

# 인터넷 기반 DGPS 이동 기준국 설계

## Design of Internet Based DGPS Mobile Reference Station

김 정 원, 황 동 환\*

(Jeong Won Kim and Dong-Hwan Hwang)

**Abstract :** This paper proposes a DGPS (Differential GPS) mobile reference station. The proposed systems can provide user with real-time correction data when the internet connection is possible. Since the GPS receiver part and network hardware are designed in a module, it can be easily moved and fixed. In order to verify the proposed system, several tests have been carried out and the test results show the validity of the proposed system.

**Keywords :** internet, differential GPS, mobile reference station, embedded system

### I. 서론

미 국방성(DOD, Department of Defence)에 의해 구축된 GPS (Global Positioning System)는 1995년에 FOC (Full Operational Capability)를 완성한 이후 2000년에 민간 사용자를 위한 고의 잡음 제거 등 짧은 시간에 민간 분야에서 다양하게 사용되는 시스템이 되었다. 또한 육상, 해상, 항공, 교통, 과학 및 여가 분야 등 그 응용 범위가 계속적으로 넓어지고 있으며, 특히 항공기, 선박, 차량등의 항법 시스템으로도 그 중요성이 점차 커지고 있다[1-3].

GPS는 단독으로도 매우 유용한 항법 시스템으로 사용되며 보다 높은 정확도와 신뢰성의 확보가 요구되는 응용에 이용하기 위하여 여러 가지의 보강 시스템을 구축하여 사용하기도 한다. 그 대표적인 것이 DGPS (Differential GPS)이다. DGPS는 기본적으로 측위 정확도 향상을 위한 측정치 오차 보정 정보를 제공한다. 고의 잡음 제거 이후 일반 사용자에게 필요한 정확도의 확보로 그 필요성이 많이 감소 되었지만 항공이나 측량과 같은 정밀 측위를 요구하는 분야에서는 여전히 필수적으로 요구되는 기능이다. 또 하나의 주요 기능은 GPS 신호 무결성 감시 기능이다. 일반적으로 DGPS는 정밀 측지된 위치에 설치한 기준국(reference station) 수신기에서 얻은 오차 보정 정보 또는 무결성 정보를 사용자에게 무선 통신을 이용하여 방송한다[2,3]. 운용 지역의 범위에 따라 단일 기준국의 보정 정보를 사용하는 LADGPS (Local Area DGPS)와 다수의 기준국의 정보를 사용하는 WADGPS (Wide Area DGPS)로 나누어진다. LADGPS는 기준국으로부터 약 150 Km 이내에서 유효하며 기준국과 사용자 사이의 거리가 멀어질수록 사용자의 위치 보정 결과의 정확도는 낮아지므로 넓은 지역에 대한 서비스에는 부적합하다. DGPS 서비스의 범위를 국가 또는 대륙과 같이 넓은 지역으로 확장하기 위하여 여러 개의 기준국을 배치하여 그 정보를 이용하는 것이 WADGPS이다. WADGPS의 예로 미국의 WAAS (Wide Area Augmentation System), 유럽의 EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay

Service), 일본의 MSAS (MTSat Satellite Augmentation System)등을 들 수 있다. 이들의 공통점은 보정 정보 방송을 위하여 정지 궤도 위성을 사용한다는 것이다. 이것은 넓은 지역에 적용시 발생하는 문제인 기준국 수 증가 및 방송 지역 확대 등을 해결하기 위한 방법 중의 하나이다[12].

최근에는 국내외에서 인터넷을 이용한 DGPS에 대한 연구도 많이 볼 수 있다. 중파 신호를 이용하여 보정 정보를 방송하는 DGPS의 경우 중파 안테나와 중파 신호를 처리할 수 있는 수신기 등의 장비가 별도로 필요하며 일반적인 GPS 수신기보다 고가이며 거리와 장애물에 의한 신호 세기 저하 등의 단점이 있다. 반면, 인터넷을 이용하면 전선의 데이터 링크를 구성할 필요없이 기존의 망을 전송 매체로 이용할 수 있으므로 기준국 설치 비용 감소 및 전송 거리의 확장 효과를 쉽게 얻을 수 있고 인터넷에 접속하기 위한 장비가 중파 수신기에 비하여 저렴한 장점이 있다[5-7]. 특히 인터넷과 이동 통신망의 연동 서비스와 무선 인터넷의 발전 속도를 고려해 보면 앞으로 인터넷 기반 DGPS 서비스는 더 나은 성능과 다양한 기능을 제공할 수 있을 것으로 예상할 수 있다. IAG (International Association of Geodesy)의 하위 위원회(sub-commission)인 EUREF (EUrope REference Frame)에서는 유럽 내 어느 곳에서나 높은 정확도의 DGPS 서비스를 제공할 목적으로, 산재한 기준국 정보를 모으고 사용자에게 제공하는 방법으로 인터넷을 이용하는 연구를 수행하고 있다[8]. IGS (International GPS Service)는 전 세계에 분포된 110여 개의 기준국 정보를 인터넷을 이용하여 수집하고, 이를 DGPS 또는 지각변동이나 기상변화 관측 등 다양한 용도로 사용하고 있다. JPL (Jet Propulsion Laboratory)에서는 전세계에 분포된 기준국 정보들을 수집하여 사용자에게 제공하기 위해 인터넷을 이용하는 IGDG (Internet-based Global DGPS)에 관한 연구도 수행하고 있다[6,22].

국내에서도 GPS의 사용 범위 확대 되고 국가 기반시설로서 인지되고 있으며 DGPS에 대한 연구 및 서비스 시스템 개발이 활발히 진행되고 있다. 해양수산부 주도로 해안을 따라 설치한 DGPS 기준국에서 라디오 비이컨(radio beacon)을 통하여 DGPS 정보를 제공하고 있지만 아직 국내에 인터넷을 통한 DGPS 서비스는 이루어 지지 않고 있다. 한국 천문연구원, 해양수산부, 건설교통부등에서 운영중인 GPS 상시

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2005. 1. 4., 채택확정 : 2005. 11. 22.

