

실시간 정밀 GPS/GNSS를 위한 위성항법 수신기 망 구성 요소 설계 및 구현

Design and Implementation of Receiver Network Elements for Real-Time Precise GPS/GNSS

김희성, 이형근*
(Hee-Sung Kim and Hyung Keun Lee)

Abstract: Due to the deployment of various wireless networks originating from CDMA, GSM, and WLAN, it became very convenient to exchange information from one place to another. As compared with the traditional environments for one-way information distribution based on fixed radio frequency bands, the convenient wireless network environments will bring about many changes in positioning technologies based on global navigation satellites. Among the many changes to come, the reconfigurable receiver network is one of the most attractive concepts since it can be tailored to a specific application area among networked robots, formation flying, bridge monitoring, and traffic monitoring. As an initial study to develop a reconfigurable receiver network, this paper deals with the design and implementation of the key elements of the reconfigurable receiver network; server, broadcaster, and client. In the designed receiver network, a sever receives and decodes measurements from a reference receiver installed at a known location, a broadcaster processes and transfers the messages from servers to clients and manages connections with servers and clients, a client receives the messages from the broadcaster and performs differential positioning. A real-time experiment result is demonstrated to validate the functionalities of each network element.

Keywords: GPS, GNSS, receiver, network, server, broadcaster, client

I. 서론

위성측위시스템 (GPS: Global Positioning System)은 약 2만 km 상공에서 지구 주위를 선회하는 24개의 인공위성으로부터 받은 신호로 지구상의 정지 혹은 이동 중인 물체의 위치를 결정할 수 있는 시스템이다. 단일 수신기를 활용할 경우 수십미터의 정확도를 얻을 수 있는 반면, 보정위성항법시스템 (DGPS: Differential GPS)의 개발로 측위정밀도가 수십 미터에서 수 미터 내외로 높아지게 되었다.

초기의 DGPS 보정정보는 저출력 전송매체를 이용하여 전송되었다. 이로 인해 장거리 전송의 어려움과 기지국, 이동국 간의 일대일 통신관계로 국한될 수밖에 없었다. 이의 극복을 위해 1990년대 중반 이후 대규모 항법체계를 개발하게 되었다. 대표적인 예로 우주기반증가시스템 (SBAS: Satellite Based Augmentation System), 지상기반증가시스템 (GBAS: Ground Based Augmentation System)를 들 수 있다. SBAS 및 GBAS의 개발로 인하여 보정정보의 전송가능거리가 길어졌으나, 통신위성이나 지상안테나와 같은 대규모 장비가 필요하기 때문에 시스템 구축에 많은 비용이 소모되었다. 뿐만 아니라, 기존의 DGPS 시스템은 단방향 통신 형태를 가지기 때문에 사용자 측면에서는 보정데이터에 대한

접근성 또는 선택가능성이 배제될 수밖에 없다는 단점을 가지고 있다.

기준국 수신기 데이터에 대한 자유로운 접근을 통한 위성항법 기반 측위 기술의 정확도와 신뢰성 향상을 위하여 근래에 들어 Ntrip (Networked Transport of Radio Technical Commission For Maritime Services via Internet Protocol)[1]이라 지칭되는 표준 규약으로 제정 공포 되었다. Ntrip은 인터넷을 통해 GNSS 데이터를 교환하기 위한 표준규약으로, 인터넷을 통해 기준국 데이터를 통합하고, 사용자에게 GNSS 데이터를 실시간으로 방송해주는 역할을 한다. 현재 유럽에서는 EUREF[2]라 불리는 대규모 GNSS 수신기 망의 데이터를 일반 사용자가 언제든지 인터넷을 통하여 활용할 수 있도록 Ntrip의 활용을 연구하고 있다. EUREF의 경우 초기에는 고정된 유선망을 고려하여 설계되어 있으나 세계적 연구개발 추세를 미루어 볼때 향후 그 적용 영역을 무선 인터넷망을 통하여 다양한 플랫폼 및 무선이동기기로 확장할 것이 예상된다. 일본에서는 GEONET[3]이라는 1200여개의 수신기로 구성된 수신기 망을 구성하고 이를 일부 한정된 실시간 정밀 측위 응용분야에 활용하고 있다.

보정데이터 전송에 인터넷을 사용할 경우, 기준국 사이에 네트워크를 구축하기 위한 비용을 최소화 할 수 있으며, 기존의 DGPS 시스템에서 문제가 되던 단방향 통신의 단점을 해결 할 수 있다. 사용자는 보정데이터를 수신하기 위한 별도의 장비를 필요로 하지 않으며, 언제 어디서든(접근성) 자신이 원하는(선택가능성) GPS 보정데이터를 선택하여 수신할 수 있게 된다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2009. 11. 15., 수정: 2009. 12. 15., 채택확정: 2009. 12. 30.

김희성: 한국항공대학교 항공전자공학과(hskim07@kau.ac.kr)

이형근: 한국항공대학교 항공전자및정보통신공학부

(hyknl@kau.ac.kr)

※ 본 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-313-D00261).

최근에 들어 CDMA, GSM, 그리고 WLAN 기술과 이로부터 파생된 다양한 이동 통신 기술의 발전으로 인하여 허가받은 전용 주파수 대역에 의지하는 기존 개형에 비하여 위성항법 관련 정보를 이동성에 대한 제약없이 편리하게 교환할 수 있게 되었다. 이에 의하여, 보정 위성항법을 위한 GNSS 수신기 망 운용 기술 분야에는 많은 변화가 있을 것으로 예상된다. 특히, 다수의 기준국 수신기와 다수의 이동국 수신기 사이의 자유로운 정보 교환은 기존의 GNSS 수신기 망 운용에 활용된 정형화된 구조를 탈피하여 협업 로봇, 무인기, 구조물 관측, 그리고 지능형 교통시스템 등 각 응용분야의 특성에 맞춰 다양한 형태로 설계 및 구현될 수 있으리라 기대된다.

