

論文

시계 바이어스 변화율을 이용한 반송파 DGPS의 성능 향상

신용설*, 박찬국**

Performance Improvement of Carrier phase DGPS
Using Clock Bias Drift

Yong Sul Shin* and Chan Gook Park**

ABSTRACT

This paper presents the carrier phase DGPS method providing a stable navigation solution under the condition of frequent blockage of the GPS signals. The proposed algorithm reject the channels having large errors using a clock bias drift and then calculated the more accurate solution. By investigating the relation between visible satellites' elevation and their clock bias drift, a proper threshold is set. Simulation shows that the presented result is as good as that of commercial system with real data.

초 록

본 논문에서는 GPS 신호가 자주 단절되는 환경하에서도 안정한 위치 해를 제공하는 반송파 DGPS 방법을 제안한다. 시계 바이어스 변화율을 이용하여 큰 오차가 포함된 측정 채널을 제거함으로써 더욱 정확한 위치 해를 제공하는 알고리즘을 구현하였다. 가시 위성의 양각과 시계 바이어스 변화율의 관계를 살펴보고, 적절한 임계치를 제안하였으며, 구현된 알고리즘이 실험데이터에서도 성능이 우수함을 상용프로그램과 비교하여 보였다.

Key Words : CDGPS(반송파 보정항법 시스템), Clock bias drift(시계 바이어스 변화율), Measurement rejection(측정치 제거), Cycle slip(사이클 슬립), Doppler shift(도플러 천이)

1. 서 론

GPS(Global Positioning System)는 인공위성을 이용한 위치 및 자세 측정 시스템이다. 위성은 자신의 위치와 수신기까지의 거리를 측정할 수 있는 신호를 수신기에 송출하고 수신기에서는 이 신호를 측정하여 사용자의 위치를 계산하게

된다. 그러나 위성으로부터의 신호는 긴 거리를 오는 동안 여러 가지 오차가 포함되며, 그 결과 위성과 수신기간의 정확한 거리를 제공하지 못하게 된다. 이러한 오차를 감소시키기 위해, 위치를 정확히 알고 있는 기준국에서 공통오차를 상쇄시킬 수 있는 DGPS(Differential GPS)기법이 제안되었다[1]. DGPS를 사용하면 전리층 지연, 대류권 지연, 위성 궤도 오차 등의 공통오차가 상쇄되므로 코드를 이용하는 경우 1 m 안쪽의 위치 정확도를 얻을 수 있다. 나아가 반송파 위상 측정치를 이용하여 사용자의 위치를 계산하는 반송파 DGPS(Carrier phase DGPS)는 이론적으로 수 cm 수준의 위치 정확도를 얻을 수 있지만 GPS 위성에서 송신된 반송파가 사용자에게 도달하는

† 2005년 1월 28일 접수 ~ 2005년 11월 16일 심사완료

* 정희원, 서울대학교 기계항공공학부

** 정희원, 서울대학교 기계항공공학부

정밀기계설계 공동연구소

연락처자, E-mail: chanpark@snu.ac.kr

서울시 관악구 신림동 산 56-1

데 몇 사이클(cycle)이 소요되었는지를 알 수 없으므로 초기 미지정수가 존재한다. 미지정수를 결정하기 위한 많은 알고리즘이 제안되어 있으며 [2], 대표적으로는 LAMBDA(Least-squares Ambiguity Decorrelation Adjustment)기법이 있다[3].

이러한 미지정수 결정기법은 이중 차분된 반송파 위상 측정치를 이용하므로 위성에 대한 연속적인 가시성이 확보되지 않은 경우 미지정수 결정에 많은 문제가 발생한다. 이를 위하여 위성 조합의 변화를 고려하여 기존에 구한 미지정수를 효율적으로 활용하는 것이 필요하다. 수신된 위성신호는 반송파 위상 측정치 이외에 도플러나 의사거리와 같은 정보들도 제공하므로 이들을 중복적으로 이용하면 오차가 적고 질 좋은 반송파 위상 측정치를 만들어 낼 수 있다.