김정원 : 충남대학교 전자공학과(kimjw@cnu.ac.kr)

황동환 : 충남대학교 전기정보통신공학부(dhhwang@cnu.ac.kr)

※ 본 연구는 2003년도 충남대학교 자체연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

관측소의 데이터를 웹사이트를 통하여 제공하고 있지만 보정 정보가 아닌 관측소 수신기의 의사거리 등의 측정치가 저장된 파일이고 보통 하루 전의 데이터를 하나의 파일로 저장하여 웹 서버에 갱신하는 형태로 서비스가 제공하기 때문에 실시간 사용이 아직 불가능하다.

본 논문에서는 실시간으로 사용가능한 인터넷 기반의 DGPS 기준국을 제안하고자 한다. 제안하는 시스템은 실시간으로 보정 정보를 생성하고 이를 인터넷을 통하여 사용자에게 전달할 수 있다. 또한 인터넷 연결이 가능하고 GPS 위성 신호의 수신이 가능한 곳에서는 쉽게 설치 가능하다. 제안하는 기준국은 GPS 수신기와 네트워크 인터페이스를 포함하는 임베디드 시스템을 이용하여 구성할 수 있으며 DGPS 서비스를 위한 최소한의 기능만을 저가의 시스템으로 구성할 수 있다. 또한 인터넷 사용이 가능한 곳은 어디든지 설치 가능하다.

**II. 인터넷 기반 DGPS 이동 기준국 개요**

본 논문에서 제안하는 인터넷 기반 DGPS 기준국은 인터넷이 연결이 가능한 곳에서 복잡한 설치 과정이 필요없이 간단하게 설치하여 DGPS 서비스를 이용할 수 있다. 제안하는 시스템은 다음과 같은 특징을 가진다.

- 임베디드 시스템으로 구성된 기준국을 쉽고 간편하게 이동하고 설치할 수 있다.
- 인터넷을 이용하여 사용자에게 실시간으로 DGPS 보정 정보를 전송할 수 있다.
- 별도의 인터넷 프로토콜이 필요없이 웹 서비스등을 이용하여 사용할 수 있다.

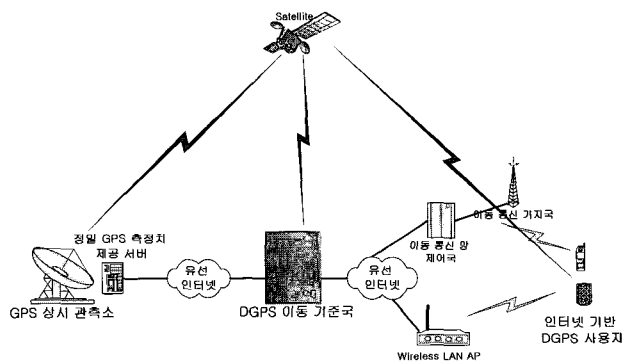


그림 1. 인터넷 기반 DGPS 이동 기준국 구성도.  
Fig. 1. Configuration of the internet based DGPS mobile reference station.

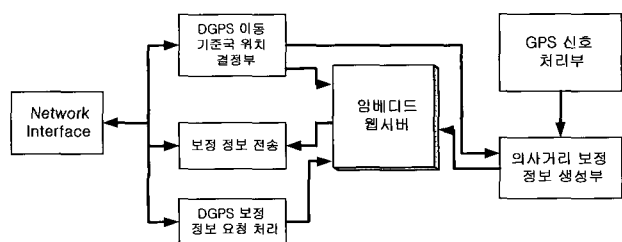


그림 2. DGPS 이동 기준국 구조.  
Fig. 2. Structure of internet based DGPS mobile reference station.

제안하는 DGPS 이동 기준국은 그림 1과 같이 인터넷이 가능한 지역에 설치된 후 웹 상의 정밀 GPS 측정치를 제공하는 상시관측소의 웹 서버에 접속하여 데이터를 다운로드한 후 간이 기준국의 위치를 차분 기법을 이용하여 구한 다음 이동 통신 망 또는 무선 랜을 이용하여 이동 기준국에 접속하는 사용자에게 보정 정보를 실시간으로 제공한다.

기준국 구성은 네트워크 인터페이스부, GPS 신호 처리 및 보정 정보 생성부로 이루어진다. 네트워크 인터페이스부는 물리적인 연결을 담당하는 이더넷 제어부(ethernet controller)와 인터넷 표준 프로토콜인 TCP/IP(Transfer Control Protocol/Internet Protocol) 프로토콜 그리고 임베디드 웹 서버로 구성된다. GPS 신호 처리 및 보정 정보 생성부는 GPS RF (Radio Frequency) 신호 처리부, IF (Intermediate Frequency) 신호 처리부, 위치 계산 및 보정 정보 생성 부로 구성된다. 다음 그림 2는 이동 기준국의 구조를 나타낸다.

네트워크 인터페이스부를 통해서 이동 기준국 위치 결정을 위한 웹 상의 GPS 상시 관측소의 정밀 GPS 측정치 다운로드와 인터넷을 통한 사용자의 DGPS 정보 요청 처리 및 보정 정보 전송이 이루어진다. GPS 신호 처리부에서 각 위성에 대한 의사거리 측정치 생성 및 위치 결정부의 기준국 위치를 이용하여 보정 정보를 생성한다.

**III. DGPS 이동 기준국 하드웨어 구조**

본 논문에서 제안하는 이동 기준국은 인터넷에 접속하기 위하여 필요한 하드웨어와 GPS 신호 처리를 위한 하드웨어가 하나의 하드웨어로 통합되어 운용자가 쉽게 운반과 설치가 가능하도록 설계한다. 그림 3은 기준국 하드웨어 구조를 나타낸다.

