

論文95-32B-10-10

# RLSLF 방식을 적용하여 저가의 GPS 모듈로 구성된 DGPS 시스템의 효율적인 구현

## (The Efficient Implementation of DGPS System with Low Cost GPS modules Using a Recursive Least Squares Lattice Filtering Method)

李昌福\*, 朱世哲\*\*, 金基斗\*\*, 金榮範\*

(Chang-Bok Lee, Se-Chul Chu, Ki-Doo Kim, and Young-Bum Kim)

### 요약

본 논문에서는 보다 많은 이용자들에게 약 10 미터 이내의 오차로 정확한 위치를 측정할 수 있는 DGPS 서비스를 제공하기 위하여 저가의 상용 C/A 코드 GPS 모듈 두 대와 모뎀을 이용한 DGPS 위치측정 시스템을 구성하고 이의 효율적인 운용기술을 제안한다. 제안한 DGPS 위치측정 시스템은 기준국과 이용자 각기 GPS 모듈 1 대와 모뎀만으로 구성할 수 있어 매우 저렴한 가격으로 용이하게 구성할 수 있고, 기준국은 매 주기가 다 수신계획을 세우고 한 주기에 여러 종류의 위성 세트 (set)에 대한 보정정보를 제공한다. 더욱기 RLSLF (Recursive Least Squares Lattice Filter)를 통하여 이용자가 계속적으로 보정정보를 이용할 수 있도록 효율적으로 운용하므로써 이용자가 DGPS 방법을 이용하여 거의 실시간으로 약 10 미터 이내의 오차로 위치를 측정할 수 있도록 한다.

### Abstract

In this paper, we suggest the implementation of a DGPS system using two low cost commercial C/A code GPS modules and modems and its efficient operational techniques to provide DGPS service which guarantees the position accuracy of better than 10 meters for more users. The proposed DGPS system can be implemented easily at low cost because it needs a GPS module and a modem for each reference station and user. The reference station makes plans of the receiving schedule from the satellite set at each period and then provides the correction data for various satellite sets in a period. The main contribution of this paper is that users can utilize the correction data continuously and efficiently through the recursive least squares lattice filtering method. Experimental results show the position accuracy of better than 10 meters using the suggested DGPS system in almost real time.

\* 韓國標準科學研究院 電磁氣研究部  
(Korea Research Institute of Standards and Science, Division of Eletromagnetic Metrology)  
\*\* 國民大學校 電子工學科

(Department of Electronics Engineering, Kook-Min University)  
接受日字: 1995年9月7日, 수정완료일: 1995年10月10日

I. 서 론

GPS (Global Positioning System)는 미국에 의해 개발되어 전 세계적으로 이용되고 있는 위성항법 시스템으로, 현재 운용중인 24 개의 GPS 위성들은 시스템 제어국이 군사적인 목적에 의해 위치측정 정확도를 고의로 저하시키는 S/A (Selective Availability)로 인하여 약 100 미터 정도의 정확도로 위치측정이 가능하다. S/A에 의한 위치측정오차는 위성궤도정보의 조작 및 위성탑재시계의 주파수 흔들림 (dithering) 등으로 인하여 발생된다. S/A에 의한 오차와 마찬가지로 모든 이용자에게 공통적인 전리층이나 대류권에서의 전파지연에 의한 오차 등도 정확한 위치를 알고 있는 기준국에서 위성신호를 분석하여 이용자들에게 보정정보를 제공하므로써 제거될 수 있는데 이를 DGPS (Differential GPS) 기술이라 한다<sup>1,2)</sup>. DGPS 기술을 이용하여 측정할 경우 약 10 미터의 오차를 갖는 고정밀정확한 위치측정값을 얻을 수 있다. 이용자는 기준국에서 제공한 의사거리오차 (pseudorange error) 또는 위치측정오차를 이용하여 측정값을 보정함으로써 보다 정확한 항법해를 계산할 수 있다.

미국 등의 선진국에서는 약 10 미터 이내의 정확도를 갖는 위치측정 시스템을 구현하기 위하여 WADGPS (Wide Area Differential GPS)<sup>13)</sup>와 같은 시스템을 구성하고, 보정정보를 전송하기 위한 데이터 망이나 전파경로 문제를 해결하기 위하여 RDS (Radio Data System) 등을 이용하는 방법이 실현중에 있다<sup>14)</sup>. 국내에서는 고가의 측량 및 측지용 GPS 수신기를 이용하여 고정밀정확한 측정이 가능하게 되었지만<sup>15)</sup>, 가격이 비싼 이유 때문에 정확한 측량 및 측지 등의 목적을 가진 이용자를 제외한 일반 이용자들이 사용하기에는 어려움이 있다. 따라서, 본 논문에서는 보다 많은 이용자들에게 약 10 미터 이내의 오차로 정확한 위치를 측정할 수 있는 DGPS 서비스를 제공하기 위하여 기준국과 이용자 각기 C/A 코드를 이용한 저가의 (현재 약 100만원정도) 상용 GPS 모듈 1 대와 모뎀을 이용한 DGPS 위치측정 시스템과 RLSLF를 이용한 효율적인 시스템 운용기술을 제안하고 위치측정 실험결과의 유효성을 보인다.