본 논문에서는 위성조합의 변화를 고려하여 사이클 슬립에 의한 오차를 최소화한 반송파 DGPS 기법을 설명하였고 실제 구현된 결과에 대하여 기술한다. 이와 함께 도플러 측정치와 의사거리 측정치의 차이 값인 시계 바이어스 변화율을 이용하여 나쁜 측정치를 제거함으로써 성능을 향상시켰다. 구현된 알고리즘을 실험 데이터에 적용하여 APPLANIX사에서 개발한 상용프로그램인 POS LV의 결과와 비교하여 성능을 검증하였다.

II. 본 론

2.1 반송파 측정치

상대위치 결정은 기준국에 대한 상대위치를 결정하는 기법으로 기준국의 위치를 알고 있는 경우에는 사용자의 절대위치를 구할 수 있다. 상대위치 결정기법은 두 대 이상의 수신기 및 부가적인 통신망을 필요로 하지만 반송파 위상 측정치와 결합할 경우 매우 정확한 위치 결정이 가능하므로 정밀한 결과를 요구하는 응용분야에 널리 사용된다. 상대위치 결정에서는 공통오차를 상쇄시키기 위하여 차분된 측정치를 이용한다. 반송파 DGPS 기법을 구현하기 위해서는 반송파 위상 측정치에 이중차분 기법을 사용한다.

2.1.1 반송파 위상 측정치

일반적으로 반송파 위상 측정치의 측정모델은 식 (1)과 같다.

$$\Phi(t) = r - c(dt - dT) + \lambda N - \delta_I + \delta_T + \delta_E + \delta_m + w \quad (1)$$

여기서, Φ : 반송파 위상 측정치와 파장의 곱

- r : 위성파 수신기 사이의 실제 거리
- dt : 수신기 시계 오차
- dT : 위성 시계 오차
- λ : 파장,
- N : 미지정수
- δ_I : 전리층 지연에 의한 측정 오차
- δ_T : 대류권 지연에 의한 측정 오차
- δ_E : 위성궤도 오차에 의한 측정 오차
- δ_m : 다중경로에 의한 측정 오차
- w : 수신기 측정 잡음
- c : 빛의 속도

식 (1)은 거리의 단위를 가지며 사용자 안테나와 위성 사이의 의사거리를 나타낸다. 이 측정치에는 미지정수가 포함되어 있으므로 위치를 구하기 위해서는 미지정수를 구하여야 한다. 그리고 전리층 및 대류권 지연, 위성궤도 오차 같은 공통 오차는 이중차분을 이용하여 상쇄된다.

2.1.2 측정치의 이중 차분

서로 멀리 떨어져 있지 않은 곳에 위치한 두 개의 수신기 A와 B에서 위성 i 로부터 측정된 반송파 위상에서는 위성궤도 오차, 전리층 지연, 대류권 지연 등에 대한 오차가 거의 비슷하다. 따라서 두 수신기의 측정치에 대하여 차분을 취함으로써 공간적으로 공통인 오차를 제거하여 다음식 (2)와 같이 수신기간 차분된 반송파 위상 측정치를 얻는다.

$$\begin{aligned} \Phi_{AB}^i(t) &= \Phi_B^i(t) - \Phi_A^i(t) \\ &= r_{AB}^i(t) + cB_{AB}^i(t) + \lambda N_{AB}^i \\ &\quad + \delta_{mAB}^i(t) + w_{AB}^i(t) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, B 는 수신기 시계 오차를, N_{AB}^i 은 수신기간의 미지정수 차분 값을 의미한다.

수신기간 차분만으로는 수신기 시계 오차가 제거되지 않으므로 위성간 차분과 함께 이용하며, 이를 이중차분이라고 한다. 따라서 수신기간 차분 후 위성간 차분을 수행한 이중차분 측정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Phi_{AB}^{ij}(t) &= (\Phi_B^j(t) - \Phi_A^j(t)) - (\Phi_B^i(t) - \Phi_A^i(t)) \\ &= r_{AB}^{ij}(t) + \lambda N_{AB}^{ij} + \delta_{mAB}^{ij}(t) + w_{AB}^{ij}(t) \end{aligned} \quad (3)$$

이중차분을 수행하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있으나, 본 논문에서 사용한 방법은 수신기간 차분을 먼저 수행하고, 한 개의 위성을 기준위성으로 정하여 그것에 대해 위성간 차분을

취하는 순서로 행해진다.

