

## 이동전화와 인터넷을 이용한 DGPS 보정항법 시스템

고 선 준, 원 종 훈, 박헌준, 이 자 성  
아주대학교 전자공학과

### Realization of DGPS using Mobile Phone and Internet

Sun-Jun Ko, Jong-Hoon Won, Hun-Joon Park, Ja-Sung Lee  
School of Electronics Engineering, Ajou University

**Abstract** - This paper presents a practical method of realizing Differential GPS(DGPS) using an effective communication link. The DGPS technique is used to correct user's pseudorange measurements with transmitted correction data from the reference station. An effective communication system is the key element for successful application of the DGPS. In this paper, a practical method for efficient data communication link for DGPS using mobile phone and TCP/IP protocol is presented. Its performance is verified via field test.

나타낸다.

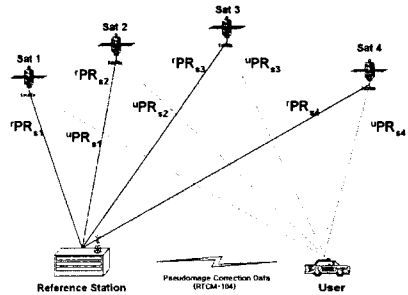


그림 1. DGPS 원리  
Fig. 1. Principle of DGPS

## 1. 서 론

일반적으로 Stand-alone Global Positioning System (GPS)를 이용한 항법시스템은 수십미터정도의 측위오차를 보인다. DGPS는 정확한 위치를 알고있는 기준국으로부터 산출된 의사거리 오차정보를 사용자에게 통신매체를 통해 전달하여 사용자의 위치를 보정하는 기법으로서, 효율적인 통신매체사용이 반드시 필요하며, 일반적으로 무선모뎀을 사용하고 있다. 이러한 통신방법은 전용통신망을 이용하므로, 범용적 활용이 어렵고, 추가적 통신장비가 요구되며, 유한자원인 주파수할당에 대한 문제점을 지니고 있다. 또한 폰사업자가 제공하고 있는 문자전송 서비스(SMS)를 이용한 차량관제시스템이 제시되었으나, 음성신호가 우선되는 점과 데이터 패킷의 여유공간 부족으로 인하여 DGPS와 같은 보정항법 시스템 구현에 어려움이 있다.

본 논문에서는 효율적인 통신방식을 적용한 DGPS 항법시스템을 제시한다. 즉, 보편화된 이동전화와 TCP/IP 통신기법을 활용, 보정데이터를 송수신함으로써 개인 사용자도 제한없이 사용가능한 DGPS 보정항법시스템을 구현한다.

## 2. 본 론

### 2.1 DGPS

DGPS는 각 위성에 대한 의사거리와 실제거리의 차분을 통해 위성에 기인한 오차성분을 계산, 사용자에게 전송하여 위치 정확도를 개선하는 기법이다[1]. 여기서 기준국(reference station)은 정확한 측지점을 이용하여 실제거리를 계산하게 된다. 다음 그림은 DGPS의 개략적 원리를 나타낸다. 여기서  $x_r, y_r, z_r$ 은 기준국의 정확한 위치를,  $x_u, y_u, z_u$ 는 사용자의 측정된 위치를

각 위치에서 측정한 의사거리는 다음과 같다.

$$\text{기준국} : PR_r^i = R_r^i + c \cdot b_r + \nu_s^i + \nu_r^i \quad (1)$$

$$\text{사용자} : PR_u^i = R_u^i + c \cdot b_u + \nu_s^i + \nu_u^i \quad (2)$$

단,

$$R_r^i = \sqrt{(x_s^i - x_r)^2 + (y_s^i - y_r)^2 + (z_s^i - z_r)^2}$$

: 기준국과  $i$ 번째 위성간의 실제거리

$$R_u^i = \sqrt{(x_s^i - x_u)^2 + (y_s^i - y_u)^2 + (z_s^i - z_u)^2}$$

: 사용자와  $i$ 번째 위성간의 실제거리

$b_r, b_u$  : 기준국과 사용자의 수신기 시계오차

$\nu_s^i$  :  $i$ 번째 GPS위성에 기인한 의사거리오차

$\nu_r^i, \nu_u^i$  : 기준국과 사용자의 수신기오차

$c$  : 빛의 속도

$r$  : 기준국 식별자

$u$  : 사용자 식별자

여기서, 실제거리  $R^i$ 는 위성과 기준국의 위치로부터 정확히 계산가능하므로, 의사거리와의 차분을 통해 오차성분을 추정할 수 있으며, 이를 사용자의 의사거리 보정치로 이용하게 된다. 보정치 생성식은 다음과 같다.