II. DGPS 기술을 이용한 위치측정 원리

DGPS 기술을 이용한 위치측정 방법의 개념은 그림

1과 같다. 이는 정확한 위치를 알고 있는 기준국에 GPS 수신기를 설치하고 GPS 위성신호의 오차를 측정하여 이를 이용자에게 전송함으로써 이용자가 수신된 보정정보로 측정값을 보정하여 보다 정확한 항법해를 구할 수 있도록 하는 기술이다. DGPS 기술을 이용한 위치측정 방법은 보정방법에 따라 다음과 같이 3가지 방법으로 구분될 수 있다<sup>11)</sup>.

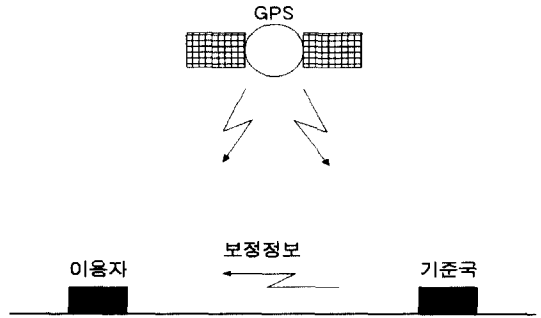


그림 1. DGPS 기술을 이용한 위치측정 개념  
Fig. 1. The concept of positioning using DGPS techniques.

첫번째 방법 (DGPS-A 방법)은 정확한 위치를 알고 있는 기준국에 수신기를 설치하고, 직교 좌표계로 측정된 위치와 기준국의 실제위치와의 위치측정오차  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  데이터를 이용자에게 전송하는 방법으로 기준국과 이용자는 같은 위성 세트를 선택하여야 한다.

두번째 방법 (DGPS-B 방법)은 기준국에서 수신 가능한 모든 GPS 위성들에 대한 의사거리를 측정하여 이들의 의사거리 보정값을 이용자에게 제공한다. 보정정보는 일반적으로 RTCM SC-104 (Radio Technical Commission for Maritime service Special Committee - 104) 데이터 포맷 (format)으로 전송된다. 이용자는 기준국에서 전송된 의사거리오차로써 이용자 수신기에서 측정된 의사거리를 보정하여 정확한 위치를 계산할 수 있다.

세번째 방법 (DGPS-C 방법)은 기준국에서 모든 위성들의 의사거리 보정값을 GPS 위성과 동일한 주파수와 데이터 포맷으로 전송한다. 이용자는 의사위성 (pseudo satellite)의 역할을 하는 기준국으로부터 제공되는 보정정보를 GPS 위성의 항법정보와 같이 처리하여 항법해를 구한다. 이 기술은 3 개의 위성이 수신될 때에도 위치측정이 가능하며 VDOP (Vertical

Dilution Of Precision)가 개선되는 장점이 있다.

위의 세가지 방법들은 기준국과 이용자사이의 데이터망이 필요하고, 통신시 발생하는 전파경로 문제 등의 제약을 갖는다.

### III. DGPS 기술을 이용한 위치측정 시스템의 구성 및 운용기술

본 논문에서는 기준국과 이용자가 각각 1 대의 C/A 코드를 사용하는 상용 GPS 모듈과 모뎀을 이용하여 DGPS 위치측정 시스템을 구성하였다<sup>16)</sup>. 본 시스템은 기준국과 이용자 모두 보정정보를 송수신하는데 필요한 데이터망과 통신장비를 이미 구축되어 있는 유·무선 전화망과 대부분의 이용자들에게 보급되어 있는 모뎀을 이용하여 구성하므로써 매우 낮은 가격으로 DGPS 위치측정 시스템의 구현이 가능하였다. 그림 2는 DGPS 시스템의 구성도를 보여준다.

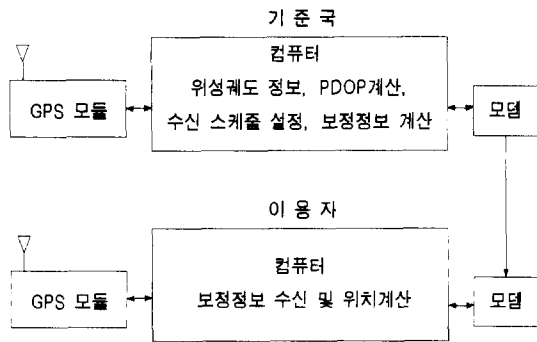


그림 2. 제안한 DGPS 위치측정 시스템의 구성도  
Fig. 2. The block diagram of the suggested DGPS system.