2.2 미지정수 결정 및 위치해 계산

이중차분된 반송파 위상 측정치를 이용하여 위치 해를 결정하기 위해서는 미지정수가 구해져야 한다. 본 절에서는 미지정수를 구하기 위한 방법을 설명한다.

2.2.1 미지정수의 결정

일반적으로 이중차분 기법을 이용하면, 코드 이중차분 측정치와 반송파 이중차분 측정치를 얻을 수 있다. 반송파 DGPS 기법에서는 반송파만을 이용한 이중차분 측정치를 이용하여 상대위치를 계산하지만, 코드 이중차분 측정치를 동시에 이용하면 미지정수 결정에 효과적일 수 있다. 반송파 이중차분 측정치는 매우 작은 잡음(1cm)을 갖지만 미지정수를 포함하고, 반면에 코드 이중차분 측정치는 큰 잡음(1m)을 갖지만 미지정수를 갖지 않는, 서로 상반되는 장단점을 가지고 있다. 이 두 측정치를 조합하여 스무디드 코드(smoothed-code)이중차분 측정치를 생성하고, 칼만필터를 적용하여 다음과 같은 식을 얻는다[4].

$$\begin{aligned} DD_{S_n}^- &= DD_{S_{n-1}}^+ + \lambda(\Phi_{p_n} - \Phi_{p_{n-1}}) \\ p_n^- &= p_{n-1}^+ + q \\ k_n &= p_n^-(p_n^- + r)^{-1} \\ DD_{S_n}^+ &= DD_{S_n}^- + k_n(DD_{pr_n} - DD_{S_n}^-) \\ p_n^+ &= (1 - k_n)p_n^- \end{aligned} \tag{4}$$

여기서,

DD_{S_n} : n에서의 스무디드 코드 의사거리

DD_{pr_n} : n에서의 의사거리 측정치

Φ_{S_n} : n에서의 반송파 위상 측정치

p_n : 스무디드 코드 의사거리의 공분산

q : 반송파 위상 측정치의 공분산

k_n : 칼만 이득

r : 코드 의사거리 측정치의 공분산

λ : 반송파 파장

식(4)의 칼만필터는 상태변수를 스무디드 코드 의사거리로 하며, 각 에폭의 스무디드 코드 의사거리 정보를 반송파 위상 측정치의 변화량을 이용하여 다음 에폭의 코드 의사거리 측정치 정보와 결합하여 더욱 정확한 측정치를 생성한다. 가시위성의 조합이 변하지 않는다면 일정시간 이후의 칼만필터는 수렴하게 되고, 수렴 후의 상태변수는 미지정수가 포함되어 있지 않은 반송파 측

정치만큼의 정확도를 가진 의사거리 값을 가지게 된다. 칼만필터를 이용하여 상태변수가 충분히 수렴되고, 다중경로와 수신기 측정잡음을 무시하면 식(3)을 이용하여 다음과 같이 실수 영역의 미지정수를 결정할 수 있다.

$$\frac{\Phi_{AB}^{ij}(t) - r_{AB}^{ij}(t)}{\lambda} = N_{AB}^{ij} \tag{5}$$

이런 방식으로 구해진 미지정수는 정수가 아닌 실수이므로 실수해(float solution)이라 부르며, 미지정수 결정 알고리즘을 적용하여 정수해를 구하게 된다. 이와 같이 계산된 미지정수의 실수해를 최적화 기법에 근거한 미지정수 결정 알고리즘에 적용하여 정수해를 계산한다. 본 논문에서는 LAMBDA 기법을 이용하였으며, 이 기법을 이용하기 위해서는 칼만필터에서 제공하는 미지정수의 실수해와 그것의 공분산 값이 필요하다.

2.2.2 위성조합의 변화에 따른 미지정수 재결정 기법

위성 신호가 스무디드 코드 칼만필터의 수렴에 필요한 시간 이상 끊기지 않고 연속적으로 제공된다면, 매번 정수해를 결정하여 사용자의 위치를 계산할 수 있다. 그러나 위성 신호는 주변 환경의 영향을 받아 빈번하게 끊길 수 있으며 이 때는 칼만필터가 초기상태로 동작하기 때문에 수렴하는데에 충분한 데이터가 없다면 정확한 정수해 및 위치 해를 제공하지 못한다. 따라서, 위성조합의 변화에 따른 효과적인 미지정수 재결정 방법이 필요하다.

