

TCP/IP를 이용한 RTK-GPS 보정 신호 장거리 전송 시스템의 설계 및 구현

조 익 성[†] · 임 재 흥^{††}

요 약

GPS(Global Positioning System)를 이용한 측위는 현재 가장 널리 쓰이는 측위 기법이다. 그러나 GPS 위치 측정시 일반 사용자는 전리층과 대류권의 영향과 미국방성의 의도적인 오차들로 인해 항법이나 측위 등의 응용분야에서 만족할 만한 정확도를 얻을 수 없다. DGPS(Differential Global Positioning System)는 이러한 제약들을 해결할 수 있는 방법으로써, 이는 공통 오차를 제거하여 높은 정확도를 얻을 수 있다. 하지만 DGPS를 사용한 경우에도 정밀 측위에 있어서는 기준점으로부터의 거리 제한과 실시간 데이터 처리가 힘든 문제점을 내재하고 있다. 따라서 본 논문에서는 TCP/IP를 이용한 보정 신호 장거리 전송 시스템의 설계 및 구현에 관하여 논한다. 이는 데이터 전송거리가 제한되는 종래의 무선 모뎀 방법에서의 문제를 해결하기 위하여 TCP와 UDP 또는 IP 프로토콜로 구성되는 TCP/IP 프로토콜 스택을 이용함으로써 어느 곳이나 RTK-GPS 위치 정보 데이터의 전송을 가능하게 한다.

Design and Implementation of RTK-GPS Error Correction Signal Transmission System for Long-Distance using the TCP/IP

Ik-Sung Cho[†] · Jae-Hong Yim^{††}

ABSTRACT

GPS is one of today's most widely used surveying techniques. But, users can't acquire an enough accuracy in applications of the navigation or geodesy by the GPS positioning technique because of the effects of the ionosphere and troposphere and US DoD's systematic errors. The solution of these restrictions is the DGPS technique that is to eliminate the common errors and can achieve a high accuracy. Although of sufficient density for good DGPS, accuracy of positioning is just not dense enough to provide complete coverage for real-time positioning, because distances between base and rover is short. In this paper, we designed and implemented a RTK-GPS error correction signal transmission system for long-distance using the TCP/IP, which consist of TCP, UDP and IP, which allows a user to increase the distance at which the rover receiver is located from the base, due to radio modem.

키워드 : GPS, DGPS, RTK-GPS, 보정 신호(Error Correction Signal)

1. 서 론

GPS(Global Positioning System)는 현재까지 개발된 전파에 기반을 둔 항법 체계 중 가장 정확한 정보를 제공하고 있다. 현재 실제로 많은 응용분야에 있어서도 기존에 사용되었던 방법들에 비해 높은 정확도의 3차원 좌표를 얻을 수 있는 장점을 갖고 있다.

그러나 이러한 응용 분야에서 일반 사용자가 10~30 meter 이상의 정밀도로 위치를 결정하는 것은 현실적으로 불가능한데 이것은 수신기가 결정하는 위성까지의 거리자료에 여러 가지 오차 요인이 복합적으로 영향을 미치기 때문이다.

수신기와 안테나의 특성이나 지역적인 특성에 따른 오차, 신호전달 과정에서의 지연에 의한 오차, 특히 미국방성에서 고의로 민간 GPS 이용의 정밀도를 저하시키기 위한 SA (Selective Availability)가 시행중일 때는 이보다 더욱 정밀도가 떨어지게 되는데, 이는 단독으로 작동되는 수신기가 자신이 계산하고 있는 위치 정보가 틀린지 맞는지 판단할 수 있는 방법이 없기 때문이다[1]. 물론, 2000년 5월 1일 백악관에서 미국의 GPS 오차 중 민간 부문에 의도적으로 포함시켰던 SA를 제거하기로 결정함에 따라 군에서 사용하는 것과는 보다 정밀한 위치 정보를 수신할 수 있게 되어 전반적으로 위치 정확도가 향상되었지만 GPS 수신기의 종류와 전리층에 의한 영향에 따라 향상도는 달라지게 된다[2, 13]. 따라서 정밀한 좌표를 원하는 응용 분야에서

[†] 준 회 원 : 동명대학 정보통신계열 교수

^{††} 정 회 원 : 한국해양대학교 공과대학 전파·정보통신공학부 교수
논문접수 : 2001년 6월 18일, 심사완료 : 2001년 11월 23일

