

## 모바일 환경에서 DGPS 및 RTK 보정 데이터 실시간 장거리 전송 시스템의 구현 및 성능 분석

조익성\* · 임재홍\*\*

동명대학 정보통신계열\*, 한국해양대학교 전자통신공학과\*

### Implementation and Performance Analysis of Real-Time DGPS & RTK Error Correction Data Transmission System for Long-Distance in Mobile Environments

Ik-Sung Cho\* and Jae-Hong Yim\*\*

School of Information & Communication, TongMyong College\*

Dept. of Electronics & Communication Eng, Korea Maritime University\*\*

**Abstract :** DGPS(Differential Global Positioning System) and RTK(RealTime Kinematic) are in one of today's most widely used surveying techniques. However surveying with these techniques is restricted by the distance between reference and rover station, and it is difficult to process data in realtime by their own orgnizational limitation in precise measurement of positioning. To meet these new demands, in this paper, new DGPS and RTK correction data services through the Internet and PSTN(Public Switched Telephony Network) have been proposed. For this purpose, a DGPS and RTK error correction data transmission system is implemented for long-distance using the Internet and PSTN which allows a mobile user at which the rover receiver is located to receive the correction data from the reference in realtime, and analyzed and compared with DGPS and RTK performances by experiments through the Internet and PSTN for the distance and the time.

**Key Words :** DGPS, RTK, Precise Mesurement, Error Correction Signal.

**요약 :** DGPS(Differential Global Positioning System)와 RTK(RealTime Kinematic)를 이용한 측위는 현재 가장 널리 쓰이는 측위 기법이다. 하지만 자체의 구조적 한계 때문에 정밀 측위에 있어서는 기준점으로부터의 거리 제한과 실시간으로 데이터 처리를 전산화하기 힘든 문제점을 내제하고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 인터넷과 PSTN(Public Switched Telephony Network)망을 통한 DGPS 및 RTK 보정 데이터 서비스를 제안한다. 이를 위하여 모바일 사용자를 위한 DGPS 및 RTK 보정 데이터 실시간 장거리 전송 시스템을 구현하였다. 이는 데이터 전송거리가 제한되는 기존의 실시간 이동 측위 기법의 문제를 해결하기 위하여 인터넷과 PSTN 망을 사용함으로써 이동국 사용자에게 DGPS와 RTK 위치 정보 데이터의 전송을 가능하게 한다. 또한 제안한 방법대로 거리와 시간에 따른 인터넷망과 PSTN망을 통한 DGPS와 RTK의 성능을 비교 분석한다.

2002년 9월 30일 접수 ; 2002년 11월 30일 수리.

## 1. 서론

GPS(Global Positioning System)는 지상의 3차원 위치를 실시간으로 파악할 수 있는 능력을 제공해 주는 동시에 정확한 시간정보를 제공해 주는 첨단 위성측위 시스템이다. 1990년도에 들어 급속히 성장한 GPS 관련분야는 21세기를 맞아 성숙기에 접어들고 있으며, 그 활용분야는 이루 헤아릴 수 없을 정도로 확대되고 있는 실정이다(William Martin and Frank van Diggelen, 1997). 그러나 이러한 응용 분야에서 일반 사용자가 수 미터 이상의 정밀도로 위치를 결정하는 것은 현실적으로 불가능한데 이것은 수신기가 결정하는 위성까지의 거리자료에 여러 가지 오차 요인 및 자체의 구조적 한계로 인하여 위치 결정 능력에 제한을 받기 때문이다. 물론, 2000년 5월 1일 백악관에서 미국의 GPS 오차 중 민간 부문에 의도적으로 포함시켰던 SA(Selective Availability)를 제거하기로 결정함에 따라 군에서 사용하는 것과 같은 보다 정밀한 위치 정보를 수신할 수 있게되어 전반적으로 위치 정확도가 향상되었지만 GPS 수신기의 종류와 전리층에 의한 영향에 따라 향상도는 달라지게 된다(Euler H-J *et al.*, 2001; Wubena *et al.*, 1996) 따라서 GPS를 이용한 실시간 정밀 위치 결정과 거리 제한에 수반되는 여러 제약조건을 해결하기 위해 고안된 기술이 위치 결정의 오차를 극소화시킬 수 있는 실시간 DGPS(Differential Global Positioning System) 측위 기법과 반송파 위상을 이용한 위치결정 방법인 RTK(RealTime Kinematic) 측위 기법이다(M. Zhodzishsky *et al.*, 1997). 정밀하게 위치가 결정된 기준점에서 계산된 각 위성까지의 거리오차 정보를 GPS 사용자에게 전달하고, 이를 이용하여 실시간 정밀위치를 결정할 수 있도록 하는 DGPS와 RTK 시스템에 있어서 정보의 전달매체는 중요한 의미를 갖는다(조익성, 임재홍, 2001). 일반적으로 이동국의 위치 결정에 사용되는 DGPS와 RTK 시스템은 특성상

무선통신망을 이용하게 되는데, 여기에는 무선모뎀, 이동통신, 위성통신 등이 있다. 현재 휴대폰을 이용한 무선이동통신 기술은 데이터 통신까지 가능해짐에 따라, 최근 무선통신업체에서는 무선 데이터 서비스를 제공하고 있으며 이를 이용한 응용 분야 개발이 크게 활성화되고 있다(윤세미, 2002). 따라서 광범위한 수신지역 확보 및 다수의 사용자가 동시에 공유할 수 있는 매체로서 이동국 사용자에게 적합한 장점을 가지고 있는 무선 데이터 서비스는 DGPS 및 RTK 정보의 훌륭한 전달매체 역할을 담당할 수 있다.

본 논문에서는 전송거리의 제한없이 휴대폰의 사용이 가능한 곳이면 어느 곳이나 실시간 오차 보정 데이터의 전송을 가능하게 함으로써 기준국과 이동국간의 데이터 전송거리의 제한을 제거하며, 정밀 측위를 가능하게 하는 것을 목적으로 한다. 실시간 이동 측위 기법인 DGPS 및 RTK 보정 신호 전송을 위한 프로토콜을 고찰하고, 이를 토대로 DGPS 및 RTK의 문제점을 해결하기 위한 인터넷을 이용한 DGPS 구성, 인터넷의 제약을 해결하기 위한 PSTN 망을 통한 RTK 데이터 전송 방법, 기준국 수신기로부터 보정 신호를 자동 획득하여 이동국으로 실시간 전송할 수 있는 오차 보정 데이터 전송 시스템의 구현 및 인터넷과 PSTN 망을 사용하였을 경우 거리에 따른 성능평가 등, 모바일 사용자를 위한 DGPS 및 RTK 실시간 오차 보정 데이터 장거리 전송을 위한 시스템의 구현 및 성능분석에 관하여 논한다. 또한 제안한 방법대로 4개 지역에 기준국을 설치하고, 이동국에서 위치 데이터를 실시간으로 측정하여 실제 위치와의 오차율을 통한 타당성을 확인한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 실시간 오차 보정 기법인 DGPS 및 RTK 보정 데이터 전송을 위한 프로토콜에 관하여, 3장에서는 DGPS 및 RTK 전송 시스템의 설계 및 구현에 대하여, 4장에서는 실험 결과 및 고찰에 대하여, 마지막으로 5장에서는 결론을 서술한다.