위성 조합의 변화는 몇 가지 형태로 분류할 수 있으며 이에 따라 적절한 기법을 이용하여 미지정수 및 위치 해를 결정한다. 첫 번째로 고려할 수 있는 형태는 이중차분을 수행할 때 기준이 되었던 주위성이 유지되고 일부의 부위성이 보이지 않게 되는 경우이다. 이 때에는 탈락된 위성의 측정치와 그에 해당하는 미지정수를 제거하고 위치 해를 결정한다. 물론 탈락된 위성의 측정치를 제거한 측정식의 개수가 미지수의 개수보다 많아야 해를 구할 수 있다. 첫 번째의 경우에는 정수해를 결정하기 위한 별도의 알고리즘이 필요하다.

두 번째 형태는 주위성이 유지되면서 부위성이 추가되는 경우이다. 이 때에는 이전구간에서 계산한 미지정수를 이용하여 추가된 부위성의 정보를 이용하지 않고도 위치 해를 구할 수 있으며, 위치 해를 이용하여 추가된 부위성에 해당하는 미지정수를 역으로 계산한다. 먼저 실수 영역

의 미지정수를 계산하고 다시 LAMBDA 알고리즘을 적용하여 정수해를 결정한다.

세 번째 형태는 주위성이 변하는 경우이다. 이때에는 모든 측정치 및 미지정수가 전혀 다른 값으로 변화하므로 칼만필터를 초기화하고 해당구간에서의 미지정수와 위치해 결정을 할 수 없다. 주위성은 양각이 가장 높은 위성으로 설정하였는데, 이는 오차요인의 영향을 가장 적게 받을 확률이 높고 가시성이 좋을 것으로 판단되기 때문이다.

2.3 시계 바이어스 변화율을 이용한 성능 향상

2.3.1 의사거리 변화율과 도플러 천이

GPS 위성에서 제공하는 의사거리는 위성과 수신기간의 실제 거리와 많은 오차요인이 포함되어 있는 값이다. 일반적으로 시간 t 에서의 의사거리는 다음과 같이 모델링된다.

$$\rho_i(t) = |\vec{r}_i(t) - \vec{r}_j(t)| + c \cdot b_u(t) + \epsilon_{\rho_i}(t) \quad (5)$$

여기서, $\vec{r}_i(t)$: 위성 위치

$\vec{r}_j(t)$: 수신기 위치

b_u : 수신기 시계 바이어스(s)

ϵ : 모델링 되지 않은 수신기 오차(m)

한편, 시간 t 에서 측정된 위성과 수신기의 상대 속도에 의해 생기는 도플러 천이는 다음과 같이 표현된다.

$$D_i(t) = - \left(\frac{\vec{v}_i(t) - \vec{v}_j(t)}{c} \cdot \vec{1}_i \right) \cdot F + \epsilon_{D_i}(t) \quad (6)$$

여기서, $D_i(t)$: 도플러 천이

$\vec{v}_i(t)$: 위성의 속도

$\vec{v}_j(t)$: 수신기의 속도

c : 광속도

F : 반송파 주파수

$\vec{1}_i$: 상대속도 단위벡터

ϵ_{D_i} : 도플러 측정 오차

도플러 천이는 반송파의 변화율이며, 두 물체 사이에서 상대 운동이 있을 때에 발생한다. 반송파의 변화율에 반송파의 파장을 곱하게 되면 두 물체 사이의 거리의 변화율이 되며, 이는 의사거리의 변화율과 동일하다. 그러나 실제 도플러 천이와 반송파의 변화율, 그리고 의사거리의 변화율은 거의 비슷하나 동일한 값을 주지 않으며, 이는 식(5)을 미분하면 알 수 있다.

$$\dot{\rho}_i(t) = (\vec{v}_i(t) - \vec{v}_j(t)) \cdot \frac{\vec{r}_i(t) - \vec{r}_j(t)}{|\vec{r}_i(t) - \vec{r}_j(t)|} + f + \epsilon_{\rho_i} \quad (7)$$