네트워크 인터페이스부는 DGPS 이동 기준국을 유선 인터넷에 접속하기 위한 부분이다. 유선 인터넷에 연결하기 위한 물리적인 인터페이스는 FDDI (Fiber Distributed Data Interface), DQDB (Distributed Queue Dual Bus), 이더넷(ethernet) 등이 사용되며 가장 대표적인 것이 이더넷이다[13,14,16,17]. 제안한 이동 기준국의 네트워크부의 물리 계층(physical layer)은 이더넷을 사용한다. 이더넷은 속도, 용량, 가격등에서 다른 프로토콜에 비해 장점을 가지므로 LAN (Local Area Network)을 운영하는 기관에서는 대부분 이더넷 기반의 LAN을 운영하고 있고 이로 인해 이더넷을 가지고 있는 단말은 네트연결에 비교적 손쉽게 연결할 수 있다. 이더넷과 TCP/IP 프로토콜 소프트웨어를 통하여 인터넷에 접속이 가능하고 GPS 신호 처리

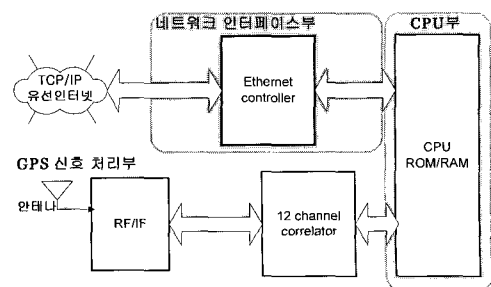


그림 3. DGPS 이동 기준국 하드웨어 구조.  
Fig. 3. Hardware structure of the DGPS mobile reference station.

부에서 생성된 보정 정보를 임베디드 웹서버 프로그램을 통하여 사용자에게 제공하는 기능을 수행할 수 있다.

GPS 신호처리부는 중간 주파수 대역(IF)의 신호를 제공하는 RF/IF부, 상관값을 생성하고 위성 신호를 추적하는 상관기부, 항법해를 구하고 의사 거리 및 의사 거리 오차 등의 정보를 계산하는CPU부로 구성된다.

**IV. DGPS 이동 기준국 소프트웨어 구조**

DGPS 이동 기준국의 소프트웨어 구조는 그림 4와같이 네트워크 및 임베디드 웹서버부, GPS 신호 처리부, 이동 기준

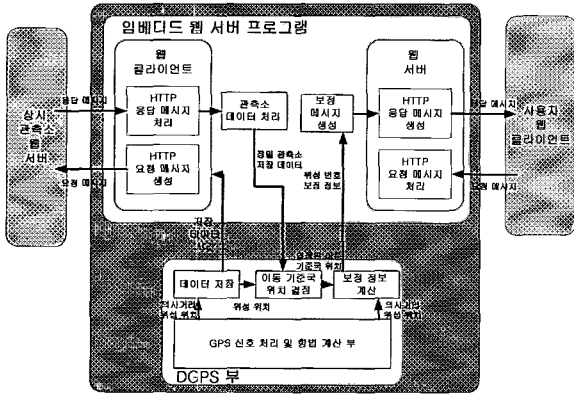


그림 4. DGPS 이동 기준국 소프트웨어 구조.  
Fig. 4. Software of the DGPS mobile reference station.

국 위치 결정부로 구성된다. 일반적으로 보정 정보를 계산하기 위해서 정확히 알려진 위치에 DGPS 기준국을 설치하는데, 설치 후 정확한 측지를 수행한다.

제안하는 이동 기준국은 정밀 위치에 설치된 상시관측소에서 측정된 정밀 데이터를 이용하여 별도의 위치 결정 과정이 필요없이 자체에서 기준국 위치를 결정한다. 이동 기준국은 상시 관측소의 웹 사이트에 접속하고 정밀 측정치를 가져오는 과정을 수행하도록 설계되어 있으므로 사용하기가 편리하고 상시 관측소의 데이터를 이용하여 이동 기준국 위치를 결정하므로 인터넷이 연결된 곳이면 어디든지 설치하여 운영할 수 있다는 장점을 가진다. 그림 5는 DGPS 이동 기준국의 위치 결정 과정을 나타내고 있다. 기준국 위치 결정을 위해서 일정시간 동안 의사거리 측정치를 저장하고 정밀 GPS 상시 관측소의 웹 서버에 접속을 한다. 이때 웹 서버 접속을 위해 HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)를 사용한다. 웹 서버 접속후 저장된 이동 기준국의 측정치와 시간이 일치하는 정밀 측정치 데이터가 갱신되었는지 서버에 확인을 요청하고 다운로드 한다. 다운로드된 측정치 데이터 파일로부터 정밀 측정된 의사거리 오차를 계산하고 이를 이용하여 이동 기준국의 위치를 결정한다.

일반적으로 정밀 측지된 기준국의 위치 정확도는 mm단위 (1~2mm)이며 제안한 이동 기준국의 위치 결정은 코드 측정치 DGPS 원리를 이용하므로 위치 오차가 존재하며 다음 (1)과 같이 나타난다.

$$\sigma(\delta R_{m\_refs}) = PDOP \times \sqrt{\sigma^2(\delta M_{m\_ref}) + \sigma^2(\epsilon_{m\_ref})} \quad (1)$$

여기서 아래 첨자  $m\_ref$  는 이동 기준국을 나타내고  $\sigma(\delta R)$ ,  $\sigma(\delta M)$ ,  $\sigma(\epsilon)$  는 각각 위치 오차, 의사거리의 다중 경로 오차, 수신기에 잡음에 의한 의사거리 오차의  $\sigma$  값을 나타낸다. PDOP (Position Dilution Of Precision)은 위성 배치에 따른 값이다. 일반적으로 코드 DGPS에 의한 의사거리의 오차의  $\sigma$  값은 약 8m로 알려져 있다. 제안하는 이동 기준국에서 이중 주파수 처리를 위한 RF부등의 하드웨어나 반송파 위상 측정치를 사용한 정밀 측위 소프트웨어 등이 추가된다면 보다 정확한 위치를 결정하는 것이 가능할 것이다.