이와 관련하여 수신기 망에 대한 연구가 현재 세계적으로 활발히 진행되고 있으며 몇몇 국가나 회사에서는 실제로 수신기 망을 구현하여 운영 중에 있다. 반면, 현재 운영 중인 수신기 망 서비스는 고가의 이중 주파수 수신기만을 서비스 대상으로 고려하거나 정지된 상태에 있는 사용자들에 대한 후처리를 주목적으로 운용되고 있다[4,5]. 따라서, 현재 제공되는 수신기 망 서비스가 측량, 측지, 우주, 그리고 일부 과학 응용 분야에 국한되고 있다. 위성항법 수신기 망 서비스를 다양한 응용분야에 활용하기 위해서는 다양한 이동기기 및 플랫폼이 실시간 기준국 데이터를 저렴하고 편리하게 활용할 수 있는 방안이 필요하며 이에 덧붙여 제조사에 구분 없이 저가의 단일 주파수 이동 수신기가 수신기 망을 통하여 가공 전달된 이중주파수 기준국 수신기 정보를 활용하여 실시간 정밀 위치를 산출할 수 있는 유연한 측위 알고리즘이 요구된다.

국내의 경우 외국에 비하여 무선 통신 및 인터넷 환경이 잘 갖추어져 있다. 따라서, i) 시작 단계에서 위성항법 수신기 망의 주요 기능 요소를 규명하고 국내 통신 환경을 반영하여 수신기 망 구성 요소들을 설계한 후, ii) 다음 단계에서 다수의 구성 요소들이 결합된 소규모의 위성항법 수신기 망을 구성하여 그 유용성을 확인한 후, iii) 최종 단계에서 국내에 이미 설치되어 다양한 운영 주체에 의하여 관리되고 있는 기준국 수신기들을 통합한다면 가장 빠른 시간 내에 효율적으로 자체 개발된 수신기 망과 데이터 서비스 기술을 확보할 수 있으리라 기대된다.

향후 다양한 형태의 위성항법 수신기 망을 자체 개발하기 위한 타당성 검증을 위하여 본 논문에서는 국내 무선 통신 환경을 고려하여 서버(server), 방송기(broadcaster), 그리고 클라이언트(client) 등 수신기 망의 필수 구성요소들을 설계 및 구현하고 실험을 통하여 그 효용성을 확인하였다. 기존에 Ntrip 표준에서 소개된 서버, 방송기, 그리고 클라이언트의 개념을 구체적으로 설계 및 구현하기 위하여 현재 국내에서 쉽게 취득할 수 있고 활용 가능한 SW 개발 도구들에 의하여 구현하였다. 개발된 수신기 망 구성요소들의 실시간 기능성과 타당성을 검증하기 위하여 이중 주파수 기준국 수신기의 측정정보를 개발된 망 구성요소들에 의하여 단일 주파수 이동국 수신기에 실시간으로 전달하여 이동 중에도 약 20cm 이내의 정확도를 안정적으로 제공할 수 있음을 확인하였다.

II. 위성항법 수신기 망 구성요소 설계

1. 미래 위성항법 환경을 고려한 수신기 망 구성 방안

측위의 안정성과 정확도 향상을 위한 DGNSS 응용분야를 위하여 RTCM (Radio Technical Commission For Maritime)은 LF (Low Frequency), MF (Medium Frequency), HF (High Frequency), 그리고 UHF (Ultra High Frequency) 등 다양한 전파매체를 통한 GNSS 기준국 정보의 전달 표준을 규정 지워 왔다. 근래에 들어 RTCM은 인터넷을 통한 GNSS 기준국 정보의 분배를 위한 Ntrip 표준을 제정 발표하였다. Ntrip 메시지는 HTTP 1.1 프로토콜을 사용하여 TCP/IP 연결에 의해 server-caster/client-caster 사이에서 전송되고, 양방향 통신이 가능하기 때문에 client의 요청에 의한 개별적인 데이터 전송 및 서비스가 가능하다[1].

위성항법과 관련하여 현재 미국의 GPS와 러시아의 Glonass가 운용 서비스 되고 있으나 가까운 미래에는 유럽의 Galileo와 중국의 Beidou가 운용 서비스 될 예정이다. 이와 같은 위성항법 시스템의 다양화를 고려하여 가까운 미래의 위성항법 수신기 망 기술의 발전 방향을 예상해 보면 그림 1과 같은 개형을 가질 것으로 예상된다[6]. 위성항법 시스템의 다양화에 따라 기준국과 이동국 수신기들은 각각의 응용분야와 제약에 의하여 이들 중 일부에 의한 항법 신호를 다중 주파수 혹은 단일 주파수 대역에서 선별적으로 수신할 수 있는 수신기를 활용하리라 예상된다.

이와 같은 위성항법시스템의 다양화를 고려하면 향후 전국적으로 분포된 상시 기준국들은 각각에 설치된 수신기의 사양에 따라 위성항법 신호를 관측하고 관측된 신호들은 인터넷 망을 통해 중앙 처리 센터로 전달할 수 있으리라 예상된다. 중앙 처리 센터는 상시기준국으로부터 수집된 데이터를 사용자들에게 전송하거나 데이터베이스에 저장하게 된다. 최종적으로 처리된 데이터는 실시간 혹은 준실시간으로 사용자들에게 제공될 것이고, 이때 사용자들은 PSTN 이나 인터넷망, 또는 통신위성과 같은 다양한 매체를 통해 정보를 제공받을 수 있게 될 것이다. 이와 같이 기존에 설치된 상시 기준국을 활용한 수신기 망의 운용에 있어서 정보 교환을 위한 통신 매체로는 국내에 기존에 설치된 유무선 통신 인프라를 활용할 수 있다. 따라서, 수신기 망의 구성 요소들의 설계 및 구현에는 소프트웨어의 역할이 중요한

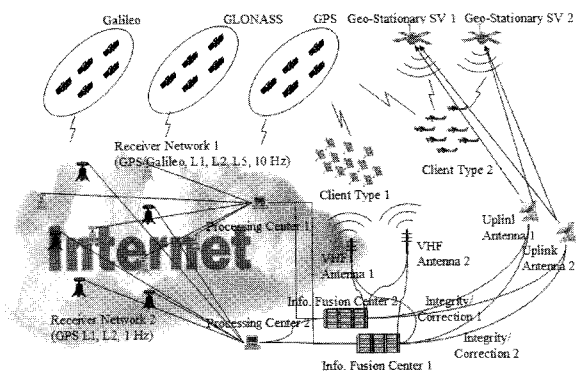


그림 1. 미래 위성항법 수신기 망의 활용 개형[6].