여기서, $f = c \cdot \dot{b}_u$ = 수신기 시계 바이어스 변화율 (m/s)

식 (7)에서 우변의 첫 번째 항이 식 (6)의 도플러 천이 값을 속도로 환산한 값($D_i(t) \cdot \frac{c}{F}$)과 같으므로 좌변으로 이항하여 정리하면 다음과 같다[5].

$$\dot{\rho}_i(t) - D_i(t) = f + \epsilon_{\rho_i} - \epsilon_{D_i} \quad (8)$$

실데이터를 적용하기 위해 식 (8)을 이산화 시키면 다음과 같다.

$$\left(\frac{\rho_i(t) - \rho_i(t-1)}{\Delta t} \right) - D_i(t) = f + \epsilon_{\rho_i} - \epsilon_{D_i} \quad (9)$$

여기서, Δt : 시간간격 (1 (s))

이론상으로 수신기와 위성의 상대속도가 존재하면 의사거리의 변화율과 도플러 천이는 같다. 하지만 실제 데이터의 경우, 이 두 값이 일치하지 않게 되며, 이 차이 값이 수신기 시계 바이어스 변화율과 모델링 되지 않은 의사거리 및 도플러 측정치 오차가 포함된 값이다.

반송파 측정치로 코드를 스무딩하여 얻은 스무딩드 코드 의사거리로 실수 영역의 미지정수를 구하는 본 알고리즘은 반송파 측정치의 잡음 뿐 아니라 코드 측정치의 잡음에도 큰 영향을 받게 된다. 측정치에 아무 이상이 없는 경우 식(9)의 값은 아주 미미하지만, 인접한 시간 간격 사이에서의 식(9)값의 차이가 크다면 그 의사거리나 도플러 천이는 오차가 포함된 값이라고 예측할 수 있다. 이는 수신기 고유의 오차로 오차가 포함된 측정치를 여러 시간 동안 모아 쓰는 경우 미지정수를 잘못 계산하는 경우가 생길 수 있게 된다. 따라서 이러한 측정치를 제거해야 정확한 미지정수를 얻을 수 있다.

따라서, 시계 바이어스 변화율을 각 가시위성 채널별로 구한 후, 적절한 임계치에 따라 측정치를 제거하고 위치 해를 구하면 더욱 정밀한 위치 해를 구할 수 있게 된다.

2.3.2 임계치의 설정 방법

측정치에 큰 오차가 포함되어 잘못된 위치 해를 제공한다면, 정확하지 않은 측정치를 판단하기 위한 기준이 필요하다. 위의 설명으로 시계 바이어스 변화율의 적절한 임계치가 필요한데, 이를 구하기 위해 다양한 데이터에서의 각 채널의 위성의 양각과 시계 바이어스 변화율을 그림

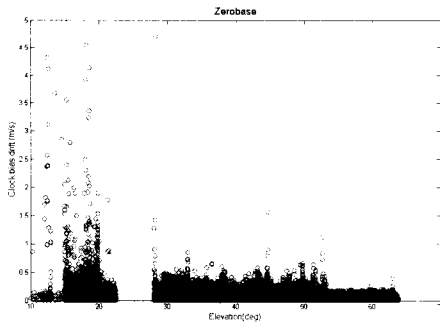


그림 1. 영기저선에서의 위성의 양각과 시계 바이어스 변화율

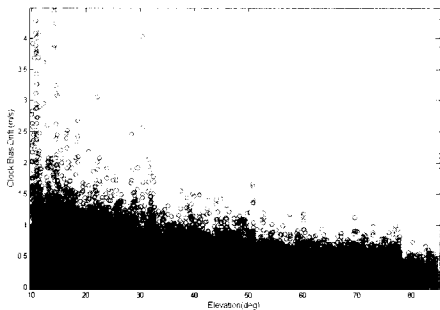


그림 2. 대전 A지역의 위성의 양각과 시계 바이어스 변화율

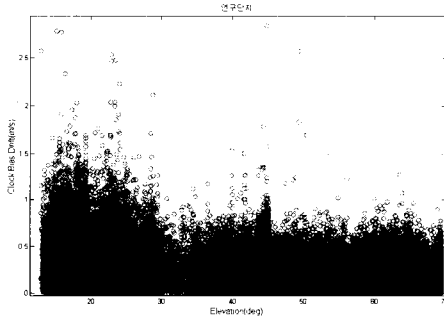


그림 3. 대전 B지역의 위성의 양각과 시계 바이어스 변화율

1~3 에 도시하였다. 그림 1은 영기저선, 그림 2, 3은 대전의 A, B 지역에서의 실험데이터를 바탕으로 위성의 양각과 시계 바이어스 변화율을 도시한 것이다.