## 2. 실시간 이동 측위 기법

### 1) 실시간 차분측위(Real-time DGPS)

SA 제어를 통해 10~20 미터 가량의 측위오차를 가지고 있는 일반 GPS 수신기를 보완하기 위해 나온 방법으로 2대 이상의 수신기와 통신매체를 이용하여 정확히 측정된 기준국에서 사용자에게 오차항(RTCM SC-104)을 전송하여 오차를 제거함으로써 사용자 위치의 정확도를 향상시키는 기술이다(RTCM Paper, 1994). Fig. 1에서와 같이 기준점에 설치된 1대의 수신기에서는 이미 알고 있는 기준점의 위치 정보와 위성 시계오차, 위성 궤도오차, 전리층과 대류층 지연오차와 고의적 잡음의 결합효과를 이용하여 각 위성에 포함된 오차량을 계산한다. 이것을 위성마다의 의사거리 보정치(Pseudorange Correction) 즉, 거리오차 보정치로 환산하여 국제 표준 형식인 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Services) SC-104 자료 형태로 전환한 후, 통신매체를 통해 이동체에 탑재된 수신기에 전달하면 이동체에서는 저가의 항법용 수신기를 가지고도 차량 등의 이동체에 대해서는 수 미터, 정지한 대상에 대해서는 1미터 이내의 실시간 위치 측정이 가능하다. 이 기법에서, 위성 궤도력은 수백 Km에서 수천 Km 떨어진 여러 기준국으로부터 정밀하게 추정될 수 있고 측

위의 정확도, 신뢰도, 그리고 능률이 향상될 수 있다. 이 개념은 후처리 DGPS와 같지만, 차이점은 후처리에서 2개의 수신기에서 수신된 데이터가 나중에 프로세싱을 위해 다운로드 되는 것과 달리 수신기가 수신을 받는 즉시 기준 수신기는 보정값을 계산해서 바로 이동 수신기로 전송을 한다.

### 2) 실시간 동적측위(RTK: Real Time Kinematic)

광범위한 관측점의 좌표들을 1~2cm의 정밀도로 빠른 시간내에 획득하기 위해 개발된 것이 실시간 이동측량 기법인 RTK(Real Time Kinematic)이다. RTK의 기본 개념은 Fig. 1과 같이 오차 보정을 위해 전송하는 데이터가 거리오차 보정치가 아닌 기준국에서 수신한 반송파 자료라는 것을 제외하고는 실시간 DGPS의 개념과 거의 유사하다. 다만, RTK에서는 기준점에서 수신한 각 위성의 반송파 자료를 지속적으로 제공하여야 하고, 정보의 전송장애로 발생할 수 있는 오차의 한계가 DGPS보다 상대적으로 크기 때문에 보다 안정적이고도 신속한 통신매체가 요구된다(D. Kozlov, M. Tkachenko, 1997). 또한 측정지점의 수신기가 RTK 자료처리 기능을 가진 고가의 장비라는 점이 DGPS와 다르다. Fig. 1은 GPS 단말기에 무선 라디오 모뎀을 이용하여 기준국과 이동국 사이의 오차 보정 데이터를 전송하는 RTK의 전체적인

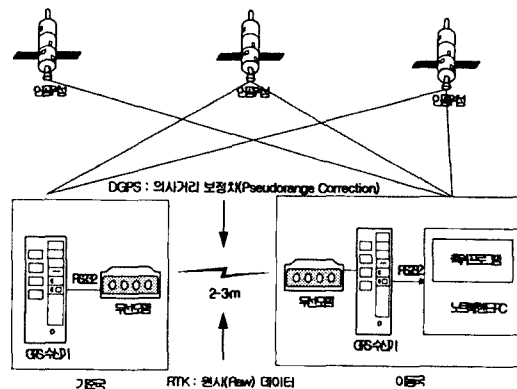


Fig. 1. DGPS and RTK correction survey.

시스템 구성도로서, GPS 단말기 및 무선 모뎀을 포함하는 기준국과 무선 모뎀, GPS 단말기 및 측위 프로그램을 내장한 노트북/핸드 PC에 해당하는 컴퓨터를 포함하는 이동국으로 구성된다(양형선, 신철호, 2000).

### 3) 실시간 측위기법의 비교 및 고찰

실시간 차분측위와 실시간 동적측위를 방법론적으로 비교할 때 이미 정밀하게 위치가 결정된 기준점을 사용하는 점은 같지만, 실시간 동적측위는 실시간 차분측위와는 달리 위성의 의사거리 보정정보 등을 선택적으로 방송하는 것이 아니라 관측 데이터를 방송하여 사용자의 위치를 수 센치의 정밀도로 결정하는 측위기법이다. 정밀도를 비교하자면 일반적으로 실시간 차분측위의 정밀도는 수 미터이고 실시간 동적측위는 수 mm~수 cm이다. 실시간 데이터 전송과 고정밀도의 위치결정을 보장하기 위해서는 위상관측치를 포함하여 전체 데이터를 방송하는 실시간 동적측위를 이용한 오차보정이 이루어져야 한다. 현재 GPS를 응용하는 여러 분야에서 실시간 차분측위와 실시간 동적측위가 주로 사용되고 있으며, 실시간 데이터 전송과 정밀도를 보장해 주기 위해 실시간 동적 측위를 많이 사용하고 있다(Landau, H *et al.*, 1994).

하지만 실시간 측위 기법은 기준국과 이동국간에 오차 보정 데이터를 전송하기 위해 무선 모뎀을 사용함으로써, 전송거리가 약 수 km로 제한되며, 전파 장애물이 있을 경우 더욱 전송거리가 제한되는 등의 많은 불편이 있었다(Van der Merl *et al.*, 1998).

### 4) DGPS 및 RTK 보정 데이터 전송을 위한 프로토콜

인터넷 프로토콜은 정보기기 또는 단말기간의 정보교환이 필요한 경우, 이를 원활하게 하기 위한 여러 가지 통신규칙과 방법을 정의하고 있으며, 이중 TCP/IP는 현재 가장 널리 사용되고 있는 프로토콜이다. TCP/IP(Transmission Control