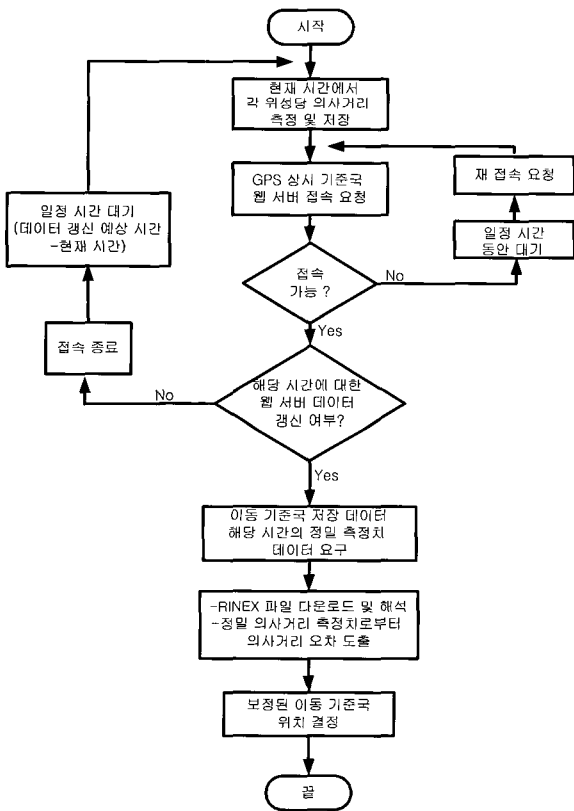


그림 5. DGPS 이동 기준국 기준 위치 결정 과정.  
Fig. 5. Determination process of the DGPS mobile reference station position.

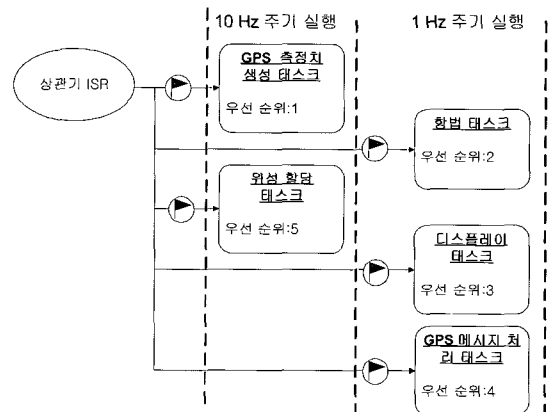


그림 6. GPS 수신기 소프트웨어 구조.  
Fig. 6. Software of GPS receiver.

결정한 위치를 이용하여 기준국이 실시간 보정 정보를 생성하기 위해서 위성으로부터 수신한 의사거리와 각 위성의 궤도 정보가 필요하며 이를 위한 GPS 소프트웨어부는 다음 그림 6과 같이 크게 인터럽트 서비스 루틴(Interrupt Service Routine, ISR)과 멀티태스킹으로 동작하는 GPS 항법 태스크들로 구성된다.

인터럽트 서비스 루틴은 가장 높은 우선 순위를 가지며 상관관에서 생성된 상관값 읽기와 저장, 데이터 비트(bit)와 프레임(frame) 동기, 코드와 반송파 추적 등을 수행한다. GPS 항법 태스크는 의사거리와 도플러의 측정치를 획득하는 측정치 획득 태스크와 상관기부에 위성을 할당하는 위성 할당 태스크, 위성위치 정보, 위성 시각 정보와 이온층 지연오차 정보 등을 획득하는 항법데이터 처리 태스크, 외부로의 모니터링(monitring)을 담당하는 디스플레이(display) 태스크와 측정치를 이용하여 위치, 속도, 시각의 항법 해를 결정하는 항법해 처리 태스크로 구성된다[15]. 기준국 GPS 수신부의 항법 메시지 처리부로부터 제공되는 1Hz의 의사거리 측정치와 위성 궤도 정보와 위치 결정부에서 구한 기준국 위치를 이용하여 (2), (3)과 같이 의사거리 보정 정보를 생성한다[2].

$$\Delta\psi_i = \tilde{\psi}_i - r_i \quad (2)$$

$$\Delta\psi_i = cB_i + \delta E_i + \delta I_i + \delta T_i + \delta M_{m\_ref} + \varepsilon_{m\_ref} + \delta R_{m\_ref} \quad (3)$$

여기서 아래 첨자  $i$ 는 위성을 나타내고  $\Delta\psi_i$ 는 위성  $i$ 에 대한 의사거리 보정치이고  $\tilde{\psi}_i$ 는 이동 기준국 수신기가 측정한 위성  $i$ 에 대한 의사거리이며  $r_i$ 는 위성까지의 실제거리를 나타내며,  $cB$ 는 위성 시계 오차,  $\delta E$ 는 위성 궤도 오차,  $\delta I$ 는 이온층 지연 오차,  $\delta T$ 는 대류층 지연 오차,  $\delta M$ 은 다중 경로 오차,  $\varepsilon$ 는 수신기 잡음에 의한 오차를 나타낸다.  $r_i$ 는 이동 기준국이 결정한 위치와 GPS 항법 메시지에 포함되어 있는 위성 궤도 정보를 이용하여 계산한다. 의사거리 보정 정보에는 공통 오차 성분인 위성 시계 오차, 위성 궤도 오차, 이온층 지연 오차, 대류층 지연 오차와 비 공통 오차 성분인 다중 경로 오차, 이동 기준국 수신기 잡음 오차와 이동 기준국의 자동 위치 결정시 발생한 이동 기준국의 위치 오차가 포함되어 있다. 이동 기준국에서 제공하는 의사 거리 보정 정보를 사용하는 사용자의 위치 정확도는 다음 (4), (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\sigma_{PR\_USER} = \sqrt{\sigma^2(\delta M_{user}) + \sigma^2(\varepsilon_{user}) + \left(\sqrt{\sigma^2(\delta M_{m\_ref}) + \sigma^2(\varepsilon_{m\_ref})}\right)^2} \quad (4)$$

$$= \sqrt{\sigma^2(\delta M_{user}) + \sigma^2(\delta M_{m\_ref}) + \sigma^2(\varepsilon_{user}) + \sigma^2(\varepsilon_{m\_ref})} \quad (5)$$

$$\sigma_{USER} = PDOP \times \sigma_{PR\_USER} \quad (5)$$

이와 같이 상시 기준국보다는 정확도가 낮아지지만 이동 기준국에서는 일반적인 사용자가 이용하기에 어려운 상시관측소의 RINEX 파일 형태 후처리용 측정치를 이용하여 이동 기준국의 위치를 결정함과 동시에 사용자가 사용하기 용이한 인터넷 기반 실시간 DGPS 보정 정보를 생성할 수 있다.