단일 GPS로는 큰 오차로 인하여 충분한 정확도를 얻을 수 없으므로, 위치 결정의 오차를 극소화 시킬 수 있는 DGPS (Differential Global Positioning System)의 사용은 필연적이라 할 수 있다. 하지만 DGPS를 이용한 경우에도 무선 모뎀의 사용으로 인한 기준국과 이동국 사이의 오차 보정을 위한 데이터 전송거리가 2 내지 3km로 제한되며 전파 장애물이 있을 경우 더욱 전송거리가 제한된다. 따라서 본 논문에서는 전송거리의 제한 없이 인터넷의 사용이 가능한 곳이면 어느 곳이나 실시간 오차 보정 데이터의 전송을 가능하게 함으로써 기준국과 이동국간의 데이터 전송거리의 제한을 제거하며, 기준국 역할의 서버를 설치하여 여러 GPS 단말기로부터의 위치 정보를 다양한 데이터 형식으로 제공하여 운수업체나 건설업의 측량 및 지도제작 업체 등의 서비스 가입업체들이 위치결정의 기준이 되는 기준국의 위치 정보를 어느 곳에서나 정확히 수신하여 정밀 측위를 가능하게 하는 것을 목적으로 한다.

본 논문에서는 RTK(Real Time Kinematic)-GPS 보정 신호 장거리 전송을 위하여 기존의 실시간 이동 측위 기법과 그 문제점을 고찰하고, 이를 토대로 기존 RTK의 문제점을 해결하기 위한 TCP/IP를 이용한 RTK-GPS의 구성, 기준국 수신기로부터 보정 신호를 자동 획득하여 이동국으로 실시간 전송할 수 있는 데이터 통신 운용 시스템의 구현 등, TCP/IP를 이용한 RTK-GPS 보정 신호 장거리 전송 시스템의 설계 및 구현에 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 이동 측위 기법(RTK)에 대하여 논하고, 3장에서는 TCP/IP를 이용한 RTK-GPS 보정 신호 장거리 전송 시스템의 설계 및 구현에 대하여, 4장에서는 실험 결과 및 고찰에 대하여, 마지막으로 5장에서는 결론을 서술한다.

2. 실시간 이동 측위 기법(RTK)

2.1 RTK의 기본원리

상대 측위의 경우 2대 이상의 GPS 단말기가 요구되는데, 이 중 적어도 1대는 위치가 정확하게 알려진 고정된 장소에 설치되어 위성으로부터 전송된 위치와 정확하게 알려져 있는 위치와의 오차를 측정하며, 이러한 오차 정보가 이동하는 GPS 단말기에 전송되어 오차 보정이 이루어지게 함으로써 정확한 측위를 가능하게 하며, 이러한 방법을 DGPS라 한다.

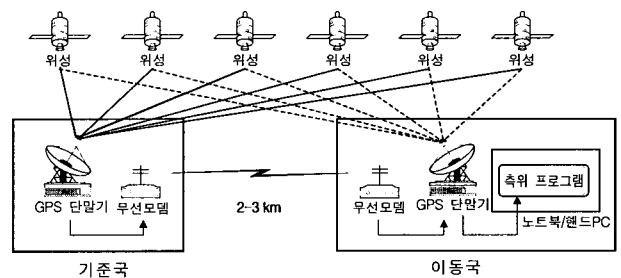
DGPS 방법에는 후처리 상대 측위 기법과 실시간으로 오차를 보정하는 실시간 이동 측위 기법이 있는데, RTK 경우 현재는 위치 데이터 전송을 위하여 무선 모뎀을 사용하고 있다[3].

GPS의 신호체계상 반송파에 의한 위치결정 방법이 코드에 의한 위치결정보다 정밀도면에서 큰 이득을 주지만, 반송파에 의한 단독 측위 기법 역시 후처리 상대 측위 기법보다는 정밀도가 떨어지는 단점을 가지고 있다. 광범위한 관측점의 정밀 좌표들을 빠른 시간 내에 획득하기 위해서는 이동측량을 수행하는 동시에 후처리 자료 처리 기법이 갖는 정밀도에 근접한 결과를 산출할 수 있는 방법이 요구된다. 이러한 목적을 위해 개발된 것이 고정밀 이동측위 기법인 RTK로서, 기본개념은 정밀한 위치를 확보한 기준점의 반송파 오차 보정치를 무선 모뎀을 이용하여 실시간으로 이동국으로 전송함으로써 수 cm의 정밀도를 유지하는 관측치를 얻을 수 있게 하는 것이다[4]. 즉 오차 보정을 위해 기준국에서 전송되는 데이터가 반송파 수신자료라는 것을 제외하고는 후처리 상대 측위 기법의 개념과 거의 유사하다. 다만 RTK가 각 위성에 대한 반송파 측정치를 지속적으로 제공하여야 하고, 정보의 전송장애로 발생할 수 있는 오차의 한계가 후처리 상대 측위 기법보다 상대적으로 크기 때문에 보다 안정적이고 신속한 정보전달 통신 시스템이 요구된다. 현재 GPS를 응용하는 여러 분야에서 후처리 상대 측위 기법과 RTK가 주로 사용되고 있으며, GIS나 측량, 항법 등 모든 응용분야가 RTK에 초점을 맞추어 실용화되고 있다[5].