Protocol/Internet Protocol) 프로토콜은 인터넷 계층에서 동작하는 IP, 비연결형 전달 계층 프로토콜인 UDP(User Datagram Protocol)와 연결형 전달 계층 프로토콜인 TCP(Transmission Control Protocol)로 구성된다. 인터넷에서 사용되고 있는 대부분의 응용 프로그램은 신뢰성 높은 데이터 통신 서비스를 위해 TCP를 사용하고 있지만, 접속 유지 및 제어에 있어 통신속도가 UDP보다 느린 결점을 가지고 있기 때문에, 실시간 서비스에 적합하지 않다. 반면에, UDP는 TCP에 비해 접속 유지 및 제어를 위한 부담이 없기 때문에 고속통신이 가능하고 실시간 서비스에 적합하다(S.M.Bellovin, 1989). 한편, TCP와 UDP 프로토콜을 사용하는 인터넷망과는 달리, PSTN망은 약간의 데이터 오류는 허가되지만 지연이 억제되어야 하는 서비스를 목표로 설계된 네트워크이다. 따라서 현재 인터넷망에서는 패킷교환방식을 적용하고, PSTN망에서는 회선교환방식을 적용하고 있다. 회선교환방식에서는 데이터 지연 발생을 줄이기 위해 네트워크 내에 데이터가 거쳐야 할 경로를 설정해 두고 그 경로를 통해 데이터를 전달한다. 이때, 네트워크 내에서는 어떠한 처리도 하지 않고, 단지 수신한 데이터를 전달하는 기능만을 수행함으로써 지연은 최소화 된다. 반면, 인터넷망에서는 데이터 오류를 최소화하여야 하므로 단말장치와 교환 장치간에 데이터를 수신하면 즉시 목적지 단말장치로 전달하지 않고 일단 저장을 한 후 수신한 데이터에 오류가 발생했는지를 검사하고 오류가 검출되면 오류를 복구한 후 인접 장치로 전달하는 방식을 적용한다. 따라서 이동 통신 네트워크를 통해 데이터 흐름을 전송하기 위한 서비스가 실시간 서비스인 경우 회선 교환망이 적합하며, 비실시간 서비스에 대한 것인 경우 패킷 교환망이 적합할 수 있다. Fig. 2는 각 프로토콜의 연결 설정 및 데이터 전송 절차를 나타내고 있다. 그림에서와 같이 TCP는 연결설정 및 데이터 전송시에 부담하는 절차가 복잡하다. 반면에 UDP는 연결확인 및 데이터 전송 확인 절차가 없기 때문에 데이터 전송 지연이 상당히 경감될 수 있다.

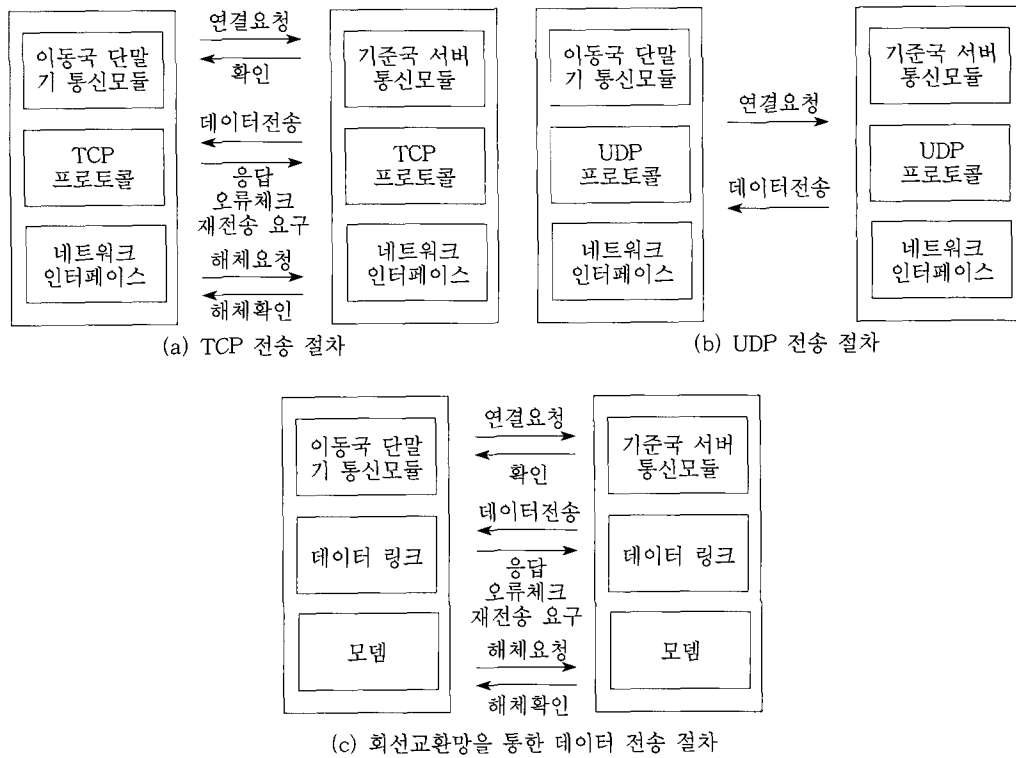


Fig. 2. Protocols for DGPS & RTK Corrections Transmission.

회선교환을 사용하더라도 TCP와 같은 연결절차 및 데이터 전송절차가 필요하지만 패킷교환망의 지연을 해소할 수 있다. 따라서 수미터 이내의 정밀도를 요구하는 DGPS 서비스의 경우는 TCP가 적합하며, 수 mm~수 cm이내의 더욱 정밀한 위치를 보장해야하는 RTK 서비스의 경우는 UDP와 PSTN망을 통한 회선교환망이 적합하다고 할 수 있다.

### 3. 시스템 설계 및 구현

정밀하게 위치가 결정된 기준점에서 계산된 각 위성으로부터의 거리오차 정보를 GPS 사용자에게 전달하고, 이를 이용하여 실시간 정밀위치를 결정할 수 있도록 하는 실시간 오차 보정 시스템에 있어서 보정 데이터의 전송 매체는 중요한 의

미를 갖는다. 무선데이터 통신은 유선망을 이용하는 기존의 통신 서비스와는 달리 휴대용 단말기 (노트북 PC, HPC, PDA 등)로 언제 어디서나 거리나 장소의 제약없이 양방향 통신이 가능한 통신 서비스다. 따라서 본 논문에서는 실시간 위치 정보 실시간 장거리 전송을 위해 무선 통신망을 사용한다.

#### 1) 인터넷을 이용한 DGPS 전송 시스템

인터넷 프로토콜은 연결중심 방법의 TCP 프로토콜과 비연결중심 방법의 UDP 프로토콜을 사용한 방법이 모두 사용이 가능하다. 하지만 앞서 2.4 절에서 언급했듯이 TCP는 신뢰성을, UDP는 실시간 서비스에 적합하다고 밝힌 바 있다. 따라서 DGPS 보정 데이터 전송에 있어서는 비실시간적이지만 신뢰성을 제공하는 TCP 프로토콜이 적합하다고 할 수 있다. 또한 현재 UDP 프로토콜은

휴대폰 회사측의 보안 문제로 인한 포트(port) 사용불가로 인해, 본 연구에서는 TCP 프로토콜만 사용한다.

인터넷을 이용한 DGPS 데이터 전송 시스템은 GPS에 의한 위치정보를 실시간 자동 전송하는 것으로, Fig. 3과 같이 기준국은 위성으로부터 수신된 위치 데이터와 정확하게 알고 있는 위치 데이터의 오차를 GPS 단말기에서 보정하고, 오차 보정 데이터 수신 프로그램을 거쳐 TCP/IP 데이터 전송 프로그램으로 송신하는 과정으로 구성되어 있다. 이동국은 TCP/IP 프로토콜에 의한 망 접속 수단을 통해 기준국으로부터 수신한 보정 데이터를 오차 보정 데이터 송신 프로그램을 통해 이동국의 GPS 단말기로 송신하며, 이동국의 GPS 단말기가 위성으로부터 수신한 위치 데이터의 오차 보정을 수행한 후 측위 결과를 이동국 컴퓨터의 측위 프로그램에 송신하여 정밀측위를 수행하는 과정으로 구성되어 있다.

본 논문에서 개발한 DGPS 데이터 전송 프로그램은 두 부분으로 구성된다.