일반적으로, 위성의 양각이 낮은 경우에 시계 바이어스 변화율 값이 큰 경향을 띠는 것을 알 수 있다. 위의 논의에서 시계 바이어스 변화율 값이 큰 채널의 측정치일수록 측정치에 오차가 포함되었다는 가정을 할 수 있다. 임계치가 너무

높으면 오차가 포함된 측정치를 이용할 확률이 크며, 임계치가 너무 낮으면 많은 측정치를 제거하여 위치 해를 적게 제공하게 된다. 따라서 적절한 임계치가 필요하며, 위성의 양각과 시계 바이어스 변화율의 관계를 볼 때, 위성의 양각에 따라 다음과 같이 임계치를 설정하였다. 아래의 임계치를 초과하는 채널에 대한 측정치는 제거하고 위치 해를 구하였으며, 측정치를 제거하지 않은 위치 해와 비교해보았다.

표 1. 임계치의 설정

e가 50 이하인 경우	$f_{th} = -\frac{1}{40}e + 9/4$
그 외	해당사항 없음

여기서, e : 위성의 양각(deg)

2.4 실험데이터 실험결과

2.4.1 영기저선 실험

이상에서 제시한 도플러 측정치를 이용한 방법이 얼마나 성능향상에 기여하는지 비교하기 위해 영기저선 실험을 수행하였다. 그림 4는 측정치를 제거하지 않은 데이터의 위치 해이다.

매우 짧은 시간이지만, 위치가 크게 변하는 부분이 있음을 확인 할 수 있다. 따라서, (그림 1)에서의 측정치에 오차가 포함되었다는 가정을 뒷받침한다. 그림 5는 시계 바이어스 변화율이 임계치를 초과한 측정치는 제거하고, 위치 해를 구한 것을 도시한 것이다.

큰 오차가 포함된 측정치라고 생각되는 채널을 제외하고 구한 위치 해에서는 위치가 순간적으로 변하는 점이 없어짐을 확인할 수 있다. 거의 모든 위치 해가 3cm 안쪽으로 들어오므로 성능이 크게 안정된 것을 볼 수 있다. 따라서 시계 바이어스 변화율 값이 클수록 측정치가 정확하지 않을 것이라는 가정이 옳음을 알 수 있으며, 이 측

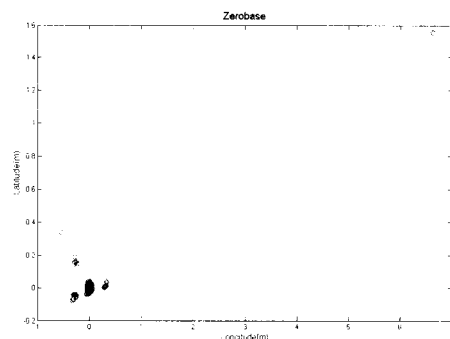
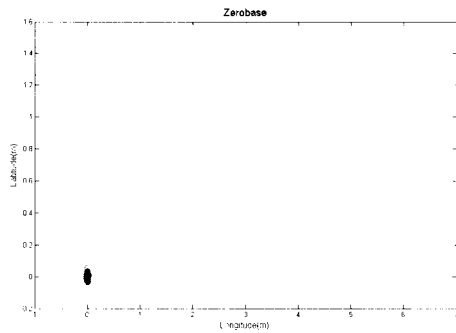
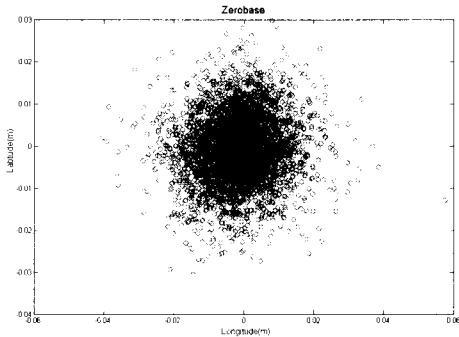