생성한 보정 정보는 인터넷을 통하여 사용자에게 전달한다. 보정 데이터 전송을 위한 프로토콜은 인터넷에서 널리 사용되는 HTTP를 이용함으로써 별도의 프로토콜을 설계하

지 않도록 한다. 보정 정보는 다수의 사용자를 위하여 전송되어야 하므로 서버가 필요하다. 본 논문에서는 하드웨어 사양과 소프트웨어 사양을 고려하여 DGPS 보정 정보 전송 기능만을 갖춘 임베디드 웹서버를 설계한다. 사용자는 보정 정보를 주기적이고 연속적으로 요청한다. 이때 사용자와 이동 기준국간의 연결과 해제가 반복되는 과정에서 네트워크에 부하가 증가한다. 제한한 이동 기준국의 임베디드 웹서버는 HTTP 1.1을 사용하여 그림 7에 나타낸 바와 같이 연속적인 데이터 요청시에도 연결을 유지하여 연결 해제 반복에 의한 부하를 줄이도록 한다. 기준국 하드웨어의 메모리 및 CPU 계산 용량 때문에 제한된 수의 사용자에게만 접속을 허용할

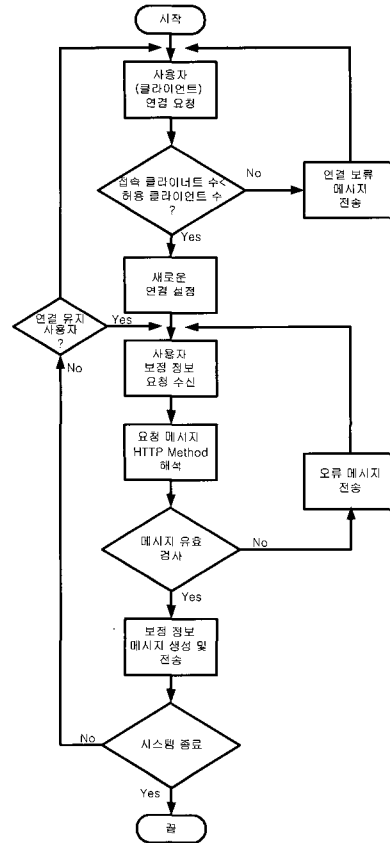


그림 7. 임베디드 웹서버 동작.  
Fig. 7. Flowchart of the embedded web server.

표 1. 임베디드 웹 서버에서 사용하는 메소드 종류.  
Table 1. HTTP method for embedded web server.

Method	의미
GET	URL로 명시한 데이터를 요청
HEAD	URL로 명시한 데이터의 헤더정보를 요청
POST	URL로 명시한 처리 프로그램을 이용하여 데이터를 접수할 것을 요구
PUT	URL로 명시한 위치로 데이터를 접수할 것을 요구
DELETE	URL로 명시한 자원을 삭제할 것을 요구
TRACE	요청메시지의 경유지에 대한 정보를 모두 표시

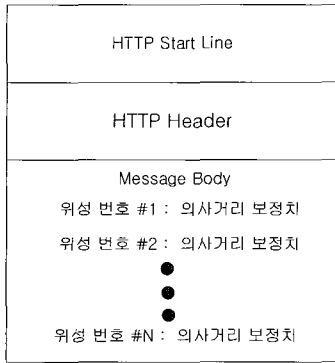


그림 8. 응답 메시지 구조.  
Fig. 8. Structure of the response message.

수 있고 접속된 사용자에 대해서는 순차적 보정 정보 요청 처리에 의한 서비스의 시간지연을 방지하기 위하여 동시 응답 형태(concurrent type)의 웹서버를 설계한다[18,19]. 웹 서버는 보정 정보 요청 및 응답에 필요한 최소한의 HTTP 메소드(Method)만을 처리하도록 하여 불필요한 부하를 줄이도록 한다. 표 1은 제안한 기준국에서 사용하는 HTTP 메소드의 종류이다.

기준국의 메모리를 고려하여 데이터 요청시나 응답시 일정 크기 이상의 데이터는 분할하여 수신 또는 전송하도록 설계한다. 분할 크기는 하드웨어 메모리 용량에 따라 변경할 수 있다. 다음 그림 8은 응답 메시지의 구조를 보여 주고 있다.

시작 라인(start-line)에는 HTTP 버전 및 응답에 대한 상태 정보를 표시한다. 사용자가 잘못된 데이터, 예를 들어 기준국이 관측할 수 없는 위성의 정보를 요청하는 경우에는 오류를 표시한다. 헤더(header)에 경로, 데이터 크기 및 분할 사이즈 등을 포함시키고 본 메시지(message body)에 각 위성에 대하여 계산한 의사거리 보정 정보를 포함하여 전송한다.

**V. DGPS 이동 기준국 구현 및 성능 평가**

제안한 DGPS 이동 기준국의 성능 평가를 위하여 임베디드 형태로 시험시스템을 구성하였다. 다음 그림 9와 표 2는 구현한 기준국의 하드웨어와 사양을 나타낸다.

CPU는 Intel사의 SA-1100(StrongArm-1100)을 사용하였다. SA-1100은 최대 동작 속도가 220MHz이고 시리얼 통신 모듈 등의 주변 장치를 내장하고 있고 메모리 컨트롤러(memory controller), 메모리 관리 모듈(memory management unit) 등을 내장하고 있다. 기준국 하드웨어의 메모리는 간이 기준국 소프트웨어를 저장하고 있는 EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory)과 실시간 데이터 저장을 위한 SRAM (Static Random Access Memory)으로 구성된다. GPS 신호 처리를 위한 RF/IF칩과 상관기 칩은 Zarlink사의 GP2010과 GP2021을 사용하였다. 이더넷 컨트롤러는 Cirrus Logic사의 CS8900a로서 10Mbps기반의 이더넷 컨트롤러이다.