DGPS 오차 보정 데이터 전송 프로그램은 기준국 서버에 설치되어 GPS 수신기로부터 위치 데이터를 획득하고 인터넷망을 통하여 이동국으로 송신하는 역할을 하며, DGPS 오차 보정 데이터 수

신 프로그램은 이동국에 설치되어 이동국의 위치를 보정하기 위해 보정 데이터를 수신하는 기능을 제공한다. 두 프로그램은 데이터를 송신하고 수신할 수 있는 통신운용 프로그램을 내장하고 있으며, 별도의 직렬통신 포트를 통하여 GPS 수신기로부터 위치 데이터 획득을 위한 프로그램이 부가되어 있다. 기준국의 데이터 전송 프로그램은 한 개의 직렬포트를 사용하도록 설계하였다. PC의 직렬포트 COM1과 GPS 수신기의 출력포트를 연결하여 RTCM 메시지로 구성된 위치정보를 획득한다. 이와 동시에 TCP 포트를 초기화하고 데이터를 일정한 시간간격으로 인터넷 망을 통해 이동국에 전송하도록 하였다. 데이터 전송 흐름도는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 기준국의 서버는 위성으로부터 수신된 위치 데이터와 정확하게 알고 있는 위치 데이터의 오차를 PC의 직렬포트 COM1과 GPS 수신기의 출력포트를 연결하여 RTCM SC-104 메시지로 구성된 위치 정보를 획득한다. 이와 동시에 TCP/IP 통신 포트를 초기화하고, 이동국의 사용자가 인터넷 망을 통해 지정된 포트로 접속을 시도할 때까지 기다린다. 만약 초기 TCP 접속 요구가 있으면 접속을 수용하고, TCP/IP 망의 망 접속 수단을 통하여 데이터를 실시간으로 이동국 시스템에 전송한다. 기준

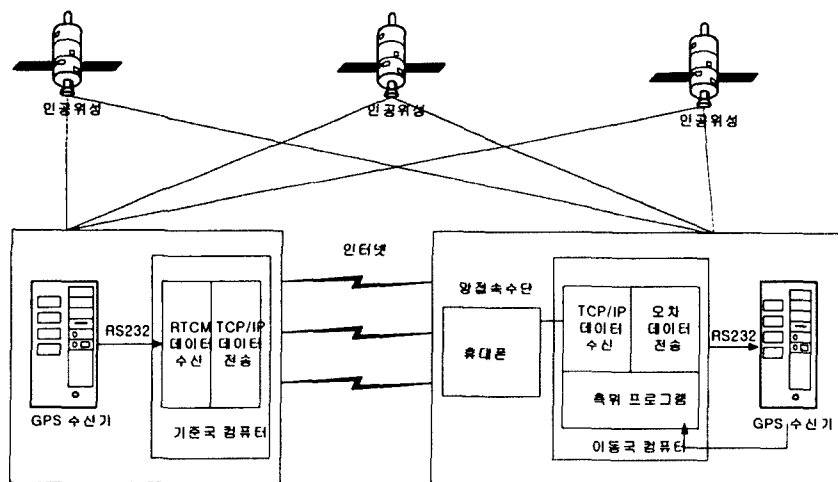


Fig. 3. DGPS system using the Internet.

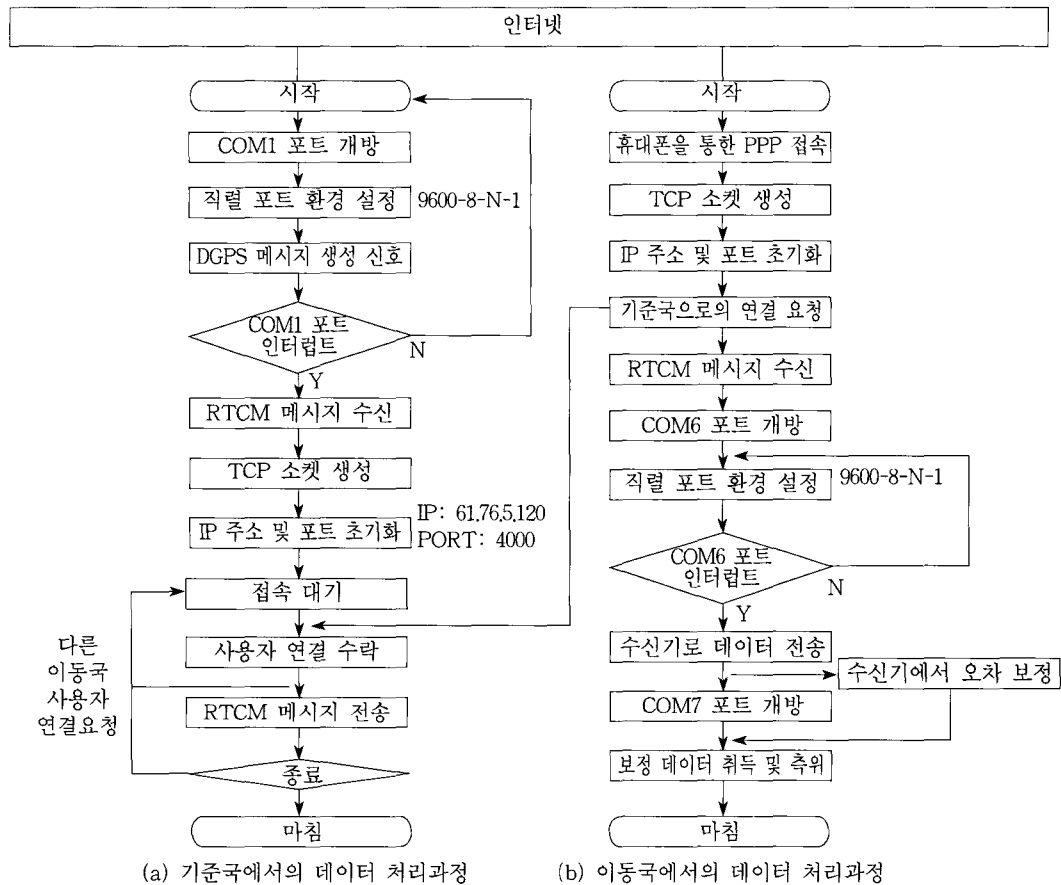


Fig. 4 Flowchart of DGPS system through the Internet.

국의 서버는 다중의 TCP 서버 소켓을 지원하므로, 이미 현재의 TCP 접속 상태가 체결된 상태이면 다음의 소켓을 통해 TCP 접속 요구를 수행하게 된다. 이동국의 컴퓨터는 휴대폰을 통한 인터넷 망에 접속되어 자신의 IP 주소를 기준국에 알려주며, 기준국으로부터의 오차를 TCP/IP 데이터 수신 프로그램으로 수신하고, 데이터 송신 프로그램을 이용하여 이동국의 GPS 단말기로 전송해 주면 오차 보정을 수행한 후 측위 결과를 이동국 컴퓨터의 측위 프로그램이 다시 수신함으로써 정밀 측위를 수행하게 된다.