2.2 RTK의 구성

RTK의 경우 고정된 위치에서 오차를 측정하는 GPS 단말기를 기준국(base station)이라 하고 이동 측량을 수행하는 단말기를 이동국(rover station)이라 한다. (그림 1)은 GPS 단말기에 무선 모뎀을 이용하여 기준국과 이동국 사이의 오차 보정 데이터를 전송하는 RTK의 전체적인 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[6, 7].

그림에서 보는 바와 같이, 기준국은 위성으로부터 수신된 데이터와 정확하게 알고 있는 위치 데이터를 GPS 단말기에서 계산하여 무선 모뎀을 통해 이동국으로 송신하며, 이동국은 무선 모뎀을 통해 수신한 데이터를 GPS 단말기를



(그림 1) 실시간 이동 측위기법

통하여 오차 보정을 수행한 후 측위 결과를 이동국의 컴퓨터의 측위 프로그램으로 송신함으로써 정밀 측위를 수행하는 과정으로 구성된다[8].

2.3 RTK의 문제점

종래의 RTK 방법은 기준국과 이동국간에 오차 보정 데이터를 전송하기 위해 무선 모뎀을 사용함으로써, 전송거리가 2 내지 3km로 제한되며, 전파 장애물이 있을 경우 더욱 전송거리가 제한되는 등의 많은 불편이 있었다. 또한 GPS 단말기가 고가이므로 고정된 위치에 있는 단말기를 관리하기 위해서 인력이 항상 상주해야 하고, 기준국과 이동국의 GPS 단말기 제품의 종류가 다를 경우에는 전송 데이터 형식이 맞지 않으므로 정확한 오차 보정을 수행할 수 없는 단점이 있다[9, 12].

따라서 본 논문에서는 종래 기술의 문제점을 해결하는 것을 목적으로 하며, 구체적으로는 기준국과 이동국간의 거리제한 및 장애물에 의한 제한을 해결하는 것이다. 또한 다수의 이동국을 관리하는 문제점과 측위의 효율성이 저하되는 문제점을 해결하는 것을 목적으로 한다.

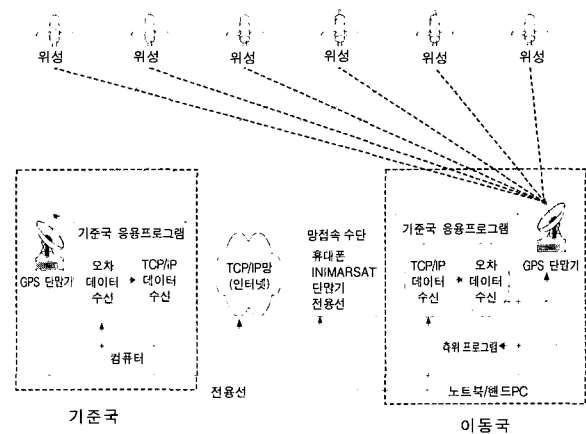
3. 시스템 설계 및 구현

3.1 전체 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 TCP/IP를 이용한 RTK-GPS 데이터 전송 시스템은 GPS에 의한 위치정보를 실시간 자동 전송하는 것으로 그 구성은 (그림 2)와 같다.

기준국은 위성으로부터 수신된 위치 데이터와 정확하게 알고 있는 위치 데이터의 오차를 GPS 단말기에서 보정하고, 오차 보정 데이터 수신 프로그램을 통하여 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 제안하는 RTK-GPS 데이터 전송 방법은 연결중심(connection-oriented) 방법의 TCP 프로토콜과 비연결(connectionless) 방법의 UDP 프로토콜을 사용한 방법이 모두 사용이 가능하다. 하지만 본 연구를 수행하는데 있어서 UDP가 속도면에서 빠른 성능을 보인다고 판단되어, UDP 프로토콜을 사용하려고 했으나 PPP를 통한 TCP/IP를 할당하는 핸드폰 통신 회사측에서 자체적인 보안을 위해 방화벽을 구동시켜 UDP포트를 막아놓았기 때문에 현재 핸드폰을 통한 UDP 프로토콜을 사용하는 것은 불가능하여 본 연구에서는 TCP 프로토콜을 사용한다.