DGPS 이동 기준국의 소프트웨어는 Windriver사의 실시간 운영체제인 pSOS+를 기반으로 구현하였다. pSOS+는 각각의 태스크에 최대 256개의 우선 순위(priority)를 할당할 수 있는데 이중 0은 시스템의 Idle 태스크에 할당되어 있고 230은 루트(root) 태스크에 할당 되어 있다[21]. 기준국 소프트웨어의

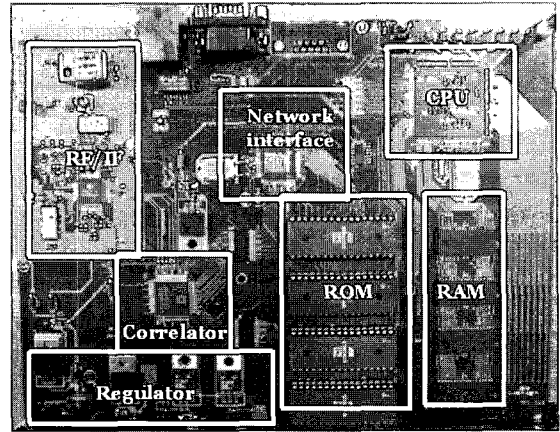


그림 9. DGPS 이동 기준국 하드웨어.  
Fig. 9. Hardware of DGPS mobile reference station.

표 2. DGPS 이동 기준국 하드웨어 구성 요소

Table 2. H/W component of DGPS mobile reference station.

구성 요소	사양	
CPU	SA-1100 (220MHz@2.1MIPS)	
MEMORY	ROM	EEPROM(512kbyte)
	RAM	SRAM(2Mbyte)
GPS 신호 처리부	GP 2010, GP 2021	
이더넷	CS8900a (10Mbps)	
기타 직렬 통신 I/F	UART 2channel	

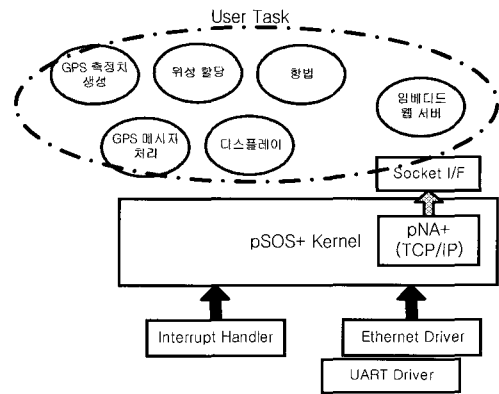


그림 10. DGPS 이동 기준국 실시간 소프트웨어 구조.  
Fig. 10. Real-time software of the DGPS mobile reference station.

태스크는 GPS 태스크 5개와 웹 서버 태스크 1개로 이루어져 있다. 태스크의 스케줄링(scheduling)은 기본적으로 우선 순위 기반(priority-based)의 선점형(preemptive) 멀티태스킹(multitasking) 방식으로 이루어진다. 그림 10은 이동 기준국 소프트웨어 실시간 소프트웨어 구조를 나타낸다.

pNA+는 TCP/IP 프로토콜 스택으로 TCP, UDP, IP를 지원해 주고 소켓(Socket) 인터페이스를 이용하여 사용자 계층 프로토콜을 구현할 수 있다.

그림 11은 인터넷 기반 이동 DGPS 기준국의 성능을 검증하기 위한 실험 환경을 나타낸다.

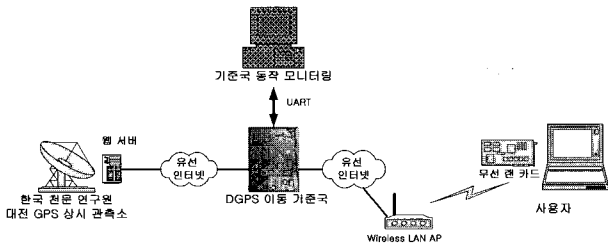


그림 11. DGPS 이동 기준국 보정 정보 전송 실험 환경.  
 Fig. 11. Experimental environment of the DGPS mobile reference station.

보정 정보 제공 웹서버로는 한국천문연구원의 것을 채택하였다. 한국천문연구원은 보현산, 대전, 제주, 목포, 밀양, 소백산, 속초, 서울, 여수등의 GPS 관측소를 운용 중이고 각 관측소 기준 위치의 정확도는 2mm 이내이며, 각 관측소 GPS 수신기 정보를 웹서버를 통해 제공한다. 한국천문연구원 웹서버는 각 관측소 정보를 RINEX (Receive INdependent EXchange) 형식의 파일로 제공하며, 정보 파일을 매일 0시(UTC)에 갱신한다[23]. 성능 평가를 위한 실험에서는 대전 관측소의 데이터를 사용하였고 DGPS 이동 기준국은 대전 관측소로부터 4.69km 거리에 위치한 충남대학교 2공학관 옥상에 설치하였고 DGPS 이동 기준국은 충남대학교 학내에 설치된 10Mbps 이더넷 기반의 유선 네트워크망에 연결하였다. 항체부는 802.11b 기반의 학내 무선 네트워크망에 상용 무선 랜카드를 이용하여 접속하고 DGPS 이동 기준국 웹서버에 보정 정보 요청을 하도록 하였다.

먼저, DGPS 이동 기준국의 GPS 신호 처리부의 성능을 검증하기 위하여 2004년 7월 20일에 실시간 GPS 단독 측위 실험을 수행하였다. 측지 지점에 DGPS 이동 기준국을 두고 1시간 동안 측위를 수행하였다. 그림 12는 수평 위치 오차 결과를 나타낸다. 표 3은 위치 오차의 평균과 표준편차를 나타낸다.

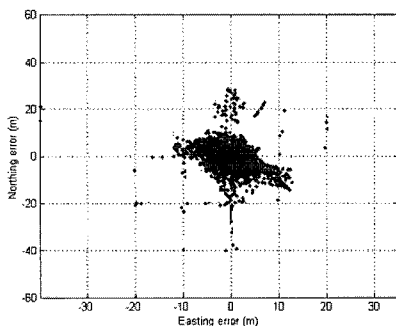


그림 12. DGPS 이동 기준국 단독 위치 측정 결과.  
 Fig. 12. Stand-alone positioning result of the DGPS mobile reference station.