## 2) PSTN망을 이용한 RTK 전송 시스템

DGPS와는 달리 RTK 오차 보정 신호 전송은

비신뢰적이지만 실시간을 보장하는 서비스를 요구하게 된다. 따라서 RTK 보정 신호 전송을 위해서는 UDP 프로토콜과 회선교환을 통한 서비스가 적합하다고 할 수 있다. 하지만 앞서 1)절에서도 언급했듯이 UDP 프로토콜은 휴대폰 회사측의 보안 문제로 인한 포트(port) 사용불가로 인해, 본 논문에서 제안하는 RTK 오차 보정 신호 전송을 위해서는 PSTN망을 이용하는 회선교환 서비스를 사용한다.

본 논문에서 제안하는 PSTN망을 이용한 RTK 데이터 전송 시스템은 GPS에 의한 RTK 위치정보를 실시간 자동 전송하는 것으로 그 구성은 Fig. 5와 같다.

기준국은 위성으로부터 수신된 위치 데이터와

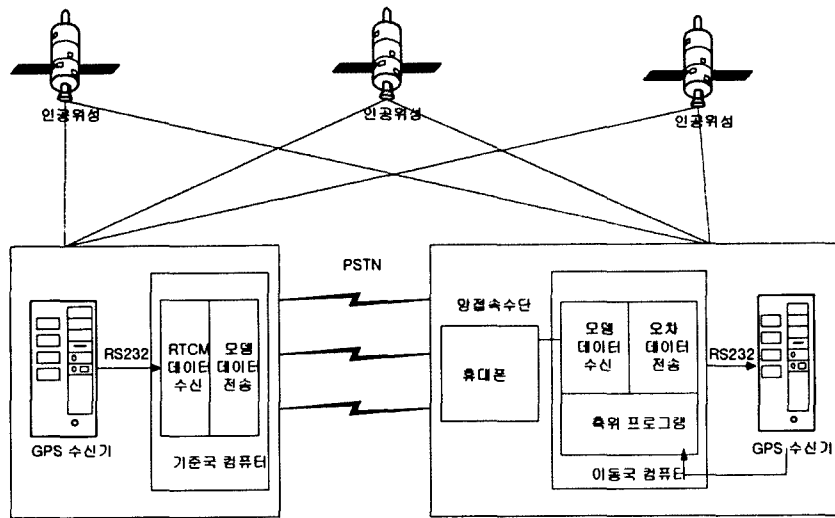


Fig. 5. RTK system using the PSTN network.

정확하게 알고 있는 위치 데이터의 오차를 GPS 단말기에서 보정하고, 오차 보정 데이터 수신 프로그램을 거쳐 모뎀 데이터 전송 프로그램으로 송신하는 과정으로 구성되어 있다. 이동국은 PSTN 망을 통해 기준국으로부터 수신한 보정 데이터를 오차 보정 데이터 송신 프로그램을 통해 이동국의 GPS 단말기로 송신하며, 이동국의 GPS 단말기가 위성으로부터 수신한 위치 데이터의 오차 보정을 수행한 후 측위 결과를 이동국 컴퓨터의 측위 프로그램에 송신하여 정밀측위를 수행하는 과정으로 구성되어 있다. 1)절에서 제안한 인터넷망 자체를 사용하였을 경우 전송거리의 제한은 해결할 수 있었지만, TCP 프로토콜의 특징인 가변적인 트래픽으로 인한 데이터 전송이 불규칙하기 때문에 본 논문에서 제안하는 PSTN망을 통한 데이터 전송 방법은 RTK 시스템의 특징인 실시간 위치 데이터 전송을 위한 것이다.

본 논문에서 개발한 RTK 데이터 전송 프로그램은 두 부분으로 구성된다.

오차 보정 데이터 전송 프로그램은 기준국 서버에 설치되어 GPS로부터 위치 데이터를 획득하고 PSTN망을 통하여 이동국으로 송신하는 역할을 하며, 오차 보정 데이터 수신 프로그램은 이동

국에 설치되어 이동국의 위치를 보정하기 위해 보정 데이터를 수신하는 기능을 제공한다. 두 프로그램은 데이터를 송신하고 수신할 수 있는 통신용 프로그램을 내장하고 있으며, 별도의 직렬통신 포트를 통하여 GPS 수신기로부터 위치 데이터 획득을 위한 프로그램이 부가되어 있다. 기준국의 데이터 전송 프로그램은 두 개의 직렬포트를 사용하도록 설계하였다. PC의 직렬포트 COM1과 GPS 수신기의 출력포트를 연결하여 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Service)-104 메시지로 구성된 위치정보를 획득한다. 이와 동시에 모뎀 포트를 초기화하고 데이터를 일정한 시간간격으로 PSTN망을 통해 이동국에 전송하도록 하였다. 데이터 전송 흐름도는 Fig. 6과 같다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 기준국의 서버는 위성으로부터 수신된 위치 데이터와 정확하게 알고 있는 위치 데이터의 오차를 PC의 직렬포트 COM1과 GPS 수신기의 출력포트를 연결하여 RTCM SC-104 메시지로 구성된 위치 정보를 획득한다. 이와 동시에 모뎀 통신 포트를 초기화하고, 이동국의 사용자가 휴대폰을 통한 PSTN 망을 통해 지정된 포트로 접속을 시도할 때까지 기다린다. 만약 이동국 접속 요구가 있을 경우 호출번호를 검색하여