그림 4. 측정치 제거되지 않은 영기저선 평면도



(a) 영기저선 평면도



(b) 영기저선 평면확대도

그림 5. 측정치 제거된 영기저선 평면도

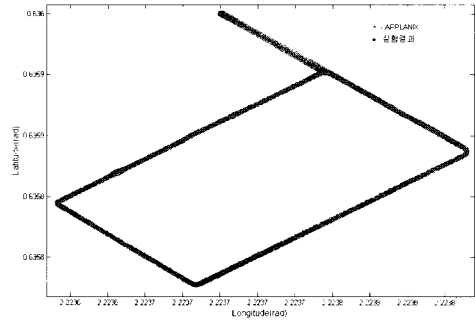
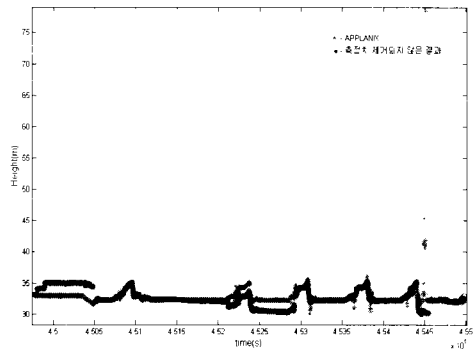
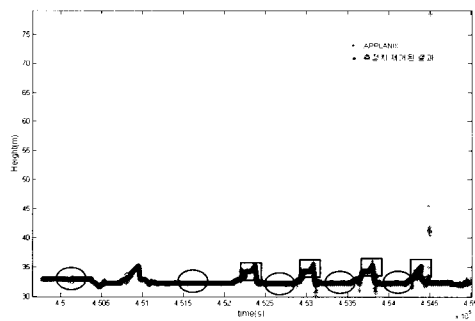


그림 6. 대전 A 지역 주변 평면도



(a) 측정치 제거 되지 않은 고도 측



(b) 측정치 제거 된 고도 측

그림 7. 고도 측 실험 결과

정치를 제거할 경우 성능이 향상된다는 것을 보였다.

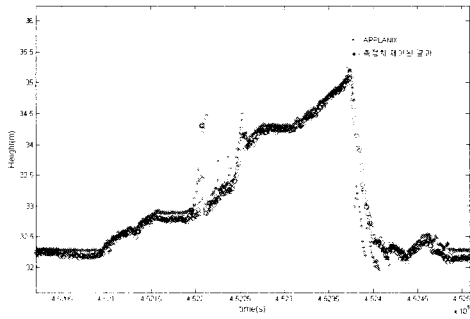
2.4.2 대전 A 지역 주행 실험

본 절의 분석결과는 대전 근교에서 수행한 실험으로부터 수집된 데이터를 이용하였다. 비교할 벤치마킹 시스템은 APPLANIX사의 POS LV로, 이 시스템은 1개의 IMU와 2개의 GPS 수신기를 사용하여 위치와 자세를 계산하는 복합항법시스템이며 지상 차량용으로 개발되어 도로 지형탐사, GIS 데이터베이스 구축, 측지에 사용되는 상용 제품이다[6]. 그림 6은 A 지역 주변의 평면도를 나타낸 것이다. 항법 해의 비교를 위해 POS LV의 결과를 같이 도시하였다.

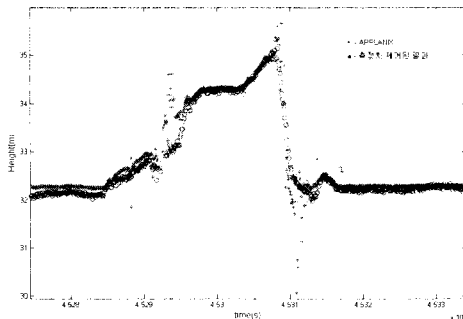
측정치 제거의 효과를 보기 위해 고도 측 실험 결과를 도시해보면 다음과 같다. 그림 7.(a)는 측정치를 모두 이용하여 위치 해를 구한 결과이며 그림 7.(b)는 측정치를 제거하여 위치 해를 얻은 결과이다.