표 3. DGPS 이동 기준국 단독 측정 위치 오차.  
 Table 3. Stand-alone position error of the DGPS mobile reference station.

오차	North (m)	East (m)	Down (m)
평균	-0.8398	-0.4040	-1.0723
표준편차	8.13	6.0803	16.6698

위의 실험 결과에서 구성한 DGPS 이동 기준국의 실험 장치의 실시간 단독 위치 측정 결과는 10m 이내의 위치 오차를 가짐을 알 수 있다. 따라서 설계한 DGPS 이동 기준국이 정상적으로 위성의 신호를 수신하여 처리하는 것을 확인할 수 있다.

DGPS 이동 기준국에서의 측정치와 천문연구원의 정밀 GPS 상시 관측소의 측정치를 이용하여 이동 기준국의 위치를 결정하기 위하여 DGPS 이동 기준국에서 천문연구원 웹서버에 접속하여 실시간으로 측정치 파일을 다운로드하여 해석하는 기능을 실험하였다. 그림 13은 DGPS 이동 기준국의 모니터링 시스템에서 출력한 천문 연구원 웹서버의 응답 메시지이다.

천문 연구원의 응답 메시지에는 측정치인 RINEX 파일이 포함되어 있고 1.5MByte크기의 파일을 200Kbyte씩 분할하여 손실없이 수신하는 것을 확인할 수 있었다. 다음 그림 14는 DGPS 이동 기준국이 정밀 측정치 RINEX파일을 해석하여 계산한 의사거리 측정치 및 위성 궤도 결과이다.

이동 DGPS 기준국에서 웹을 통하여 다운로드한 RINEX 파일을 해석하여 얻은 결과로부터 정밀 GPS 관측소에서의 의사거리 및 위성 궤도 정보를 얻을 수 있다. 위 그림에서 확인할 수 있듯이 6개에서 9개의 가시 위성에 대한 측정치를 얻을 수 있다. RINEX 파일로부터 얻은 정보와 이동 기준국의 측정치를 이용하여 DGPS 이동 기준국의 위치를 결정하였다. 다음 표 4는 상시 관측소 웹 사이트로부터 얻은 정밀 측정치를 이용하여 30분 동안 코드 DGPS를 수행한 후 결정된 이동 기준국 위치 정확도를 나타낸다.



그림 13. 천문 연구원 웹 서버의 응답 메시지.  
 Fig. 13. Response message of the KASI web server.

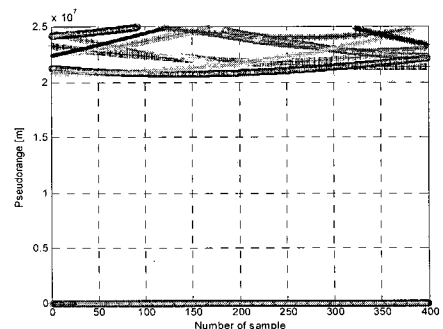


그림 14. 이동 기준국의 의사거리 측정치.  
 Fig. 14. Pseudorange measurement of the mobile reference station.

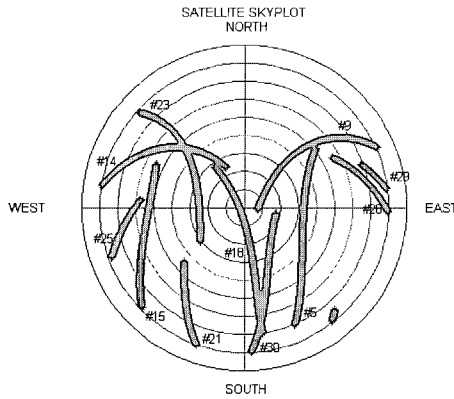


그림 15. 가시 위성 및 위성 궤도 변화.

Fig. 15. Trajectory of visible satellites.

표 4. DGPS 이동 기준국 위치 오차.

Table 4. Position error of DGPS mobile reference station.

	North (m)	East (m)	Down (m)
오차	-0.423	-0.310	-0.7852

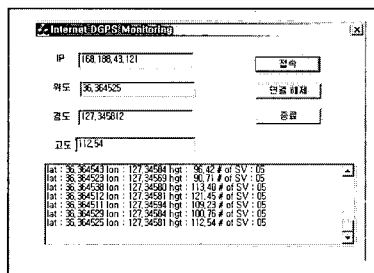


그림 16. DGPS 이동 기준국 사용자 접속 및 정보 요청 처리 실험.

Fig. 16. Connection test of clients(user).

웹을 통하여 다운로드한 RINEX 파일 정보를 이용하여 코드 DGPS를 수행하여 결정된 위치이기 때문에 DGPS 이동 기준국 단독으로 측정된 위치보다 정확한 것을 확인할 수 있다. 이렇게 결정된 위치는 기준 위치로 사용되어 의사거리 오차 측정치를 생성하는데 사용되고 기준국이 다른 곳으로 이동하여 설치하기 전까지는 이 정보를 계속 사용할 수 있다.

DGPS 이동 기준국의 보정 정보 전송 기능을 확인하기 위하여 무선 인터넷을 통한 이동 기준국으로의 접속 기능을 확인하였다. 그림 16과 같이 노트북 컴퓨터와 무선 랜 카드를 이용하여 이동 기준국으로 접속을 하고 정보 요청 메시지 전송 후 결과를 확인하였다.

다수의 사용자 접속 및 요청 처리를 확인하기 위하여 무선 랜카드를 장착한 컴퓨터 외에 유선 랜을 사용하는 데스크탑 컴퓨터를 사용하여 동시에 접속하고 요청 메시지를 전송하

였다. 실험에서 이동 기준국은 10대의 컴퓨터가 동시에 접속하는 경우에도 응답하는 것을 확인하였다.