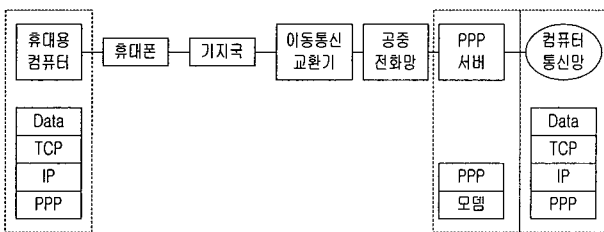
(그림 2) 전체 시스템 구성도

3.2 휴대폰을 통한 TCP/IP

현재 인터넷 접속은 대부분 컴퓨터 통신망에 연결된 컴퓨터를 이용하여 접속하는 방법과 공중 전화망(PSTN : Public Switch Telephony Network) 가입자가 휴대용 컴퓨터와 모뎀을 이용하여 공중 전화망을 경유하여 컴퓨터망을 접속하는 방법으로 수행되고 있다. 이 접속 방법은 물리적으로 연결된 선을 통해 통신이 이루어지므로 이동중에는 접속이 불가능하다. 또한, 공중 전화망에서 일반 가입자가 휴대용 컴퓨터에 전화 라인을 연결한 후 공중 전화망에 접속된 점대점 프로토콜(PPP : Point To Point) 서버를 이용하여 인터넷 서비스를 사용하고 있으나 이동중에는 사용할 수가 없는 문제점이 있다. 따라서 이동 전화망 가입자가 이동 단말기에 연결된 휴대용 컴퓨터를 이용하여 무선 구간을 통해 이동 전화망에 접속한 후 이동 전화망에 연결된 공중전화망을 경유하여 PPP 서버에 접속하여 컴퓨터 통신망을 통해 이동하면서 TCP/IP 접속을 인터넷 접속 방법을 제공해야 한다.

(그림 3)은 현재 이동통신 시스템에서 휴대폰 사용자가 PPP 서버에 PPP 접속 후, 동적 IP 주소를 할당받아 TCP/IP 서비스를 수행하는 과정이다. 휴대용 컴퓨터에서 PPP 접속을 위한 응용프로그램을 이용하여 모뎀 명령어 및 착신 전화번호를 입력하고 PPP 접속을 요구하는 메시지를 핸드폰으로 요구하면, 휴대폰은 발신 메시지에 데이터 서비스임을 표시하여 기지국으로 연결 설정을 요구한다. 기지국은 연결 설정 메시지를 통하여 이동통신 교환기로 데이터 서비스 설정을 요구하고, 이동통신 교환기는 연결이 요구되는 휴대폰의 위치 정보를 조회하고 통보받은 후, 통보받은 정보를 이용하여 이동 전화망에 연결된 PPP 서버로 연결 설정을 요구한다. 이때 핸드폰의 전화번호가 공중 전화망에 수용된 경우, 공중 전화망을 경유하여 공중 전화망에 연결된 PPP 서버로 연결 설정을 요구하게 된다. 이동통신교환기는 인터넷 서비스를 위해 무선 데이터 연동 장치로 채널 설정을 요구하고, 무선 데이터 연동장치는 채널의 설정 및 모뎀 초기화 후 이동통신 교환기로 무선 데이터 연동 장치

와 이동통신 교환기간의 채널이 연결되었음을 통보한다. 이와 같은 과정을 통해 휴대용 컴퓨터와 무선 데이터 연동 장치간에 채널이 연결되며, 휴대용 컴퓨터에서는 TCP/IP 설정을 시작하고 PPP 서버로부터 PPP 접속 완료 통보를 기다린다. PPP 서버가 연결 설정 요구를 받은 후 PPP 프로토콜을 시작하고 인터넷 주소를 할당한 후, 이동통신 교환기로 연결 설정 완료를 통보하면, 공중 전화망을 경유하여 이동통신 교환기로 연결 설정 완료를 통보하여, 이동통신 교환기는 기지국, 이동 단말기를 경유하여 휴대용 컴퓨터로 연결이 완료되었음을 통보한다. 이때 휴대용 컴퓨터와 PPP 서버간에는 PPP가 접속된 상태며 사용자는 휴대용 컴퓨터에서 인터넷 응용 프로그램을 이용하여 TCP/IP를 수행할 수 있다. 따라서 휴대폰의 TCP/IP 접속 과정은 음성 서비스를 위해 사용되는 채널을 사용하여 휴대용 컴퓨터에서 이동통신 시스템에 연결된 혹은 공중 전화망에 연결된 PPP 서버와 PPP 프로토콜을 이용하여 TCP/IP 서비스를 수행함으로써 이동통신 가입자가 별도의 장비 없이 휴대용 컴퓨터와 휴대폰을 이용하여 언제, 어디서나 편리하게 인터넷 서비스를 수행할 수 있다.