본 논문에서 구성한 DGPS 위치측정 시스템은 II절에서 언급한 DGPS 방법들중 DGPS-A 방법을 사용하였다. 따라서, 이용자는 식 (1)과 같이 위치측정을 할 수 있다.

$$p_k = u_k - c_k \quad (1)$$

여기서,  $u_k$ 는 이용자가 GPS 모듈 자체를 이용하여 계산한 위치측정값  $[x_u, y_u, z_u]^T$ 를 나타내고,  $c_k$ 는 기준국으로부터 전송된 보정정보  $[\Delta x, \Delta y, \Delta z]^T$ 이며,  $p_k$ 는 DGPS 기술을 이용하여 보정된 위치측정값  $[x_c, y_c, z_c]^T$ 를 나타낸다. 또한 k는 보정시각을

나타낸다.

이 방법은 기준국과 이용자가 동일한 위성 세트를 이용하여 위치측정을 해야 하므로 보다 많은 이용자에게 서비스를 제공하기 위해서는 기준국에서 최대한 많은 종류의 위성 세트에 대한 보정정보를 제공하여야 한다. 만약 기준국이 한가지의 위성 세트에 대한 보정정보만을 제공한다면, 고층 건물이나 산악지형 등으로 인하여 일부 이용자들은 기준국에서 수신하고 있는 위성 세트와 다른 위성 세트를 이용하여 측정할 수도 있기 때문에 이러한 이용자들의 경우에는 기준국에서 제공하는 보정정보가 유효하지 않으므로 DGPS 서비스를 이용할 수 없게 된다. 따라서, 기준국은 이용자가 수신할 수 있는 총 위성 세트들 갯수만큼의 GPS 모듈들로 구성되어, 각기 다른 위성 세트에 대한 보정정보를 해당 GPS 모듈을 통해 제공하여야 하지만, 이는 기준국이 여러 개의 GPS 모듈을 보유해야 하므로 기준국 설치 비용이 증가하게 된다. 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 다음과 같이 기준국과 이용자가 각각 GPS 모듈 1 대만을 이용하여 DGPS 위치측정 시스템을 운용할 수 있는 효율적인 방법을 제안한다.

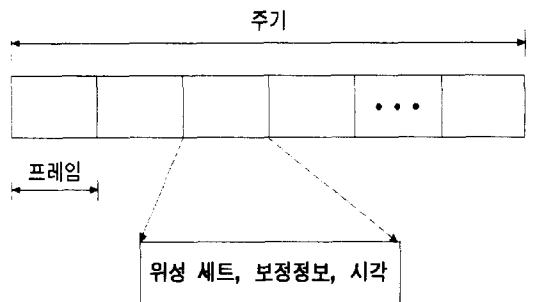


그림 3. 기준국에서 전송하는 보정정보의 데이터 포맷

Fig. 3. The format of correction data sent from the reference station.

먼저, 기준국은 산이나 고층 건물로 인하여 GPS 위성신호를 방해받지 않는 곳에 설치하여 이용자들이 수신 가능한 모든 GPS 위성신호를 수신할 수 있도록 한다. 또한, GPS 위성들의 궤도정보를 분석하여 현재 이용자들이 수신할 수 있는 모든 위성 세트를 계산하고 위성 세트에 대한 수신계획을 세운다. 수신계획은 일정한 시간을 주기로 세워지며, 한 주기에는 여러개의 시간 프레임 (frame)을 두어 각 프레임마다 서로 다

른 위성 세트에 대한 보정정보를 제공하므로써 기준국이 GPS 모듈 1 대만을 이용하여 대부분의 이용자에게 DGPS 서비스를 제공할 수 있도록 하였다. 그림 3은 기준국에서 전송하는 보정정보의 데이터 포맷을 보여 준다.

이용자는 위치측정시 모델을 통해 기준국에 접속하여 해당하는 위성 세트에 대한 보정정보를 수신하므로써 DGPS 기술을 이용한 고정밀정확한 위치측정을 할 수 있다. 이때, 이용자는 한 주기에 한 프레임에 해당하는 시간동안에만 자신이 수신하고 있는 위성 세트와 동일한 위성 세트에 대한 보정정보를 제공받을 수 있게 되어 다소 비효율적일 수 있지만, 이용자가 원하는 위성 세트에 대한 보정정보를 모델링하여 사용하므로써 계속해서 보정정보를 받을 수 있도록 하였다. 그림 4는 이용자가 보정정보 모델링을 통하여 위치측정하는 방법을 보여준다. 가는 점선은 이용자가 기준국과 같은 위성 세트를 이용하여 위치측정하는 경우의 데이터 흐름을 나타내며, 기준국으로부터 모델을 통해 전송된 데이터가 위치계산시 보정정보로 사용되며 동시에 보정정보 모델을 결정한다. 굵은 점선은 이용자가 기준국과 다른 위성 세트를 이용하여 위치측정하고 있는 경우의 데이터 흐름을 나타내며, 보정정보 모델과 이용자의 수신기에서 측정된 값을 이용하여 계산된 보정정보를 위치측정에 사용하게 된다. 한편, 실선은 앞의 두가지 경우 모두에 해당하는 데이터 흐름을 나타낸다.