Fig. 1. Utilization configuration of future global navigation satellite receiver network [6].

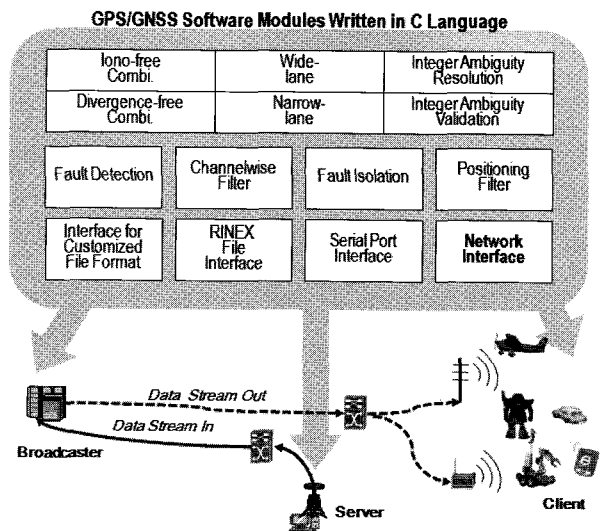


그림 2. 기존에 개발된 소프트웨어를 활용한 수신기 망 구성 요소의 설계 및 구현 방안.

Fig. 2. A strategy to design and implement elements of a receiver network based on existing software modules.

역할을 차지하리라 판단된다.

그림 1에 나타난 Ntrip 표준 규약과 그림 2에 나타난 미래 위성항법 수신기 망의 발전 개형을 고려하여 위성항법 수신기 망의 기본 구성요소들의 설계하고 구현하기 위한 방안은 그림 2와 같이 요약된다. 그림 2의 상단에는 위성항법을 기반으로 정밀 위치 결정을 수행할 경우에 필수적인 소프트웨어 기능들이 이중주파수 측정치 조합, 고장 검출 및 정밀 위치결정을 위한 필터, 그리고 데이터의 교환에 필요한 파일 및 통신 인터페이스의 순으로 도시되어 있다 [7-9]. 그림 2에 나타난 바와 같이 위성항법 정밀 위치결정과 데이터 인터페이스와 관련된 기본 소프트웨어 기능들을 적절히 조합 분배하면 Ntrip 표준 규약에 의거한 서버, 방송기, 그리고 클라이언트의 설계 및 구현이 용이하리라 판단된다.

수신기 망의 단위 구성 요소는 서버, 방송기, 그리고 클라이언트의 세 종류로 단순하지만 실시간 정밀 측위 서비스를 위하여 이들이 결합 활용되는 개형은 그림 3에 예시된 바와 같이 통상적으로 한 개의 방송기에 다수개의 서버와 다수개의 클라이언트가 활용되므로 구성요소의 설계에 있어서 이와 같은 다수 개체의 활용을 반드시 고려해야 한다.

본 연구에서 분석된 서버, 방송기, 그리고 클라이언트의 주요 기능과 이를 구현하기 위한 방안을 정리하면 다음과 같다. 먼저, 서버는 고정된 위치에서 위성신호를 수신하는 상시 기준국 혹은 필요에 따라 알려진 위치에 추가적으로 설치된 이중 주파수 수신기의 측정치를 수신하고 이를 방송기에 전송하는 역할을 수행해야 한다. 따라서, 서버는 그림 4(a)에 나타난 바와 같이 이중 주파수 측정치의 수집, 해독(decoding), 그리고 전송을 위한 컴퓨터 및 서버 소프트웨어로 구성될 수 있다. 클라이언트는 이동체에 설치된 임베디드 시스템, 핸드폰, PDA, 노트북 등을 활용하여 서버로부터 전송되어 방송기를 경유하여 전달된 기준 측정치 혹은

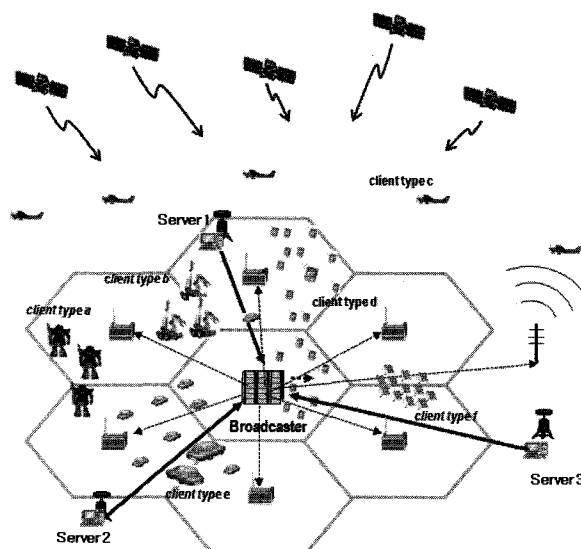


그림 3. 수신기 망 구성 요소들의 활용 개형.

Fig. 3. Utilization configuration of receiver network elements.

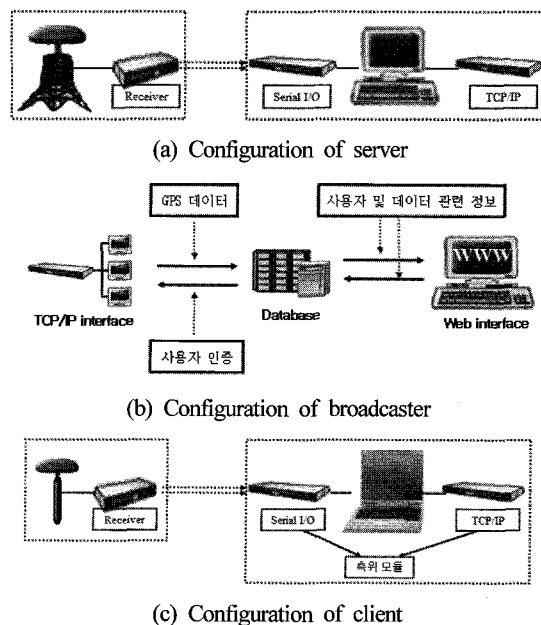


그림 4. 서버, 방송기, 클라이언트의 기능 구성.