**VI. 결론**

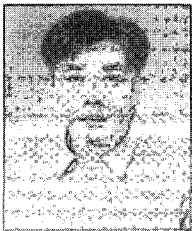
본 논문에서는 실시간 서비스가 가능한 인터넷 기반 DGPS 이동 기준국을 제안하였다. 인터넷을 이용하여 DGPS 서비스를 수행하고자 하는 여러 연구들이 진행 중에 있지만 완전한 보정 정보를 실시간으로 제공하는 인터넷 기반 DGPS 서비스는 아직 제공되지 않고 있다. 본 논문에서 제안한 DGPS 이동 기준국은 자신의 위치를 자동으로 결정하고 인터넷을 통하여 의사거리 오차를 실시간으로 제공할 수 있으며, 쉽고 간편하게 설치가 가능한 기준국이다. 제안한 DGPS 이동 기준국은 임베디드 웹서버를 이용하여 다수 사용자의 요청을 독립적으로 처리할 수 있도록 설계하였으며 GPS 수신기와 네트워크 인터페이스를 하나의 통합된 모듈로 설계하였다. 제안한 간이 기준국의 성능을 검증하기 위하여 간이 기준국 하드웨어를 상용 칩셋을 이용하여 구현하였고 실시간 운영체제 기반의 DGPS 이동 기준국 소프트웨어를 구현하였다. 인터넷 환경에서의 실험을 통하여 기준국의 위치를 결정하고 의사거리 오차 보정치를 생성하여 다수 사용자의 요구를 정상적으로 처리하는 것을 확인하였다.

후후로 제안한 DGPS 이동 기준국의 보정치를 사용하는 인터넷 기반의 DGPS 수신기를 설계하여 사용자의 항법 정확도에 대한 평가와 상시 관측소와 이동 기준국간의 거리가 사용자에게 미치는 영향을 분석할 것이며 이동 기준국 자동 위치 결정시 발생하는 코드 측정치만을 사용하여 발생하는 위치 오차를 정밀 측정치인 반송파 위상 측정치를 이용하여 줄이는 방법에 대한 연구와 인터넷을 통한 전송시 발생하는 시간 지연과 다수의 사용자 접속시 예상되는 이동 기준국의 부하 증가가 보정 정보 전송에 주는 영향에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

**참고문헌**

- [1] B. W. Parkinson, T. Stansell, R. Beard, K. Gromov, "History of satellite navigation," *Navigation Journal of the Institute of Navigation*, vol. 42, no. 1, pp. 109-164, 1995.
- [2] E. D. Kaphan, *Understanding GPS: Principles and Applications*, Artech House, 1996.
- [3] B. W. Parkinson, J. J. Spilker Jr, *Global Positioning System: Theory and Application*, vol. 1, 2, AIAA, Washington DC., 1996.
- [4] Z. Liu and A. Yasuda, "The evaluation of accuracy and measurement of latency of internet-based DGPS and RTK-GPS positioning," *Proc. of ION GPS 2001*, Salt Lake City, UT, September 2001.
- [5] H. Hada, H. Sunahara, "New differential and RTK corrections service for mobile users based on the internet," *Proc. of ION GPS 99*, pp.519-527, Nashville TN., 14-17 September 1999.
- [6] Z. Liu and Y. Gao, "Development of an internet-based wireless platform for mobile information management and service," *Proc. of ION NTM 2001*, CA, Jan. 2001.
- [7] H. Hada, "Design of internet-based reference station network for new augmentation system," *Proc. of ION GPS 2000*, Salt Lake City, UT, September 2000.

- [8] G. Weber, "EUREF and real time products,," *EUREF Publication* no. 10 , pp. 88-90 ed. J.A. Torres and H. Hornik, 2002.
- [9] R. J. Muellerschoen, W. I. Bertiger, M. F. Lough, "Results of an internet-based dual-frequency global DGPS system," *Proc. of IONAM 2000*, San Diego, CA, June 2000.
- [10] P. Misra and P. Enge, *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance*, Ganga-Jamuna Press, Lincoln, 2001.
- [11] J. Bao-Yen Tsui, *Fundamentals of Global Positioning System Receivers: a Software Approach*, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 2000.
- [12] Anon., *Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning System/Wide Area Augmented System Airbone Equipment*, RTCA/DO-229B, RTCA, Inc., October 6, 1999.
- [13] Y. Sheinin, M. Emelianov, and M. Ignatiev, "Embedded real time web servers," *Real-Time Magazine*, no. 1, pp. 84, 86-89, Jan. 1998.
- [14] B. McCombie, "Embedded web servers now and in the future," *Real-time Magazine*, no. 1, pp. 82-83, Jan. 1998.
- [15] GEC Plessey Semiconductors GPS Group, *GPS Architect Software Design Manual*, Volume I, II, UK, 1997.
- [16] W. Stallings, *Data and Computer Communications*, Prentice Hall, 1997.
- [17] D. E. Comer and D. L. Stevens, *Internetworking withTCP/IP*, vol I, II III, Prentice Hall, 1996.
- [18] T. Berners-Lee, R. Fielding, H. Frystyk, "Hypertext transfer protocol - HTTP/1.0," RFC-1945, *Internet Architecture Board*, May 1996.
- [19] R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach and T. Berners-Lee, "Hypertext transfer protocol - HTTP/1.1," RFC-2616, *Internet Architecture Board*, June 1999.
- [20] J. J. Labrosse, *MicroC/OS-II, The Real-Time Kernel*, CMP Books, Lawrence, Kansas, 1999.
- [21] *pSOSystem system concepts*, pp. 2-34, Intergrated systems, November, 1996.
- [22] Jet Propulsion Lab. Web-site, <http://www.jpl.nasa.gov>, NASA, USA.
- [23] Space Geodesy Research Group Web-site, <http://www.gps.re.kr>, Korea Astronomy and Space Science Institutue, Korea.



**김정원**

2002년 충남대학교 전자공학과(공학사).  
2004년 충남대학교 전자공학과(공학석사).  
2004년~현재 충남대학교 전자공학과 박사과정 재학중. 관심분야는 임베디드 시스템, GPS/INS 통합 항법 시스템.



**황동환**

1985년 서울대학교 전기공학과(공학사).  
1987년 KAIST 전기 및 전자 공학과(공학석사).  
1991년 동 대학원(공학박사).  
1996년~현재 충남대학교 전기정보통신공학부 교수. 관심분야는 INS, GPS, 추정론.