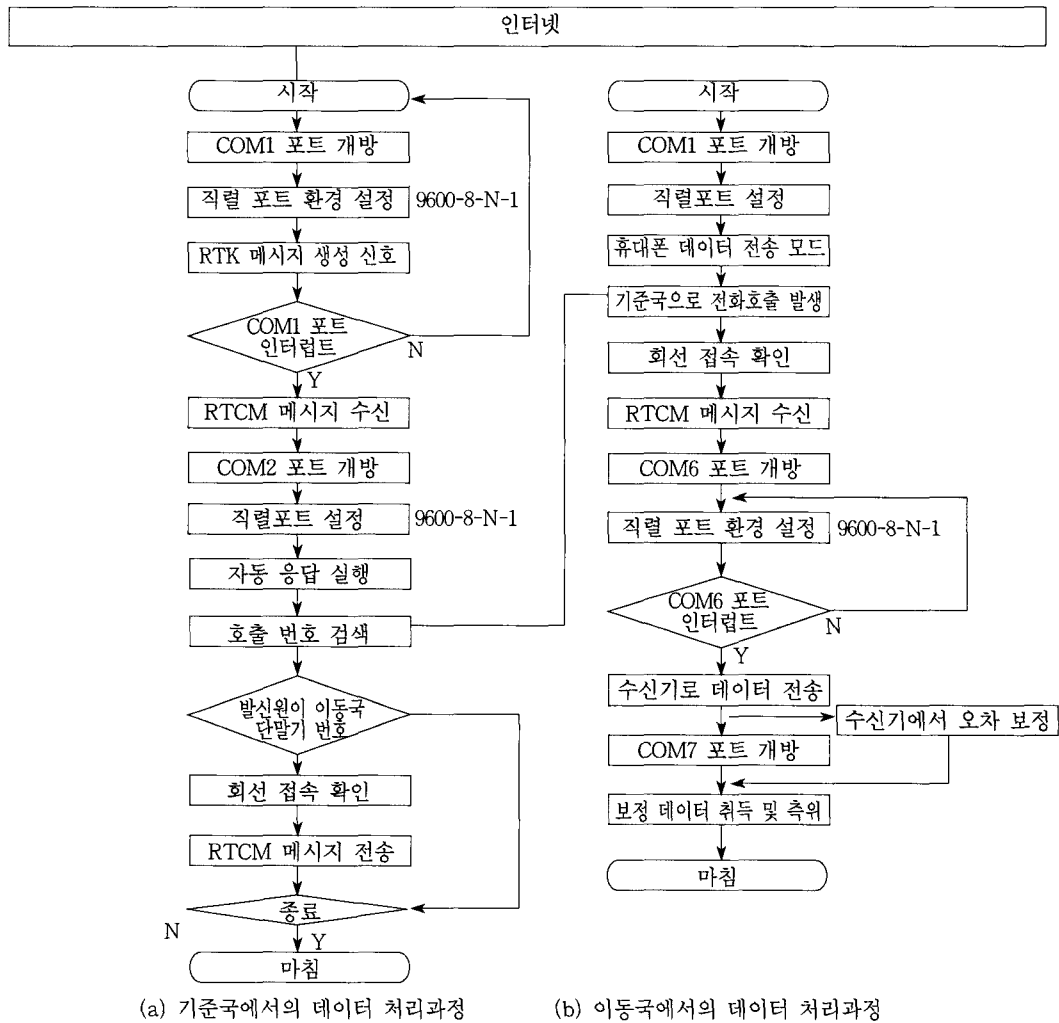


Fig. 6. Flowchart of RTK system through the PSTN network.

인증된 번호일 경우 접속을 수용하고, PSTN망을 통하여 데이터를 실시간으로 이동국 시스템에 전송한다. 본 논문에서는 기준국의 서버가 다중 이동국을 지원하도록, 이미 현재의 모델의 접속 상태가 체결된 상태이면 다음의 전화번호를 통해 모델의 접속 요구를 수행하게 된다. 이를 위하여 기준국의 전화번호를 5회선으로 할당하였다. 따라서 이동국측의 사용자는 모델을 통해 기준국의 대표 번호로 접속하고, 이미 다른 사용자가 접속하였을 경우에는 자동으로 나머지 회선으로 접속된다.

이동국의 컴퓨터는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 휴대폰을 통해 PSTN 망에 접속하여 이동국 인증을 위해 자신의 전화번호를 기준국에 알려주며, 기준국으로부터의 오차를 데이터 수신 프로그램으로 수신하고, 데이터 송신 프로그램을 이용하여 이동국의 GPS 단말기로 전송해주면 오차 보정을 수행한 후 측위 결과를 이동국 컴퓨터의 측위 프로그램이 다시 수신함으로써 정밀 측위를 수행하게 된다.

### 4. 실험 결과 및 고찰

Fig. 7에서 보는 바와 같이 부산11(동부), 진주 11(동부), 언양11(동부)의 삼각점과, 부산, 울산, 밀양, 거제에 이미 정확한 좌표를 알고 있는 절대 기준점에 의한 RTK-GPS 기준국네트워크를 설치하고, 영도 동삼동 지역을 이동국으로 측위 실험을 하였다.

본 실험에 앞서 두 개의 가정을 설정하였다. 첫째 절대 기준점의 좌표는 오차가 없다는 것과 좌표계 사이의 변환 과정에서 발생하는 오차는 없다는 가정을 설정하였다. GPS 위치정보는 WGS-84(World Geodetic System-84) 경위도 좌표이지만,

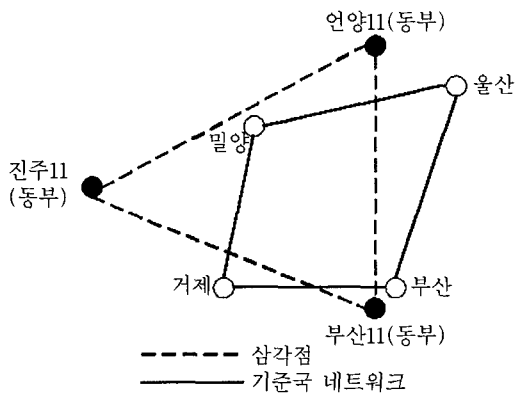


Fig. 7. 이동국의 네트워크 유효범위.

현재 국립지리원에서 배포하는수치 지도는 Bessel 타원체를 기준으로 하는 TM(Transverse Mercator) 좌표계를 사용하기 때문에 두 좌표계간에 변환이 필요하다. 실제, KGS(Korea Geographic System) 좌표계에서 WGS-84 좌표계로, WGS-84에서 UTM(Universal Transverse Mercator) 좌표계로의 변환 과정에서 작은 오차가 발생하게 된다 (조익성, 임재홍, 2001).

이동국의 컴퓨터는 COM 포트 3개가 필요하게 되는데 이는 기준국으로부터 수신받은 오차를 이동국 GPS 단말기로 전송하기 위한 포트와, GPS 단말기에서 수행된 오차 보정 측위 결과를 이동국 컴퓨터의 측위 프로그램으로 수신하기 위한 포트, 핸드폰 데이터 통신을 위한 포트가 구성된다. 본 논문에서는 이를 수행하기 위해 멀티포트 카드를 사용하였다.

측위 실험은 2002년 4월 1일부터 24시간동안 기준국으로부터 반경 70km 이내 지역에서 휴대폰 접속을 통해, 인터넷을 이용한 DGPS 및 PSTN망을 이용한 RTK 오차 보정 데이터를 Javad Odyssey 수신기에서 보정한 후 그 결과를 측정하였다. 또한 RTK 오차 보정 신호의 실시간 정밀도를 위해, 거리에 따라 인터넷을 사용하였을 경우와 PSTN망을 사용하였을 경우의 성능을 비교 분석하였다.

인터넷을 이용한 DGPS 시스템과 기존 연구와

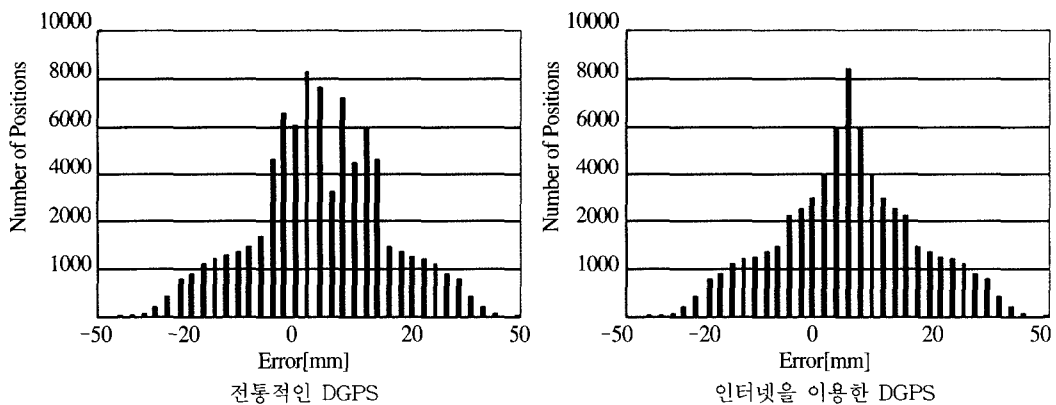


Fig. 8. Legacy DGPS and Internet DGPS position errors in north.