Fig. 4. Functional configuration of server, broadcaster, and client.

보정정보 서비스를 제공받는 다양한 사용자에 해당된다.

클라이언트는 방송기로부터 사용자 인증을 받은 뒤, 데이터를 다운로드하거나 실시간 측위를 수행할 수 있어야 하며 그림 4(c)에 나타난 바와 같이 GPS 수신기, 통신 인터페이스, 그리고 측위 모듈(module)로 구성될 수 있다.

수신망의 운용에 있어서 핵심적인 역할을 수행하는 방송기는 서버로부터 수신된 GPS 데이터를 수집하고, 이 데이터를 클라이언트에게 전송해 주는 역할을 수행해야 한다. 이를 위해 방송기는 그림 4(b)에 나타난 바와 같이 TCP/IP 인터페이스와 Web 인터페이스, 그리고 Database로 구성될 수 있다. TCP/IP 인터페이스는 유무선 망을 통하여 서버와 클라이언트 등에 대하여 메시지를 주고받기 위하여 필요하

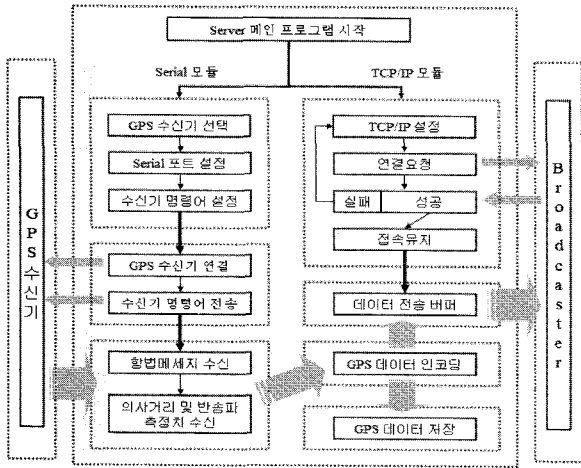


그림 5. 서버 내부의 데이터 흐름.
Fig. 5. Internal data flow of server.

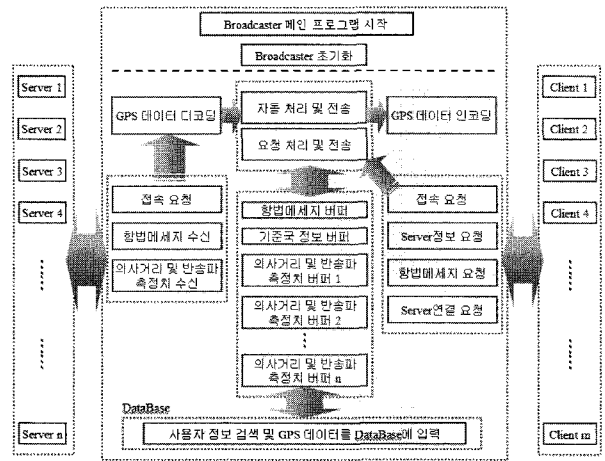


그림 6. 방송기 내부의 데이터 흐름.
Fig. 6. Internal data flow of broadcaster.

며, Web 인터페이스는 일반 클라이언트를 위한 서비스 가입 처리 및 각 서버의 기준국을 위한 정보입력창으로서의 역할을 하게 된다. Database는 사용자 정보 및 기준국 정보, 그리고 데이터 관련 정보를 저장하는 역할을 한다.

2. 수신기 망 구성 요소 설계 및 구현

2.1 서버

서버는 직렬(serial) 인터페이스를 통해 기준국 수신기 데이터를 수신하고, 그 데이터를 TCP/IP 인터페이스를 통해 방송기로 전송하는 역할을 수행하며 이를 위한 서버 내부의 데이터 흐름은 그림 5에 나타난 바와 같다. 서버의 메인 프로그램을 시작하고, 수신기 망 연결을 위해 두 가지 설정을 해야 한다. 그중 하나는 GPS 수신기와 연결을 위한 serial 포트 연결 설정이며 다른 하나는 TCP/IP 연결을 위한 방송기의 IP/Port 설정에 해당된다.

TCP/IP 설정이 끝나고, 방송기에서 연결요청 수락을 회신하면 서버는 이후의 작업을 위한 대기 상태에 들어가게 된다. 이때 직렬 포트를 설정하고, 수신기의 종류 및 명령어 설정을 끝내면 수신기와의 연결을 위한 작업이 완료된다. 이후 각 제조사별로 상이한 수신기 설정을 위하여 일련의 명령어가 수신기에 전달된다.

수신기 설정이 완료된 후 측정 데이터가 들어오면 수신기 제조사별로 상이한 데이터 포맷에 의거하여 측정치의 디코딩이 필요하다. 디코딩된 완료된 데이터는 TCP/IP를 통한 GPS 데이터 전송과 RINEX 파일로의 저장을 위하여 인코딩 된다. TCP/IP 전송을 위한 데이터가 생성되면 대기상태에 있던 TCP/IP 모듈은 활성화 되어서 해당 GPS 데이터를 방송기로 송신하게 된다.

2.2 방송기

방송기는 수신기 망 운용에 있어서 서버, 클라이언트, 그리고 서비스 사용자 간의 데이터 흐름을 관리하는 핵심적인 역할을 하며 그 기능이 복잡하다. 따라서, 수신기 망 구성 요소의 설계에 있어서 가장 많은 비중을 차지한다. 방송기는 그림 6의 내부 데이터 흐름도에 도에 나타난 바와 같이 기동과 함께 내부의 버퍼생성과 database 연결, TCP/IP 연결 등과 같은 초기화 작업을 수행한다.