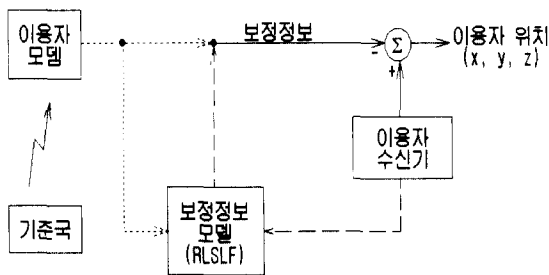


그림 4. 보정정보 모델링을 통한 위치측정 방법의 구성도

Fig. 4. The block diagram of positioning method through data correction modelling.

#### IV. RLSLF를 이용한 보정정보 모델링

본 논문에서는 위와 같이 운용되는 DGPS 시스템에

서 이용자가 계속적으로 보정정보를 이용할 수 있도록 하기 위하여, AR (Auto Regressive) 모델로 보정정보를 모델링하여 사용하였다. AR 모델은 MA (Moving Average) 모델이나 ARMA (Auto Regressive Moving Average) 모델에 비하여 계산이 간단하고 또한, AR 모델은 선형 예측론 (linear prediction)에 쉽게 적용이 가능하다. 이의 계수를 구하기 위하여 계산상 효율적이고 AR 모델에 대하여 안정성을 보장할 수 있는 lattice 필터링 방법을 이용하였다<sup>17,81</sup>. 특히, lattice 필터링 방법중에서도 round-off 오차에 민감하지 않고, 계수를 찾는 속도가 빠른 RLSLF를 이용하였다<sup>9,101</sup>.

RLSLF는 다음과 같은 과정을 통하여 보정정보를 계산한다. 먼저, (k+1)번째 시각의 보정정보를 계산하기 위하여 기준국에서 보정정보를 제공하는 경우와 기준국에서 보정정보를 제공하지 않는 경우에 대한 RLSLF의 입력  $y_k$ 를 각각  $\Delta c_k$ 와  $\Delta u_k$ 로 식 (2)와 같이 정의한다.

$$y_k = \begin{cases} \Delta c_k = c_k - c_{k-1} \\ \Delta u_k = u_k - u_{k-1} \end{cases} \quad (2)$$

여기서,  $\Delta c_k$ 는 기준국이 이용자와 동일한 위성 세트를 이용하여 보정정보를 제공할 경우에 해당하는 RLSLF의 입력으로서, 기준국에서 제공하는 보정값  $c_k$ 와 그 이전의 보정값  $c_{k-1}$ 과의 차이이다. 또한,  $\Delta u_k$ 는 기준국이 이용자가 수신하고 있는 위성 세트와 다른 위성 세트를 이용하여 보정정보를 제공할 경우에 해당하는 RLSLF의 입력으로서, 기준국으로부터 보정정보를 제공받을 수 없으므로 이용자는 자신이 측정된 위치측정값  $u_k$ 와 그 이전의 측정값  $u_{k-1}$ 과의 차이를 RLSLF의 입력으로 한다. 편의상 RLSLF에 사용되는 기호를 먼저 다음과 같이 정의한다. 여기서, 굵은체의 소문자 기호는 벡터를 의미하고, p는 lattice 필터의 단수 (stage number)를 나타낸다.

- $\epsilon_{p,k}$  순방향의 예측오차 (forward prediction errors)
- $\gamma_{p,k-1}$  역방향의 예측오차 (backward prediction errors)
- $R_{p,k}^e$  순방향의 오차에 대한 공분산 (covariance of forward errors)

- $R_{p,k-1}^Y$  역방향의 오차에 대한 공분산 (covariance of backward errors)
- $\gamma_{p,k}^c$  likelihood variable
- $K_{p,k}^e$  순방향의 반사계수 (forward reflection coefficients)
- $K_{p,k}^Y$  역방향의 반사계수 (backward reflection coefficients)
- $\Delta_{p,k}$  부분상관계수 (sample partial correlation coefficients)

식 (3) ~ 식 (5)는 k번째 시각에서의 RLSLF의 초기화 과정을 나타내며, 그림 5는 RLSLF의 구조를 보여준다<sup>[9]</sup>.

$$\epsilon_{0,k} = \gamma_{0,k} = y_k \quad (3)$$

$$R_{0,k}^e = R_{0,k}^Y = R_{0,k-1}^e + y_k y_k^T \quad (4)$$

$$\gamma_{-1,k}^c = 1 \quad (5)$$

위와 같이 초기화된 RLSLF는 식 (7) ~ 식 (14)에 나타난 계산과정을 식 (6)에서 결정된 횟수동안 반복 수행하여 보정정보를 계산한다.

$$\begin{cases} 0 \leq p \leq k-1 & , & k \leq N_{\max} \\ 0 \leq p \leq N_{\max} - 1 & , & k > N_{\max} \end{cases} \quad (6)$$

여기서,  $N_{\max}$ 는 필터의 최대 차수를 나타낸다.