$$\delta PR_r^i = PR_r^i - R_r^i - c \cdot \hat{b}_r = \nu_s^i + \nu_r^i \quad (3)$$

여기서,

$\delta PR_r^i$  :  $i$ 번째 위성에 대한 의사거리 보정치

$\hat{b}_r$  : 기준국 수신기 시계오차 추정치

(3)의 보정치를 이용한 사용자의 의사거리 보정식은 다음과 같다.

$$\hat{PR}(t) = PR_m(t) - [PRC(t_0) + \dot{PRC}(t_0) \cdot (t - t_0)] \quad (4)$$

단,

- $PR$  : 보정된 의사거리
- $PR_m$  : 사용자가 측정한 의사거리
- $PRC$  : 기준국에서 전송한 의사거리 보정치 ( $\delta PR_i$ )
- $\dot{PRC}$  : 기준국에서 전송한 의사거리보정치 변화율

### 2.2 제안된 DGPS 보정항법시스템

앞에서 언급한 DGPS 알고리즘은 기준국과 사용자간 통신이 반드시 필요하며, 이에 알맞는 효율적 통신기법 활용이 요구된다. 본 논문에서는 이동전화와 TCP/IP 통신기법의 유기적 결합을 통해 정확한 위치를 결정할 수 있는 DGPS 보정항법시스템을 실시간으로 구현하였다. 구현된 전체시스템 구성은 다음과 같다.

#### 2.2.1 전체 시스템 구성

다음 그림은 제안된 실시간 DGPS 구성도이다.

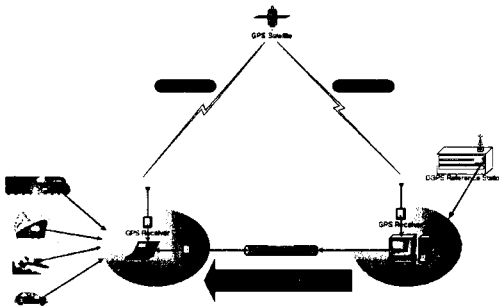


그림 2. 전체 시스템 구성도  
Fig. 2. System Structure

그림에서 보듯이, 기준국에서 생성된 보정데이터는 internet과 이동전화를 통해 이동국으로 전송되며, 이동국에서는 수신된 보정치를 이용하여 의사거리 측정치를 보정한다. 이와 같은 일련의 과정을 통해 이동국의 정확한 위치를 결정할 수 있으며, 보정데이터의 전송지연을 최소화함으로써, DGPS의 보정효과를 극대화할 수 있도록 구성하였다. 또한 최적화된 통신패킷을 구성함으로써, 통신효율을 높일 수 있도록 설계하였다. 다음은 본 논문에서 제시하는 통신패킷의 구성을 나타낸다. 그림에서 STX와 ETX는 전송패킷의 시작과 끝을 의미하고, Data Type은 패킷의 종류를 나타내는 부분으로 DGPS mode를 의미하는 'PD'로 표현하며, Data Length는 통신패킷의 크기를 나타낸다. 보정데이터는 위성번호, 의사거리보정치, 그리고 의사거리변화율 보정치로 구성된다.

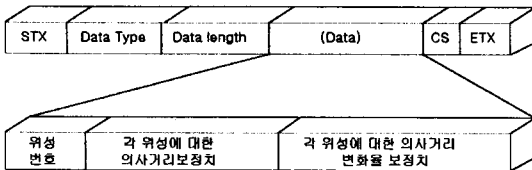


그림 3. 통신 패킷  
Fig. 3. Communication Packet

#### 2.2.2 이동국 시스템 구성

본 논문에서 설계된 DGPS 항법시스템은 이동전화의 데이터 통신서비스를 이용하여 이동통신 기지국 서버로 접속한 후, TCP/IP protocol을 사용하여 구현된 DGPS 기준국 서버와 접속한다. 접속이 이루어진 후에는 기준국으로부터 보정데이터를 수신, 보정과정을 수행한

다. 이러한 일련의 과정을 수행하기위하여 최적의 프로그램 설계가 요구되며, 본 논문에서는 windows와 PC를 기반으로 하는 프로그램을 설계하였다. 프로그램의 원활한 동작을 보장하기 위하여 각 모듈을 Thread로 작성하였으며, Class화합으로써 이식성을 높였다[2]. 또한 추가적인 모니터링 기능과 디지털 지도와의 인터페이스를 고려하였다. 프로그래밍 언어로는 Boland사의 C++ Builder를 사용하였으며, GPS수신기는 Trimble사의 4000Si 수신기를 이용하였다[3][4]. 다음 그림은 설계된 이동국용 client 프로그램 외형도를 나타낸다.