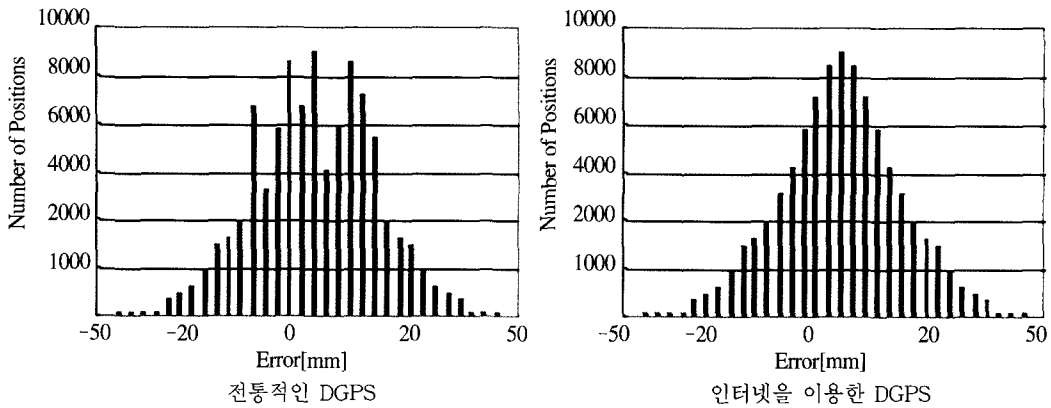


Fig. 9. Legacy DGPS and Internet DGPS position errors in east.

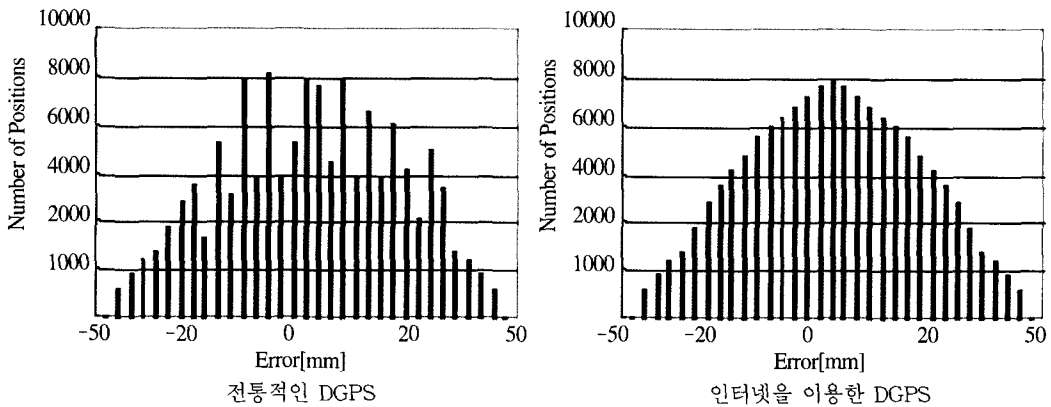


Fig. 10. Legacy DGPS and Internet DGPS position errors in vertical.

의 비교를 위해 무선모뎀을 통한 실험도 같은 환경에서 이루어졌는데, 이 실험을 위해서는 무선모뎀에서의 거리가 제한적이므로 부산 영도 동삼동에 기준국을 설치하고, 이동국과의 거리를 10km로 제한하여 그 반경안에서 실험을 수행하였으며, Fig. 8, 9, 10에 그 결과를 나타내었다.

x축은 실제 위치와 실험한 결과와의 위치 오차를 나타내며, y축은 포착된 위치 수를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 인터넷을 사용하였을 경우, 북위에서는 99% 이상이 오차범위 50mm안에, 동경에서는 45mm안에, 고도에서는 60mm안에 위치가 포착되었다. 결국 수십 mm안에 이동국의 위치가 정확하게 포착됨을 알 수 있으며, 이는

DGPS 측위를 위한 오차 범위를 만족하는 수준이라 할 수 있다. 실험결과를 통해 제한된 거리에서는 무선 모뎀과 인터넷을 이용한 방법과의 차이가 극소했지만 기준국과 이동국의 거리가 2km를 넘었을 경우에는 무선 모뎀을 사용한 기존방식의 오차가 높아짐으로 인해 정확한 보정이 이루어지지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

또한 PSTN망을 통한 RTK 시스템의 정밀도를 위해 인터넷망을 통한 RTK 시스템의 실험도 함께 이루어졌다. 먼저 RTCM 메시지 전송을 위한 데이터 지연을 비교한 결과 Fig. 11에서와 같이 인터넷망은 패킷 중심적인 데이터 전송으로 인해 데이터 지연이 심하게 나타났고, PSTN망은 회선 중

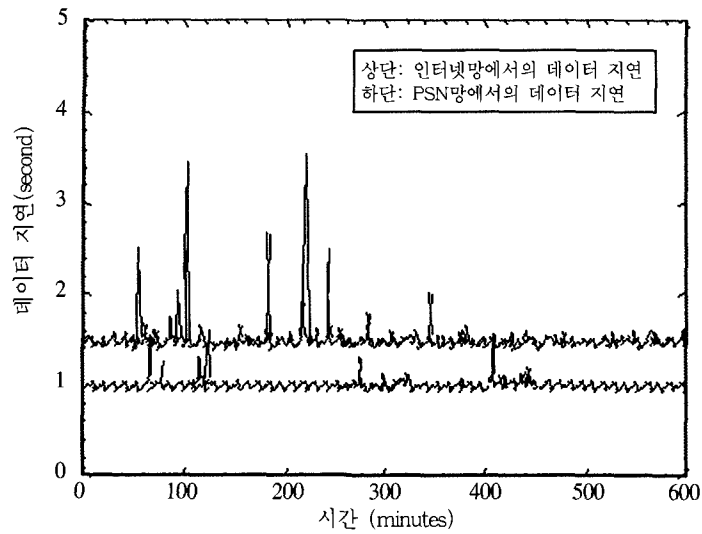


Fig. 11. Latency of the RTCM messages over the Internet and PSTN network.

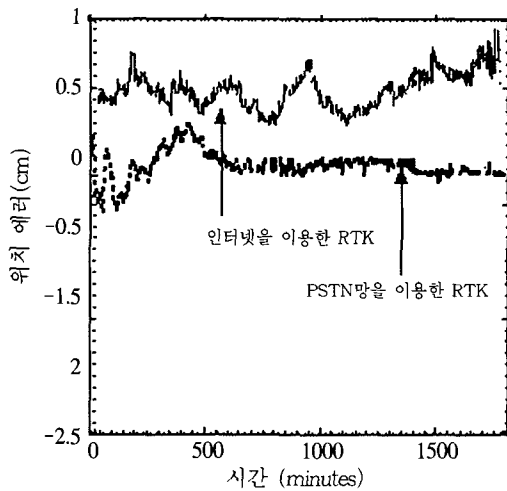


Fig. 12. Comparison of RTK position error in north.