$$\Delta_{p+1,k} = \Delta_{p+1,k-1} + \epsilon_{p,k} \gamma_{p,k-1}^T / \gamma_{p-1,k-1}^c \quad (7)$$

$$\gamma_{p,k}^c = \gamma_{p-1,k}^c - \gamma_{p,k}^T [R_{p,k}^Y]^{-1} \gamma_{p,k} \quad (8)$$

$$K_{p+1,k}^Y = \Delta_{p+1,k} [R_{p,k-1}^Y]^{-1} \quad (9)$$

$$\epsilon_{p+1,k} = \epsilon_{p,k} - K_{p+1,k}^Y \gamma_{p,k-1} \quad (10)$$

$$R_{p+1,k}^e = R_{p,k}^e - K_{p+1,k}^e \Delta_{p+1,k}^T \quad (11)$$

$$K_{p+1,k}^e = [R_{p,k}^e]^{-1} \Delta_{p+1,k} \quad (12)$$

$$\gamma_{p+1,k} = \gamma_{p,k-1} - [K_{p+1,k}^e]^T \epsilon_{p,k} \quad (13)$$

$$R_{p+1,k}^Y = R_{p,k-1}^Y - \Delta_{p+1,k}^T K_{p+1,k}^e \quad (14)$$

위와 같이 구성된 필터에서 모델의 차수  $N_{model}$ 은 식 (15)를 만족시키는 p의 값으로 결정할 수 있다<sup>[11]</sup>.

$$\min_{p < N_{\max}} \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left( \frac{\|\epsilon_{p,i}\|_2}{\gamma_{p-1,i-1}^c} \right)^2 \quad (15)$$

식 (15)로부터 모델의 차수가 결정되면 보정정보는 다음과 같이 구할 수 있다<sup>[12]</sup>.

$$c_{k+1} = \sum_{p=1}^{N_{model}} K_{p,k}^Y \gamma_{p-1,k} + c_k \quad (16)$$

이렇게 구해진 보정정보 ( $c_{k+1}$ )는 기준국이 제공하고 있는 보정정보가 이용자가 선택하고 있는 위성 세트에 대한 보정정보가 아니더라도 이용자가 이를 이용할 수 있도록 하여, 기준국이 상용 GPS 모듈 1 대만으로도 대부분의 이용자들에게 거의 실시간으로 DGPS 서비스를 제공할 수 있도록 한다.

### V. 제안된 DGPS 위치측정 시스템을 이용한 위치측정 실험

앞서 제안한 DGPS 시스템을 이용하여 위치측정 실험

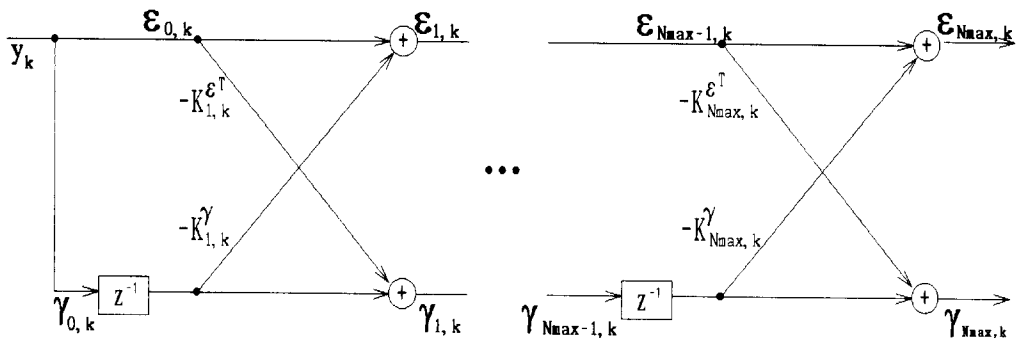


그림 5. RLSLF의 구조  
Fig. 5. The structure of RLSLF.

험을 하였다. 이미 정확한 위치를 알고 있는 두 지점을 기준국과 이용자로 설정하여 실험하므로써 정확한 위치측정오차를 구할 수 있었다. 두 지점은 한국표준과학연구원 천문대의 GPS 측지 기준점을 기준으로 측량용 GPS 수신기를 이용하여 고정밀정확하게 측정된 지점이다. 기준국 및 이용자의 GPS 수신기는 Trimble사의 6 채널 C/A 코드 모듈을 사용하였고<sup>[13]</sup>, WGS-84 좌표계를 기준 좌표계로하여 1 초마다 보정정보를 계산하였다.

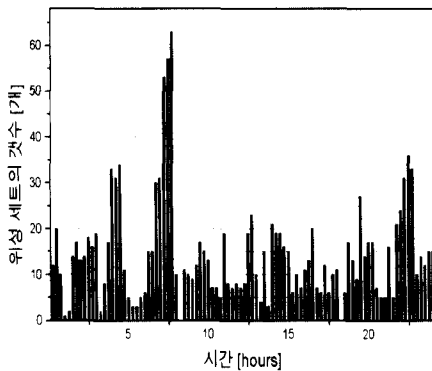


그림 6. 하루동안의 PDOP가 6 이하인 위성 세트의 갯수

Fig. 6. The number of satellite sets below PDOP 6 for 24 hours.