• 초기화 작업

- 1) 항법 메시지 버퍼생성
- 2) Database 연결
- 3) Database에 저장된 기준국의 개수 만큼 기준국 정보 버퍼생성
- 4) 기준국의 개수 만큼 의사거리 및 반송파 측정치를 저장하기 위한 버퍼를 생성
- 5) TCP/IP 초기화 및 연결 대기(listen)

초기화 작업이 끝나면, 방송기는 서버와 클라이언트의 요청에 따라 메인 루틴을 처리하게 된다. 방송기에서 서버와 클라이언트 사이의 데이터 흐름을 조절하기 위해, 요청 메시지 처리 부분과 자동처리 부분으로 나뉘게 된다. 요청 메시지 처리는 서버 또는 클라이언트의 요청에 의해 메시지를 처리하는 기능이며 자동메시지 처리는 클라이언트의 요청이 없어도 자동으로 메시지를 처리하고 전송하는 기능을 의미한다.

• 요청메시지 처리

- 1) 연결요청: 연결요청이 들어오면 방송기는 ID와 password를 database에 조회해서 연결을 수락할 것인지 말 것인지를 판단한다. 그리고 현재 연결을 요청한 대상이 서버인지 클라이언트인지를 판단한다.
- 2) 서버 정보 요청: 클라이언트는 접속과 동시에 database에 저장되어 있는 서버에 대한 정보를 요청하고, 방송기는 기준국 정보 버퍼에 저장되어있는 내용을 클라이언트로 전송한다.
- 3) 항법메시지 요청: 클라이언트가 항법메시지정보를 요청하면 방송기는 항법메시지 버퍼에 있는 모든 데이터를 클라이언트로 전송한다.
- 4) 서버 연결 요청: 클라이언트의 초기 위치가 결정되면 클라이언트는 자신에게 알맞은 서버들에 대한 GPS 데이터를 받기 위해서서와의 연결을 요청하고, 이에 방송기는 해당하는 의사거리 및 반송파 측정치 버퍼를 해당 클라이언트에 연결 시켜준다.

• 자동메시지 처리

1) 서버 정보 갱신: 서버가 새롭게 연결되거나 연결을 끊을 경우에 방송기는 기준국정보 버퍼의 내용을 비연결 상태로 바꾸고, 갱신된 정보를 클라이언트로 전송한다.

2) 항법메시지 갱신: 각 서버로부터 항법메시지가 들어 오면, 방송기는 항법메시지 버퍼를 조회하여 이 메시지가 새로운 것인지 아닌지를 판단한다. 이때 만약 새로운 메시지라면, 해당 항법메시지를 클라이언트로 전송한다.

3) 의사거리 및 반송파 측정치: 연속적으로 서버로부터 들어오는 의사거리 및 반송파 측정치는 연결을 요청했던 클라이언트에게 전송된다.

방송기는 서버와 클라이언트의 연결자 역할을 하며, TCP/IP를 사용하여 GPS 데이터, 사용자 정보등을 수집 및 분배한다. 또한 사용자를 위하여 웹 서비스를 제공하며 네트워크 정보관리의 효율성을 위해 database를 활용하게 된다. 방송기의 구현을 위하여 설계 및 구현된 TCP/IP 인터페이스, Web 인터페이스, 그리고 database 부분의 특징을 정리하면 다음과 같다.

• TCP/IP 인터페이스

TCP/IP 인터페이스는 리눅스 페도라코어 6.0(커널 2.6)에서 C++를 사용하여 설계 및 구현 되었다. TCP/IP 인터페이스는 크게 database검색 모듈과 GPS 데이터 통신 부분으로 나눌 수 있다. database검색 모듈은 클라이언트사용자의 인증과 서버의 기지국 정보를 검색을 위해 사용된다.

GPS 데이터 통신 부분은 서버로부터의 GPS 데이터를 수신 및 저장하고, 클라이언트의 요구에 따라 GPS 데이터와 RINEX 파일을 전송하는 모듈로 나뉘어 진다. 수신기 망 내부의 데이터 통신을 위해 송/수신되는 메시지 헤더와 정의는 표 1, 표 2, 그리고 표 3에 정리된 바와 같다. 표 1에 정리된 데이터는 ASCII 형태로 전송되며, 표 2와 표 3에 정리된 데이터는 binary 형태로 전송된다. 방송기는 다수의 서버와 클라이언트에 대한 메시지를 동시에 처리해야 한다.

• Web 인터페이스

Web 인터페이스는 네트워크 사용자의 정보 입력과 기지

표 1. 방송기에 수신되는 메시지.

Table 1. Message format received by broadcaster.

Header1	Header2	Description
0x00	0x01	Reserved
	0x02	1차 접속수락
	0x03	2차 접속수락
	0x04	ID 또는 Password 불일치
	0x05	동일한 ID가 접속중
	0x06	연결도중 서버가 다운됨
	0x07	서버가 가득참
0x00	0x14	파일크기요청
	0x15	파일내용 전송시작요청
	0x16	파일내용요청

표 2. 서버에 수신되는 메시지.

Table 2. Message format received by server.

Header1	Header2	Description
Serv	Name	서버의 ID:Password
	Rawm	의사거리 및 반송파 위상 측정치
	Ephu	항법메시지(ephemeris data) 갱신
	Ionu	전리층 보정계수 갱신
	Utcu	UTC 보정계수 갱신
Clnt	Name	클라이언트의ID:Password
	Sinf	서버 관련 정보를 요청
	Ninf	항법 메시지 요청
	Reqs	서버에 대한 보정데이터 요청
File	Name	서버가 보내는 파일이름
	Size	서버가 보내는 파일크기
	Fend	서버가 보내는 파일의 마지막
	Titt	서버가 보내는 파일내용
	Frec	클라이언트의 파일요청

표 3. 클라이언트에 수신되는 메시지.

Table 3. Message format received by client.