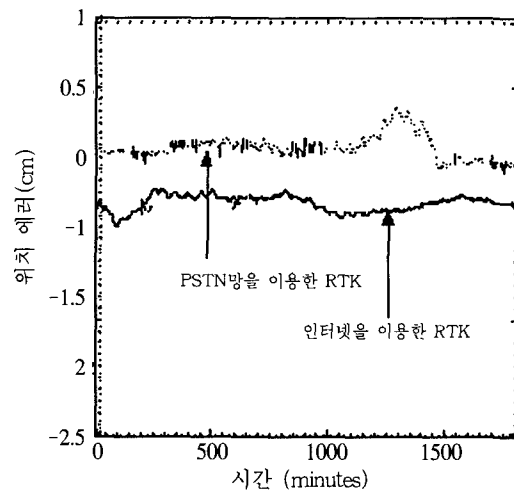


Fig. 13. Comparison of RTK position error in east.

심적인 데이터 전송으로 인해 데이터 지연이 대체로 완만하게 나타났다.

RTK 실험은 보정 데이터의 정확도를 위해 시간에 따른 오차율을 비교하여 Fig. 12, 13, 14에 나타내었다. 요구되는 초기화 시간은 10km를 기준으로 평균 시간은 약 87초가 소요되었으며, 북위와 동경에서의 위치 에러율은 차이가 극소했지만 고도에서의 위치 에러는 상당한 차이를 나타내었다. 이는 인터넷 사용자의 폭주로 인한 트래픽으

로 위치 데이터 전송의 지연이 일어났음을 추측할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 기존의 DGPS 및 RTK 시스템의 정밀 측위에 있어 기준점으로부터의 거리 제한과 실시간으로 데이터 처리를 전산화하기 힘든 문제

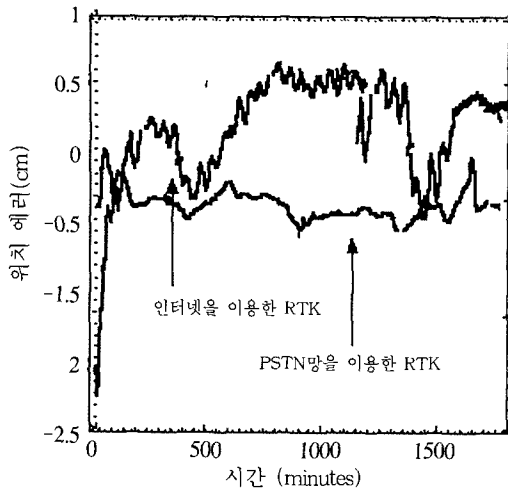


Fig. 14. Comparison of RTK position error in vertical.

점을 해결하기 위한 방안으로 인터넷과 PSTN망을 이용하여 전송거리의 제한을 제거하고 유,무선 데이터 통신이 가능한 어느 곳이나 DGPS 및 RTK 오차 보정 데이터를 전송할 수 있는 시스템을 구현하였다. 이는 수미터 이내의 정밀도를 요구하는 DGPS 서비스의 경우는 인터넷을 적용하고, 수 mm~수 cm이내의 더욱 정밀한 위치를 보장해야 하는 RTK 서비스의 경우는 PSTN망을 사용하여 휴대폰의 사용이 가능한 곳이면 어느 곳이나 실시간 오차 보정 데이터의 전송을 가능하게 하는 것이다.

이를 위해 실시간 이동 측위 기법인 DGPS 및 RTK 보정 신호 전송을 위한 프로토콜을 고찰하고, 제한한 방법대로 4개 지역에 기준국을 설치하고, 이동국에서 위치 데이터를 실시간으로 측정하여 실제 위치와의 오차율을 통한 타당성을 확인하였다.

실험결과를 통해 DGPS의 경우에는 인터넷을 이용하고, RTK의 경우에는 PSTN망을 사용하여 이동국의 위치를 보정해 줌으로써 이러한 제안의 타당성을 검토해 보았다. 또한 인터넷과 PSTN망을 사용하였을 경우의 데이터 전송 지연을 비교하기 위해 RTK 시스템에 인터넷망을 적용하였다. DGPS의 경우, 기존 방식만을 이용하면, 2km를 넘

었을 경우 오차율이 크고, 보정시에는 오차율이 낮음을 알 수 있었다. 인터넷을 이용한 RTK의 경우 PSTN망을 통한 RTK에 비해 북위와 동경에서의 위치 에러는 극소했지만 고도에서의 위치 에러는 상당한 차이가 있었다. 이는 인터넷망을 통해 이동국측에서 수신 데이터의 혼잡지연이 발생하여 오차가 발생하는 것이다. 결국 정밀도를 요하는 RTK 시스템의 경우, 인터넷망을 사용하였을 경우 데이터의 혼잡 지연으로 인해 정확한 위치보정을 할 수 없다는 결론을 얻을 수 있었다.

본 논문에서는 PSTN망을 사용해 RTK 시스템의 실시간 정밀도 및 거리 제한을 해결하였다. 향후 연구로는 UDP 프로토콜을 사용한 방법과의 성능 비교가 수행되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- Martin, W. and F. van Diggelen, 1997. GPS+GLONASS Technology, *Geomatics Info Magazine*, pp. 73-75.
- Euler H. J., C. R. Keenan, B. E. Zebhauser and G. Wubena, 2001. Study of a Simplified Approach in Utilizing Information from Permanent Reference Station Arrays, Paper presented at ION GPS '2001.
- Zhodzishsky, M., M. Vorobiev, A. Khvalkov and J. Ashjaee, 1997. Real-Time Kinematic (RTK) Processing for Dual-Frequency GPS/GLONASS, *Javad Positioning Systems (JPS)*.
- 윤세미, 조익성, 임재홍, 2002. 모바일 환경에서 vCard 서비스를 위한 웹 에이전트의 설계 및 구현, 정보처리학회 논문지, 9-D(3): 477-486.
- RTCM Recommended Standards For Differential Navstar GPS Service, 1994. V2.1, RTCM Paper 194-93/SC104-STD, January 3.
- Kozlov, D. and M. Tkachenko, 1997. Instant RTK cm with Low Cost GPS+GLONASS Receivers,

- Proc. of ION GPS-97*, pp. 1559-1569.
- 양형선, 신철호, 2000. GPS를 이용한 실시간 선박 위치정보시스템 개발, 한국항해학회지 24(1): 57-64.
- Landau, H., R. Hundt and A. Muler, 1994. A GPS Monitoring System: Concept, Implementation and Experiences, *Proc. of the Institute of Navigation Satellite Meeting*, Salt Lake City, Utah, pp. 1321-1327.
- Van der Merl, H., van der Hoeven, H. J. P. Derks and H. Kelin Baltink, A. C. A. P. van Lammeren and A. J. M. Kusters, 1998. Virtual GPS Reference Stations in the Netherlands, *Proc. of the Institute of Navigation Satellite Meeting*.
- Bellovin, S. M., 1989. *Security Problem in the TCP/IP Protocol Suite*, AT&T Bell Laboratories.
- 조익성, 임재홍, 2001. DGPS 보정 신호 실시간 장거리 전송 방안, 대한원격탐사학회지, 17(3): 243-251.
- Wubena, G., A. Bagge, G. Seeber, V. Buer and P. Hankemeier, 1996. Reducing Distance Dependent Errors for Real-Time Precise DGPS Applications by Establishing Reference Station Networks, *Proc. of the Institute of Navigation Satellite Meeting*, Kansas City, Missouri, pp. 1845-1852.