위성 세트 수신계획의 주기와 프레임의 시간을 결정하기 위하여 하루동안 이용자가 수신가능하면서 PDOP (Position Dilution Of Precision)가 6 이하인 위성 세트의 수를 그림 6에 나타내었다. 그림 6에 보인 바와 같이 일반적으로 이용자가 수신할 수 있는 위성 세트의 수는 PDOP가 6 이하인 경우 대략 25 개 이하이다. 따라서, 본 논문에서는 한 프레임의 시간을 기준국의 수신기를 제어하는 등의 시간을 고려하여 5 초로 하고, 25 종류의 위성 세트에 대한 보정정보를 제공하여 주기를 125 초로 하였다.

필터의 최대 차수 ( $N_{max}$ )를 결정하기 위하여 필터의 최대 차수를 변화시키면서 실제 보정정보와 계산된 보정정보의 거리오차 ( $\|c_{k+1} - \hat{c}_{k+1}\|_2$ )를 구하여 그림 7에 나타내었다.

차수가 증가하면서 오차가 감소하지만 5차 이상에서

는 오차가 감소하는 폭이 매우 적어지므로 필터의 최대 차수를 5로 결정하였다. 실제 보정정보 계산시 보정정보 모델의 차수 ( $N_{model}$ )는 대략 2 ~ 4 정도로 보정정보의 모델을 구할 수 있었다.

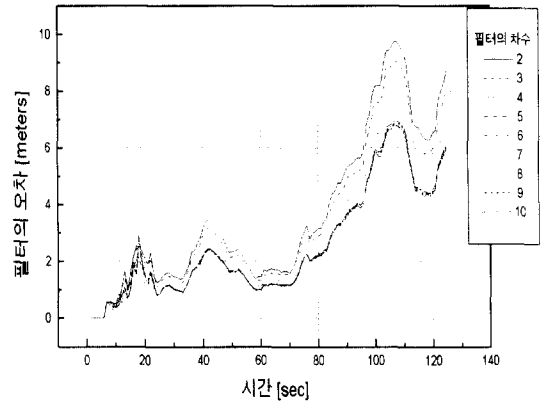


그림 7. RLSLF의 최대 차수에 따른 필터의 오차

Fig. 7. The residuals of the estimation corresponding to the variation of maximum order of RLSLF.

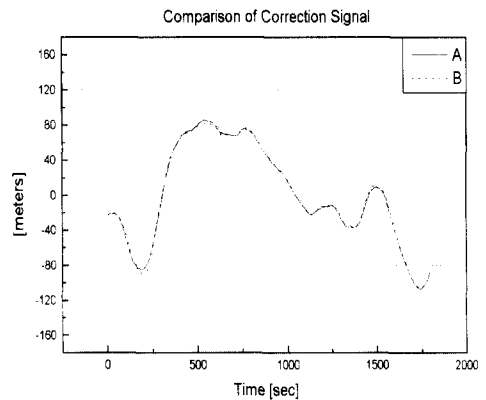


그림 8. x축의 경우 실제 보정정보와 RLSLF를 이용하여 계산된 보정정보값의 변화량 (A) 실제 보정정보 (B) RLSLF를 이용하여 계산된 보정정보

Fig. 8. Comparison of correction data between real and estimated using RLSLF in x direction. (A) Real correction data (B) Estimated correction data using RLSLF.

그림 8은 x축의 경우 실제 보정정보와 본 논문에서 제안한 RLSLF를 이용하여 계산된 보정정보값의 변화량을 보여준다. y축과 z축의 경우는 x축에 대한 결과와 별 차이가 없으므로 편의상 생략하였다.

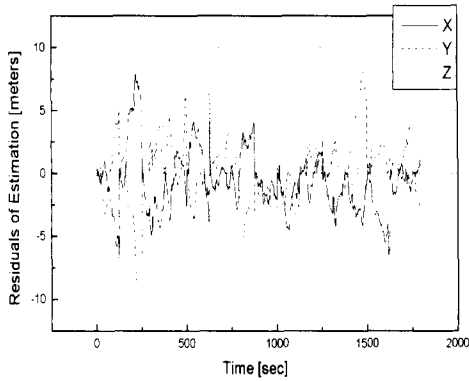


그림 9. RLSLF를 이용하여 계산된 30 분동안의 보정정보의 오차  
 Fig. 9. The residuals of the estimated correction data using RLSLF for 30 minutes.

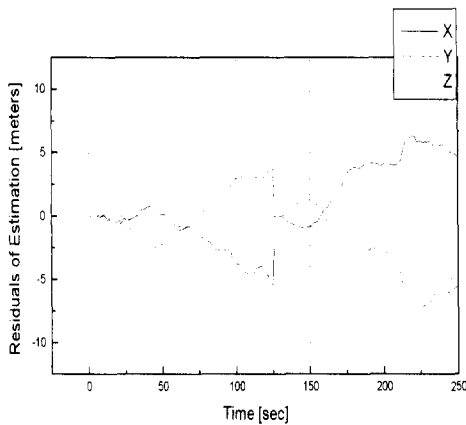


그림 10. RLSLF를 이용하여 계산된 두 주기동안의 보정정보 오차  
 Fig. 10. The residuals of the estimated correction data using RLSLF for 2 periods.