Header1	Header2	Description
0x00	0x01	Reserved
	0x02	1차 접속수락
	0x03	2차 접속수락
	0x04	ID 또는 Password 불일치
	0x05	동일한 ID가 접속중
	0x06	연결도중 서버가 다운됨
	0x07	서버가 가득참
0x00	0x10	방송기의 디렉토리정보
	0x11	파일이름
	0x12	파일내용
	0x13	파일마지막
0x01	0x00	의사거리 및 반송파 보정메시지
	0x01	항법메시지
	0x02	전리층 보정계수
	0x03	UTC 보정계수
0x10	0x00	서버관련 정보
	0x01	서버목록 갱신
	0x02	요청한 서버와 연결

국정보의 입력, 그리고 off-line 사용자의 RINEX 파일 검색 및 다운로드를 제공한다. Web 인터페이스를 설계 및 구현 하기 위하여 아파치 웹서버, CGI (Common Gateway Interface), C++, 그리고 JavaScript 등이 활용되었다. Web 인터페이스는 database와 연동되어 동작하게 된다.

• Database

데이터 베이스는 구현된 수신기 망의 데이터 및 사용자 정보를 관리하는 역할을 하며, MySQL을 사용하여 리눅스 상에서 구현되었다. 데이터 베이스는 총 3개의 테이블로 구성되며, 각 테이블에서 필드명과 형태는 표 4, 표 5, 그리고 표 6과 같다.

표 4. Member 에 대한 데이터베이스 구성요소.

Table 4. Database elements for members.

Field	Type	Description
No	int(11)	사용자 번호
User_id	char(20)	ID
Pass	char(41)	비밀번호
Selcb	char(2)	클라이언트/서버 구분자
Level	int(2)	회원레벨

표 5. Reference station 에 대한 데이터베이스 구성요소.

Table 5. Database elements for reference stations.

Field	Type	Description
No	int(11)	사용자 번호
User_id	char(20)	ID
Basename	char(20)	기준국 이름
Rinexname	char(20)	RINEX파일 이름
Base_addr	char(20)	기준국 위치
Ecefx	double(13,3)	기준국 좌표(X)
Ecefy	double(13,3)	기준국 좌표(Y)
Ecefz	double(13,3)	기준국 좌표(Z)
Ant-type	varchar(30)	안테나 종류
Rcv-type	varchar(30)	수신기 종류
Numtype	int(3)	측정치 개수
Types	char(30)	측정치 종류

표 6. RINEX 파일에 대한 데이터베이스 구성요소.

Table 6. Database elements for RINEX file.

Field	Type	Description
No	int(11)	파일 번호
Basename	char(20)	기준국 이름
Rinexname	char(20)	RINEX파일 이름
Date	int(11)	관측일자(0000/00/00)
Nav	varchar(20)	항법 데이터 이름
Obs	varchar(20)	관측 데이터 이름

2.3 클라이언트

클라이언트는 그림 7에 나타난 바와 같이 TCP/IP와 serial 인터페이스를 통해 방송기와 수신기로부터 GPS 데이터를 받아 측위를 수행한다. 클라이언트프로그램이 시작되고, 사용자는 수신기 망에 연결을 위한 설정을 하게 된다.

먼저 TCP/IP 연결을 위해 방송기의 IP/Port를 설정하고, 사용자의 ID/Password를 입력한다. TCP/IP 연결을 위해 입력사항을방송기로 전송한다. 연결요청이 성공하면 방송기에 게 서버관련 정보를 요청하게 되고, 전체 기준국 좌표를 통해 Delaunay triangle을 형성하게 된다. 이후, 항법메시지를 요청하여 내부의 버퍼와 파일로 저장하고, serial 포트로부터 데이터가 전송되는 것을 기다린다.

GPS 수신기와의 연결을 위하여 GPS 수신기와 수신기명령어를 설정한다. 설정이 끝나고 GPS 수신기와 연결을 하게되면, serial 포트를 통해 GPS 데이터가 들어오게 된다.

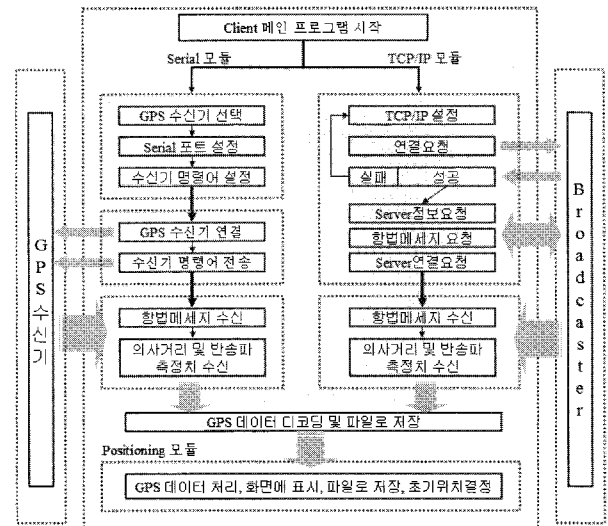


그림 7. 클라이언트 내부의 데이터 흐름.

Fig. 7. Internal data flow of client.

초기 의사거리 데이터와 항법메시지를 바탕으로 수신기의 초기위치를 결정하고, Delaunay triangle를 바탕으로 보정데이터를 받기 원하는 서버를 검색하고, 방송기에 해당서버의 데이터를 요청한다.

데이터요청이 끝나면, 방송기로부터 일정시간 간격으로 의사거리 및 반송파 측정치, 갱신주기에 따라 항법메시지가 수신된다. 이 데이터는 positioning 모듈에서 처리되고, 처리된 데이터는 화면에 표시되거나 파일로 저장되게 된다.

Client 프로그램은 통신 인터페이스 모듈, 측위 모듈, 그리고 GUI (Graphic User Interface)로 구성된다. 통신 인터페이스 모듈은 TCP/IP통신과 serial 통신을 지원하기 위하여 추가되었다. 측위 모듈의 고장 검출 기능과 다수의 추정기 기능 구현을 위해 기존에 개발되었던 소프트웨어 모듈 GAFAS [7,8]를 활용하였다. 마지막으로, GUI는 윈도우 환경에서 사용의 편의와 측위 성능을 실시간으로 확인하기 위해 구현되었다.