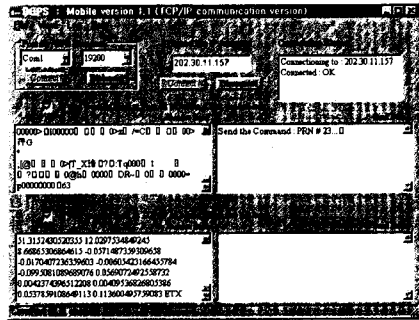


그림 4. 이동국용 client 프로그램 외형도  
Fig. 4. Client Program Layout

그림에서와 같이, GPS 수신기와 통신을 위하여 serial port를 설정한 다음, IP address 입력을 통해 server로 연결함으로써, DGPS 기준국으로부터 전송되는 보정데이터를 수신하게 되며, 각 상황은 모니터링을 통하여 직접 확인가능하므로, 관리자가 통신상의 오류에 쉽게 대처할 수 있도록 구성하였다. 또한 모니터 프로그램으로서의 역할을 수행할 수 있도록 data logging기능도 포함한다. 다음 그림은 설계된 이동국용 client 프로그램 구성도를 나타낸다.

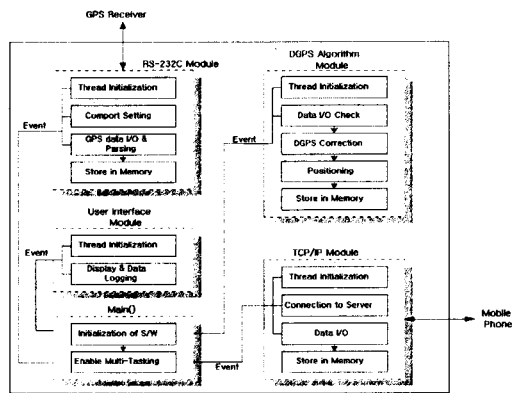


그림 5. 프로그램 구성도  
Fig. 5. Program Structure

#### 2.2.2 기준국 시스템 구성

기준국 시스템의 기능은 크게 GPS 수신기와 통신을 구성하여 GPS 데이터를 수신하는 부분, 보정데이터를 생성하는 알고리즘부분, 그리고 사용자에게 전송하는 부분으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 자체적으로 운영 가능한 DGPS 기준국을 구현하였으며, 기준국 기능을 수행하기 위한 기준국용 server 프로그램을 설계하였다. 다음은 기준국용 server 프로그램의 외형도를 나타낸다.

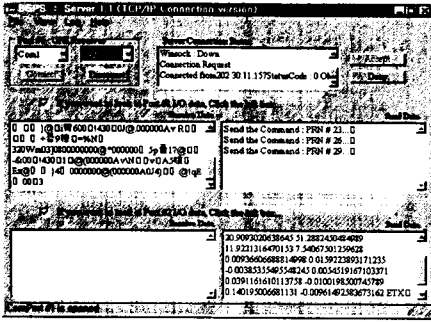


그림 6. 기준국용 server 프로그램 외형도  
Fig. 6. Server Program Layout

기준국 프로그램은 이동국용 프로그램과 일치된 형태를 취하므로, DGPS 보정치 생성 알고리즘과 TCP/IP 통신에서의 sever용 통신 module 설계만을 고려하였다. Server module에서는 listening 상태를 유지중에 client의 접속이 이루어지면 접속된 IP address로 보정치 데이터를 전송하는 역할을 담당한다. 본 논문에서 구현된 기준국의 IP address는 202.30.11.157이다.

보정치 생성 알고리즘은 식(3)으로 표현되며, 차분을 통해 산출된 의사거리보정치는 거친 특성을 보이게 되므로, 칼만필터(Kalman Filter)를 이용하여 필터링된 보정치를 전송하게 된다[1]. 이와 같은 과정을 통해 DGPS 기준국을 구현하였으며, 보정치 전송주기는 1Hz로 설정하였다.

## 2.2 실시간 실험결과

본 논문에서는 구현된 실시간 시스템을 이용하여 정적 실험과 동적실험을 수행하였다. 실험장비로는 기준국과 이동국에 사용된 GPS 수신기로 12채널로 구성된 Trimble사의 4000SSi 수신기를 사용하였으며, 이동전화는 PCS폰을 사용하였다. PCS폰에서 제공하는 데이터통신 서비스는 14.4Kbps이며, 일반적으로 8개의 위성에 대한 전송패킷의 크기가 200bytes 정도인 점과 위치추정치의 주기가 1Hz란 점을 고려할 때, 원활한 동작이 보장됨을 실험을 통해 확인하였다. 기준국은 아주대 원천관 옥상에 설치된 기준점을 사용하였으며, 기준점의 위치는 다음과 같다(ECEF 좌표계, meters).