그림 9는 각 축에 대한 실제 보정정보와 제안한 방법으로 계산한 보정정보와의 차이를 보여주며, 그림 10은 그림 9의 두 주기만을 확대하여 보인 것이다. 처

음 5 초 동안 이용자는 기준국에서 전송된 실제 보정정보를 사용하므로 오차가 없고, 그 이후 120 초 동안은 RLSLF로 계산된 보정정보와 실제 보정정보와의 오차가 조금씩 증가하지만 다시 다음 주기의 처음 5 초동안에는 오차가 없는 정확한 보정정보를 사용하게 됨을 볼 수 있다. 제안한 방법으로 계산된 보정정보가 실제 보정정보와 대략 5 미터 이내의 오차로 정확히 계산되어 제안한 방법으로 계산된 보정정보가 실제 보정정보를 대신하여 사용될 수 있음을 알 수 있다.

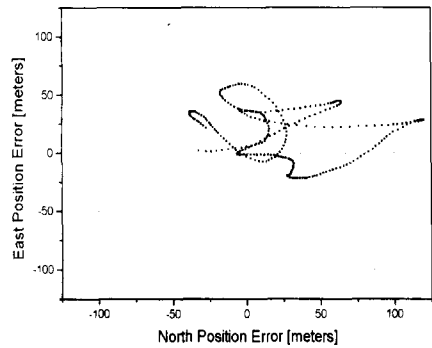


그림 11. GPS 모듈을 이용한 30분간의 위치측정 오차  
 Fig. 11. Position error using a GPS module for 30 minutes.

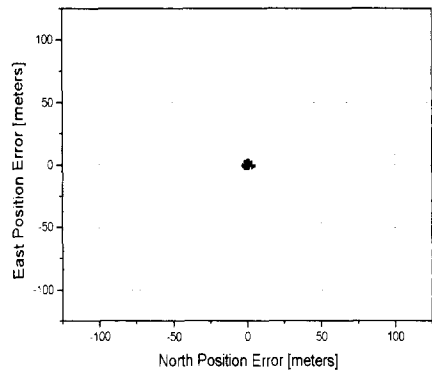


그림 12. 제안된 DGPS 위치측정 시스템을 이용하여 측정된 30분간의 위치측정오차.  
 Fig. 12. Position error using the proposed DGPS positioning system for 30 minutes.

그림 11은 일반 상용 C/A 코드 GPS 모듈을 이용

VI. 결 론

하여 30 분간 측정된 위치측정오차이다. 위성으로부터 전송되는 궤도정보의 상태 및 위성시계의 오차 등으로 인하여 약 100 미터 정도의 오차를 보여준다. 그림 12 는 제안한 DGPS 위치측정 시스템을 이용하여 30 분간 측정된 위치측정오차이다. 기준국과 이용자에게 공통적인 위치측정 오차요소를 DGPS 기술을 이용하여 제거함으로써 GPS 모듈만을 이용하여 측정된 오차보다 1/10 이하로 감소한 것을 볼 수 있다.

그림 13은 편의상 그림 12의 x축에 해당하는 오차를 기준국이 이용자와 동일한 위성 세트에 대한 보정정보를 계속하여 제공하는 일반적인 DGPS 기술을 이용한 경우 (A)와 기준국은 주기적으로 위성 세트를 변화시키면서 보정정보를 제공하고 이용자는 자신에게 해당되지 않는 보정정보가 제공되는 경우에는 RLSLF를 이용하여 보정정보를 계산하는 본 논문에서 제안한 방법으로 측정된 경우 (B)에 대하여 30 분간 매초 위치측정된 결과를 비교한 것이다. y축과 z축의 경우는 x축에 대한 결과와 별 차이가 없으므로 편의상 생략하였다. 본 논문에서 제안한 방법이 보정정보를 계속하여 제공하는 일반적인 DGPS 기술을 이용한 경우 (A)와 마찬가지로 10 미터 이내의 오차로 정확한 위치측정이 가능함을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 보다 많은 이용자들에게 약 10 미터 이내의 오차로 정확한 위치를 측정할 수 있는 DGPS 서비스를 제공하기 위하여 저가의 상용 C/A 코드 GPS 모듈과 모뎀을 이용한 DGPS 위치측정 시스템과 이의 효율적인 운용기술을 제안하였다. 제안한 DGPS 위치측정 시스템은 기준국과 이용자 모두 상용 C/A 코드 GPS 모듈 1 대와 모뎀만으로 구성할 수 있어 매우 저렴한 가격으로 용이하게 구성할 수 있다. 하지만, 기준국에서 한 위성 세트에 대한 보정정보만을 제공할 경우 고층빌딩이나 지형상의 이유로 기준국에서 수신하고 있는 위성 세트와 다른 위성 세트로 측정하고 있는 이용자가 DGPS 서비스를 받을 수 없게 되는 문제점이 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 기준국이 매 주기마다 수신계획을 세우고 한 주기에 25 종류의 위성 세트에 대한 보정정보를 제공할 수 있게 하며, 이용자가 기준국에서 사용한 위성 세트와 다른 위성 세트를 택할 경우 RLSLF를 통하여 계속적으로 보정정보를 이용할 수 있도록 DGPS 시스템을 효율적으로 운용하여 거의 실시간으로 약 10 미터이내의 오차를 갖는 위치측정이 가능하도록 하였다.