III. 실시간 연동 실험

설계된 수신기 망 구성요소들을 구현하고 그 기능을 검증하기 위하여 실시간 연동 실험을 수행하였다. 실험에 활용된 방비를 정리하면 아래와 같다.

- 서버 장비
 - 데스크탑 컴퓨터: 서버 프로그램 탑재
 - GPS 수신기/안테나: Septentrio (PolaRx2e)/Antcom (123GM1215A-XT-1)
- 방송기 장비
 - 데스크탑 컴퓨터: 웹 인터페이스, TCP/IP 인터페이스, Database 구축
- 클라이언트 장비
 - 노트북 컴퓨터: 클라이언트 프로그램 탑재
 - GPS 수신기/안테나:

NovAtel (DL4-PLUS)/NovAtel (GPS-702)

- 무선인터넷 연결 모드: KT WIBRO KWM-U1000

실험은 한국항공대학교 교내 운동장에서 실시하였다. 실험 장비의 구성과 실험 지역은 그림 8에 나타나 있다. 실험에서는 그림 8의 하단에 도시된 농구장 내부의 라인으로 클라이언트가 탑재된 노트북을 이동하며 서버와 방송기에 대한 연동 측위 기능을 수행하였다. 기준국 수신기 및 이에 연결된 서버는 실험지역 근방에 위치한 전자관에 설치하였다.

실시간 연동 측위를 실행하기에 앞서 서버를 방송기에 먼저 접속시켰다. GPS 수신기의 경우 각 회사마다 측정치를 만들어내는 방식이 다르며, 원시데이터를 임의로 조정된 뒤 출력해준다. 예를 들어, 의사거리 측정치의 평활화(smoothing), 다중경로감소(multipath mitigation)와 같은 기법이 있다. 조정된 측정치의 경우, 동일 회사의 수신기를 사용할 경우 문제가 되지 않는다. 하지만 이기종 수신기를 사용할 경우, 조정된 정보가 알려져 있지 않다면 오히려 측위 정확도를 악화시키는 결과를 가져올 수 있다. 실험에서는 이러한 현상을 최대한 방지하기 위해 측정치를 임의로 조정하는 부분의 설정을 해제 시켰다.

서버와 클라이언트에 연결된 기준국 수신기와 이동국 수신기의 측정 간격은 모두 1초로 설정되었으며 클라이언트 측위를 위해 활용되는 위성의 최저양각은 5도, 단일차분 의사거리/반송파위상 측정치에 대한 표준편차는 1.5 m/0.015 m로 각각 설정되었다. 데이터 처리를 위해서는 L1 C/A코드와 반송파 위상만이 사용되었으며 L1 실수해의 산출을 위해 기존에 연구된 위치영역 Hatch 필터가 활용되었다[10]. 실험에서의 통상적인 기선거리는 약130 m에 해당된다.

클라이언트의 사용자는 그림 9의 좌측에 나타난 바와 같이 현재 가시위성들에 대한 채널별 상태 정보를 확인할 수 있다. 클라이언트 프로그램은 사용자가 접속할 수 있는 각

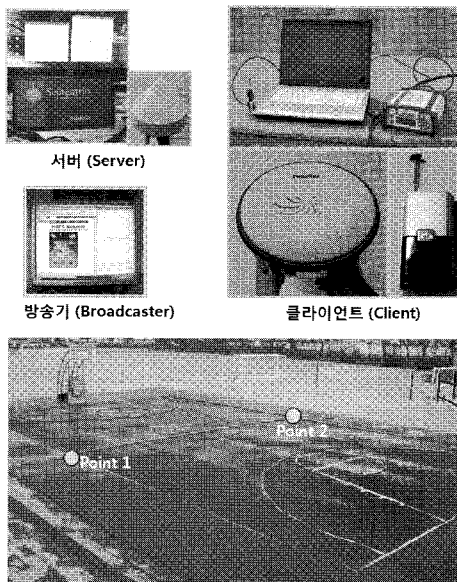


그림 8. 장비 구성과 실험 지역.
Fig. 8. Instrument configuration and experiment area.

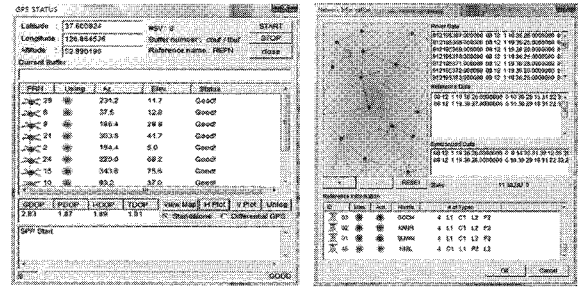


그림 9. GPS 수신기와 수신기 망 연결 화면(클라이언트).
Fig. 9. Screen snap shot to connect GPS receiver and receiver network(client).

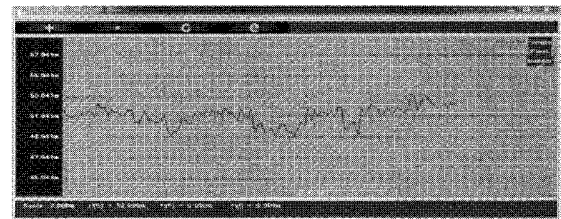
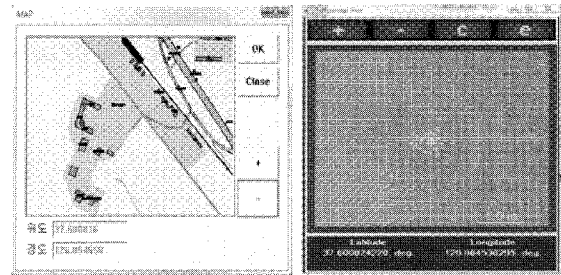


그림 10. 지도, 수평 위치, 그리고 고도 표시 화면(클라이언트).
Fig. 10. Screen snap shot to display map, horizontal trajectory, and height trajectory.