X=-3060980.228, Y=4055667.753, Z=3842510.994

실험은 기준점으로부터 0.5m 떨어진 지점에서 수신기를 설치한 후, 약 1시간정도 측위결과를 저장하여 정적 실험을 수행하였으며, 동적실험은 측지실험을 통해 얻은 정확한 사각형의 궤적을 3번 왕복하여 궤적의 일치정도를 실험하였다. 그림 7은 정적실험시 추출된 6번 위성의 의사거리 보정치와 의사거리 변화율 보정치를 나타낸다. 그림에서 보듯이, S/A가 제거된 영향으로 30m 정도의 측정오차를 보이는데, 이는 전리층과 대류층에 의한 전파 지연오차가 bias 오차형태로 영향을 미친 것이라 생각된다. 그림 8은 DGPS 정적측위실험결과를 나타내며, 그림에서 확인할 수 있듯이, 공통오차성분의 제거를 통한 오차감소효과를 확인할 수 있으며, 정확도가 약 0.7m정도로 정밀한 측위결과를 나타내고 있다. 이는 DGPS에서 큰 오차로 작용하는 보정치 전송지연오차가 제안된 시스템에서는 거의 발생하지 않았음을 나타내며, 통신지연에 대한 실험결과 약 0.82초의 통신지연시간을 확인하였다. 그림 9는 제안된 DGPS 시스템의 동적실험결과를 나타낸다. 동적실험은 기준점으로부터 약 20m 떨어진 지점에서 수행하였으며, 결과에서 확인할 수 있듯이, 정확한 측지점을 통과하면서 왕복한 각 궤적의 일치정도가 높음을 확인하였다. 이로서, 높은 측위 정확도를 동적실험에서도 확인할 수 있다.

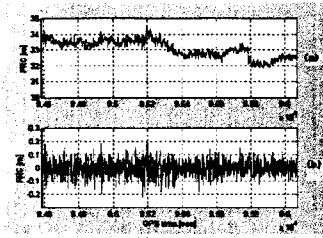


그림 7. (a) 의사거리 보정치  
(b) 의사거리 변화율 보정치  
Fig. 7. (a) The Pseudorange Correction Data  
(b) The Pseudorange-rate Correction Data

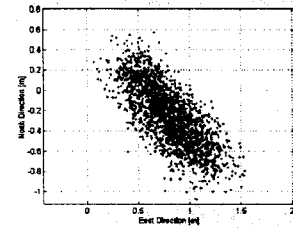


그림 8. 제안된 DGPS에 대한 정적측위실험  
Fig. 8. The Static Positioning Experiment with proposed DGPS

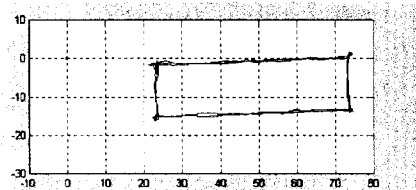


그림 9. 제안된 DGPS에 대한 동적측위실험  
Fig. 9. The Kinematic Positioning Experiment with proposed DGPS

## 3. 결론

본 논문은 이동전화와 인터넷의 결합을 통해 DGPS 항법시스템을 위한 새로운 통신기법을 제시하였으며, 구현된 실시간 시스템을 이용한 측위실험으로 정확도와 통신지연시간의 최소화를 확인하였다. 이를 통하여 DGPS를 위해 제안된 통신시스템의 효율성 및 적합성을 검증하였다. 따라서 이러한 통신기법을 활용하여 기존시스템의 단점을 극복함으로써, 정밀측위시스템과 개인항법시스템등에 활용이 기대되며, 구현된 DGPS 항법시스템을 활용하여 Intelligent Transportation System(ITS) 분야로의 광범위한 적용이 가능할 것으로 사료된다.

## [참고 문헌]

- [1] 고선준, 원중훈, 이자성, "상대적 GPS항법을 이용한 차량관제 시스템 구현", GPS workshop97, pp. 643-648, 1997.
- [2] S. Meyers, "Effective C++", Addison-Wesley, 1998.
- [3] 정태영, "볼랜드 C++ 빌더정복 4.0", 가남사, 1999.
- [4] Trimble Navigation Limited, "4000SE/SSE/SSI RS-232 Interface Data Collector Format Specification Manual", 1995.