참 고 문 헌

[1] J. Beser, B.W. Parkinson, "The application of NAVSTAR differential GPS in the civilian community," NAVIGATION, Journal of The Institute of Navigation, vol. 29, no. 2, pp. 107-133, 1982.

[2] P.T. Stewart, W.M. Hoover, C.R. Johnson, "Differential GPS navigation," IEEE Position Location and Navigation Symp., pp. 9-16, 1980.

[3] C. Kee, B.W. Parkinson, P. Axelrad, "Wide area differential GPS," NAVIGATION, Journal of The Institute of Navigation, vol. 38, no. 2, pp. 123-145, 1991.

[4] L. Weber, A. Tiwari, "Performance of a FM sub-carrier (RDS) based DGPS system," Proceedings of the ION GPS-93, pp. 1285-1292, 1993.

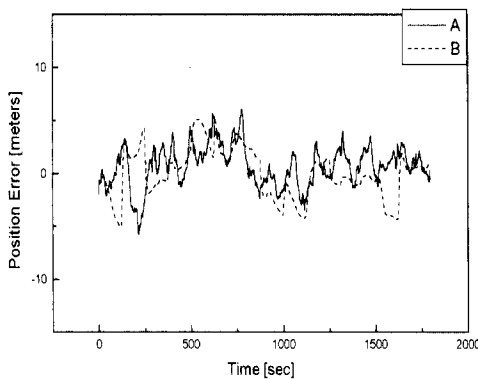


그림 13. x축에 대한 위치측정오차 비교  
 (A)일반적인 DGPS 기술을 이용한 경우  
 (B)제안된 방법을 이용한 경우  
 Fig. 13. Comparison of position error in x direction.  
 (A)case of using the general DGPS techniques.  
 (B)case of using the proposed techniques.



- [5] 박필호, 한인우, 김천취, 강준목, "GPS 측지기준점 설정에 관한 연구," 한국측지학회지, vol. 9, no. 1, pp. 37-45, 1991
- [6] 이창복, 안준석, 주세철, 김기두, "저가의 GPS 모듈에 DGPS 기술을 이용한 위치측정 정확도 개선에 관한 연구," 한국측지학회지, vol. 12, no. 2, pp. 155-161, 1994
- [7] J. Makhoul, "Linear prediction: A tutorial review," Proceedings of the IEEE, vol. 63, no. 4, pp. 561-580, 1975.
- [8] J. Makhoul, "Stable and efficient lattice methods for linear prediction," IEEE Trans. Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-25, no. 5, pp. 423-428, 1977.
- [9] B. Friedlander, "Lattice filters for adaptive processing," Proceedings of the IEEE, vol. 70, no. 8, pp. 829-867, 1982.
- [10] D.T.L. Lee, M. Morf, B. Friedlander, "Recursive least squares ladder estimation algorithms," IEEE Trans. Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-29, no. 3, pp. 627-641, 1981.
- [11] M. Wax, "Order selection for AR models by predictive least squares," IEEE Trans. Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-36, no. 4, pp. 581-588, 1988.
- [12] G.C. Goodwin, K.S. Sin, "Adaptive filtering, prediction and control," Prentice-Hall, pp. 290, 1983.
- [13] *SVEE Six 6-channel GPS sensor specification and user's manual*, Trimble navigation limited, November 1992.

— 저 자 소 개 —

**李昌福(正會員)**

1956年 12月 9日生. 1980年 2月 서강대학교 전자공학과(공학사). 1982年 2月 서강대학교 대학원 전자공학과(공학 석사). 1994年 8月 서강대학교 대학원 전자공학과(공학 박사). 1982年 4月 ~ 현재 한국표준과학연구원(KRISS) 電磁氣研究部 책임 연구원. 주관심 분야는 위성 이용 고정밀 시각동기, 위치 측정, 고주파 회로 설계 등임.

**金基斗(正會員)**

1957年 12月 17日生. 1980年 2月 서강대학교 전자공학과 졸업(학사). 1988年 8月 The Pennsylvania State University 전자공학과 석사 학위 취득. 1990年 12월 The Pennsylvania State University 전자공학과 박사 학위 취득. 1980年 3月 ~ 1985年 12月 국방과학연구소 연구원. 1991年 2月 ~ 현재 국민대학교 전자공학과 부교수. 주관심 분야는 디지털 신호처리 및 디지털 통신 등임.

**朱世哲(準會員)**

1971年 2月 3日生. 1994年 2月 국민대학교 전자공학과 졸업(학사). 1994年 3月 ~ 현재 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정. 주관심 분야는 디지털 신호처리, 적응 신호처리, GPS 응용 시스템 등임.

**金榮範(正會員) 第27卷 第4號 參照**

현재 한국표준과학연구원 (KRISS)  
電磁氣研究部