서버에 대한 정보를 사용하여 Delaunay triangle을 구해서 화면에 그려주고, 현재 이용가능 또는 불가능한 서버를 구분하고, 현재 보정데이터를 수신하고 있는 서버를 표시해준다. 그림 9의 우측 상단에는 현재 GPS수신기로부터 출력되는 측정치와 방송기로부터 수신되는 보정데이터, 그리고 현재 측위에 사용되고 있는 측정치들이 표시된다. 또한 그림 9의 우측 하단에 나타난 바와 같이 각 기지국에 관련된 정보를 확인할 수 있다.

사용자가 접속 준비 작업을 마치고 실시간 측위 모드에 진입하면 그림 10과 같이 주변 지도와 함께 단독측위, DGPS 필터 실수해(float solution), 그리고 미지정수가 결정된 정수해(integer solution)에 의한 수평/수직 궤적을 실시간으로 확인해 볼 수 있도록 구현되었다. 그림 11은 실시간 처리에 의하여 실험에 의해 추정된 이동궤적의 후처리 결과와 실시간 처리결과를 비교한 것이다. 참고로, 차분 위상 측정치의 미지정수를 결정한 후 얻게 되는 정수해는 cm급의 정확도를 가지게 된다. 반면, 정수해는 수신기 주변 환경에 의한 가시 위성의 변화로 항상 취득할 수 없는 단점이 있다. 위치영역 Hatch 필터를 활용한 실수해의 경우에는 가시 위성의 변화에 강건하게 cm급의 정확도에 도달하지는

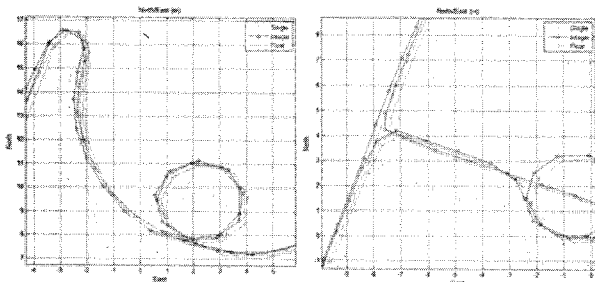


그림 12. 확대 궤적 비교(후처리 분석).

Fig. 12. Comparison of magnified trajectory(post analysis).

않지만 수십 cm급의 정확도를 대다수의 시간 제공할 수 있는 장점을 가진다[10]. 그림 11은 그림 10에 표시된 수평 궤적의 두 영역을 확대된 결과를 보여준다. 그림에 나타난 바와 같이 실수해는 정밀한 정수해로부터 전반적으로 20 cm 이내에 분포함을 확인할 수 있었다.

본 실험 결과로부터 설계 및 구현된 수신기 망 구성요소 서버, 방송기, 클라이언트는 연동되어 잘 동작함을 확인할 수 있다. 또한, 서로 제조사가 다른 기준국 수신기와 이동국 수신기에 대하여 L1 단일 주파수 측정치만을 활용하여도 가용성이 우수한 실수해를 수평오차 20cm 내의 정확도로 실시간에 제공할 수 있으며, 미지정수가 결정된 정수해 역시 실시간으로 제공 가능함을 확인할 수 있다.

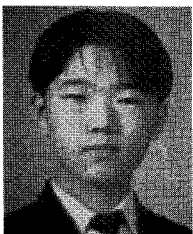
IV. 결론

기존의 위성항법 수신기 망은 접근성 및 실시간성의 제약에 의해 활용분야가 일부 사용자에게 제한되어왔다. 최근에 유/무선 영역에서의 다양한 통신기술의 개발에 의해 다양한 사용자에 대한 위성항법 수신기 망 서비스 제공이 가능해질 것으로 예상된다. 본 연구에서는 이를 위해 실시간 이동측위를 위한 위성항법 수신기 망의 구성 요소를 분석 및 설계 하였으며, 실제 구현 및 실험을 수행하였다. 실험

을 통해 이동중인 상황에서도 실시간으로 20 cm 이내의 정밀 측위가 가능함을 확인하였으며, 설계된 수신기 망 구성요소들이 유기적으로 연동되어 동작하는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구를 통해 연구개발 된 시스템은 협업로봇, 구조물 관측, 그리고 지능형 교통시스템과 같은 다양한 응용분야의 기반기술로 활용될 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

- [1] G. Weber, H. Gebhard, and D. Dettmering, Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip), Version 1.0, July 2004.
- [2] <http://www.epncb.oma.be/>
- [3] T. Imakiire and Y. Nakahori, "GPS earth observation network (geonet) of japan," *Geographical Survey Institute*, 2001.
- [4] <http://www.trimble.com/vrs.shtml/>
- [5] <http://vrs.ngii.go.kr/>
- [6] 이형근, "GNSS 수신기 망 개발 동향," 제어·자동화·시스템공학회지, 제12권 제1호, pp. 47-51, 2006.
- [7] 이형근, "GAFAS: 정확성과 안전성을 위한 GPS 알고리즘," 2004 항공전자 심포지엄 논문집, Nov. 2004.
- [8] H. K. Lee, GAFAS: GNSS Processing Software Modules for Accuracy and Safety, Report, APEC GNSS Implementation Team Meeting, Seoul, Nov. 2005.
- [9] 이형근, 이장규, 지규인, "일반적인 GPS 수신기를 위한 채널별 다중경로오차 검출 기법," 제어·자동화·시스템공학 논문지, 제8권 제9호, pp. 818-826, 2002.
- [10] H. K. Lee and C. Rizos, "Position-Domain Hatch Filter for Kinematic Differential GPS/GNSS," *IEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 44, no. 1, pp. 30-40, 2008.



김희성

2006년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사). 2008년 한국항공대학교 항공전자공학과(석사). 2008년~현재 한국항공대학교 박사과정. 관심분야는 항법 및 측위 시스템, 초고정밀 GPS/GNSS 수신기 망.



이형근

1990년 서울대 제어계측공학과(공학사). 1994년 서울대 제어계측공학과(석사). 2002년 서울대 전기컴퓨터공학부(박사). 1994년~1998년 현대우주항공(주). 2003년~현재 한국항공대학교 항공전자및정보통신공학부(부교수). 관심분야는 항법 및 측위시스템, LBS, ITS, 추정이론.