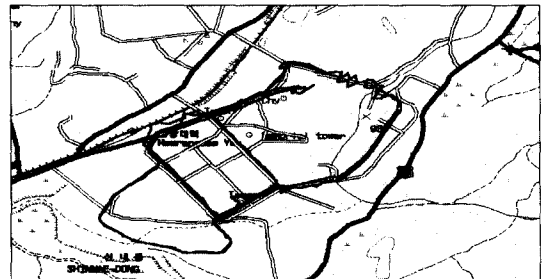


그림 12. 개발 알고리즘 적용한 이동 차량 추적
Fig. 12. Vehicle tracking applied developed algorithm.

그림 12는 GPS에서 획득된 데이터를 개발한 알고리즘을 적용하여 실험한 결과이다. 정밀도 향상 알고리즘을 적용함으로써 차량의 이동경로를 정확히 추적하고 있음을 알 수 있다.

VI. 결 론

GPS를 이용한 차량추적시스템에서 이동중인 차량의 위치를 더욱 정밀하게 측정할 수 있는 방법으로 통제국에 전송된 데이터를 차분기법에 의해 보정함으로써 정밀한 위치를 획득할 수 있었다. 정밀도 향상 알고리즘을 적용하기 위해 개발한 소프트웨어를 사용한 실험 결과 표준 GPS는 100m, DGPS는 5m, 개발한 알고리즘에 의해서는 10m의 오차를 보이고 있다. 이는 본 알고리즘에 의해서 DGPS와 같은 원리로 두 개의 수신기의 공통오차를 현저히 줄임으로서 정밀도가 향상되었음을 알 수 있다. 이는 제한된 분야, 즉, 차량 추적 시스템, 군사용 이동체 추적 시스템 등에 많은 기여를 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] David Wells, "Guide To GPS Positioning", Canadian GPS Associates, pp. 517-545, 1987.
- [2] Bradford W. Parkinson and James J. Spilker Jr., "GPS Theory and Applications", American Institute of Aeronautics and Astronautics, vol. II, pp. 435-465, 1996.
- [3] B. Hofman-Wellenhof, H. Lichtenegger and J. Collins, "GPS Theory and Practice", Springer-Verlag Wein New York, 1993.
- [4] Earl G. Blackwell, "Overview of Differential Global Positioning System Methods", The Institute of Navigation, vol. III, pp. 89-100, 1986.
- [5] "Placer 400 Installation and Operator's Manual", Trimble navigation, pp. 1-5, 1993.
- [6] "4000 RS/DS Differential Surveyors Reference Surveyors Operation Manual", Trimble navigation, pp. 179-204, 1993.
- [7] "Technical characteristics of the navstar GPS", Navtech Seminars & Navtech Book and Software Store, Inc., pp. 3-27, 1991.
- [8] "RTCM Recommended standards for differential Navstar GPS service", RTCM Special Committee no. 104, pp. 4-3/10, 1994.
- [9] Robert Grover Brown and Patrick Y. C Hwang, "Introduction to random signals and applied Kalman Filtering", John Wiley & Sons, pp. 409-444, 1992.
- [10] 朱世哲, 李昌福, 金基斗, 吳政憲, "칼만필터를 이용한 DGPS의 위치측정 정확도 향상에 관한 연구", 대한전자공학회논문집, vol. 33, no. 5, pp. 113-114, 1996.

— 저 자 소 개 —



張慶日(正會員)

1969년 1월 20일생. 1991년 2월 육군사관학교 전자통신과(이학사)졸업. 현재 군사과학대학원 전자통신과 석사과정



吉桂煥(正會員)

현재 군사과학대학원 전자통신과 석사과정



李沅雨(正會員)

1966년 5월 14일생. 1989년 3월 육군사관학교 전자공학과 졸업. 1993년 2월 서강대학교 대학원 전자공학과 석사. 현재 육군사관학교 전자공학과 근무. 주관심 분야는 Microwave 회로 해석 및 설계 등임



金容濶(正會員)

1952년 9월 5일생. 1976년 3월 육군사관학교 졸업. 1980년 2월 서울대학교 자연과학대학 물리학과(이학사). 1988년 12월 펜실베니아 주립대학교 전자공학과(공학박사). 현재 육군사관학교 전자공학과 교수. 관

심분야는 반도체 물성 및 GPS



黃春植(正會員)

1948년 10월 5일생. 1972년 육군사관학교 졸업(이학사). 1976년 서울대학교 전기공학과 졸업(공학사). 1980년~1985년 미 오레곤 주립대학교 전자공학과 졸업(공학석사 및 박사). 현재 육군사관학교 전자공학과 교수.

주연구분야는 선형 및 비선형 시스템제어, 최적제어, 인공지능제어, 군통신시스템, 전자방어시스템 등.