○ 표시가 되어있는 5개의 정지구간에서 위치 해가 더욱 정확해짐을 볼 수 있으며, 벤치마킹 시스템에서 순간적으로 크게 변하는 점이 사라졌음을 알 수 있다. 전체 구간에서의 벤치마킹 시

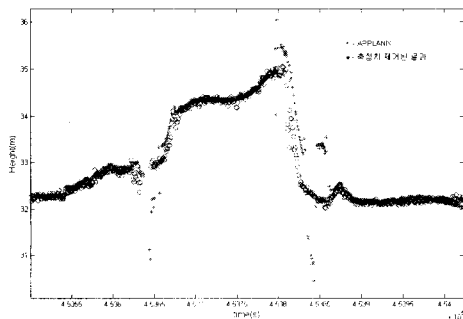
스템과 RMS값 차이는 E축 방향으로 8.75cm, N축 방향으로 37.09cm, 고도 방향으로 4.38cm 이다. 벤치마킹 시스템 결과가 454500 구간에서 순간적으로 변하여 오차가 존재하는 것으로 생각하여 볼 때, 좋은 결과라고 생각된다. 제공되는 해의 개수는 POS LV가 5072개이고, 본 알고리즘의 결과는 5148개로 76개 정도가 더 많이 제공된다. 그림 8은 □ 표시된 그림 7의 4구간에 대한 고도



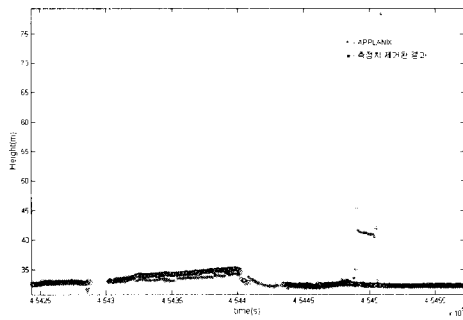
(a) 부분 확대도 1



(b) 부분 확대도 2



(c) 부분 확대도 3



(d) 부분 확대도 4

그림 8. 고도 방향 부분 확대도

방향 부분 확대도이다.

POS LV 의 결과보다 인접한 점에서의 크게 변하는 점이 줄어들거나 없어짐을 확인 할 수 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 반송파 DGPS 기법에 대해 설명하고, 미지정수 재결정 기법과 도플러 천이 정보를 이용한 성능 향상 기법을 제안하고 실제 데이터를 이용하여 검증하였다. 위성의 양각과 시계 바이어스 변화율의 관계를 다양한 실데이터의 경우에 살펴보았으며, 측정치의 제거가 위치 해에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 차량 실험을 통하여 POS LV와 성능을 비교하였으며, 측정치의 제거가 참 미지정수를 결정하는 데에 큰 영향을 미친다는 것을 보였다. 위성의 양각과의 관계를 이용하여 적절한 임계치의 설정 기법을 제안하였으며, 실데이터로 그 성능을 검증하였다.

후 기

본 연구는 한국전자통신연구원 텔레매틱스 사업단의 "GPS/INS/DWI 강결합 및 GPS 데이터 처리 기술 개발" 과제의 일부로 수행된 결과입니다.

참고문헌

- 1) B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger and J. Collins, "Global Positioning System Theory and Practice", Springer-Verlag, 1994.
- 2) 박찬식, GPS 반송파와 위상신호를 이용한 자세 결정, 서울대학교 대학원 박사학위논문, 1997.
- 3) P. J. G Teunissen, "A new Method for Fast Carrier Phase Ambiguity Estimation" Proceedings of IEEE Position, Location and Navigation Symposium, Las Vegas, Nevada, pp. 562-573, 1994.
- 4) E.D. Kaplan, "Understanding GPS principles and applications", Artech House, 1996.
- 5) B. W. Parkinson and J. J. Spilker Jr.(ed.), "Global Positioning System: Theory and Application, Vol. I.", AIAA, Washington, DC., 1996.
- 6) http://www2.applanix.com/products/poslv_index.php