(그림 3) 휴대폰의 TCP/IP 접속 과정

3.3 RTK-GPS 오차 보정 데이터 전송 시스템 구현

본 논문에서 개발한 실시간 데이터 전송 프로그램은 두 부분으로 구성된다.

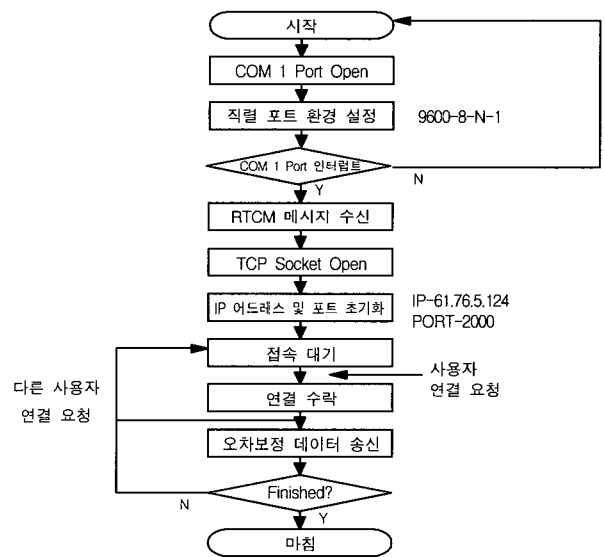
오차 보정 데이터 전송 프로그램은 기준국 서버에 설치되어 GPS로부터 위치 데이터를 획득하고 TCP/IP 망을 통하여 이동국으로 송신하는 역할을 하며, 오차 보정 데이터 수신 프로그램은 이동국에 설치되어 이동국의 위치를 보정하기 위해 보정 데이터를 수신하는 기능을 제공한다. 두 프로그램은 데이터를 송신하고 수신할 수 있는 통신 응용 프로그램을 내장하고 있으며, 별도의 직렬통신 포트를 통하여 GPS 수신기로부터 위치 데이터 획득을 위한 프로그램이 추가되어 있다.

기준국의 데이터 전송 프로그램은 한 개의 직렬포트를 사용하도록 설계하였다. PC의 직렬포트 COM1과 GPS 수신기의 출력포트를 연결하여 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Service)-104 메시지로 구성된 위치 정보를 획득한다. 이와 동시에 TCP 포트를 초기화하고 데이터를 일정한 시간간격으로 TCP/IP 망을 통해 이동국에 전송하도록 하였다. 데이터 전송 흐름도는 (그림 4)와 같다. (그림 4)를 바탕으로 한 기준국의 데이터 전송 프로그램의 초기화면은 (그림 5)와 같다. 프로그램의 주 메뉴 시리얼 환

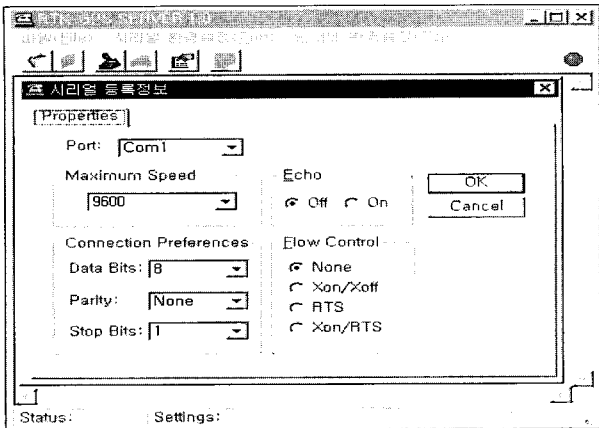
경설정에는 직렬통신 프로토콜 설정 및 COM 포트 초기화 설정 등의 하부메뉴로 구성되어 있으며, 인터넷 환경설정에는 현재 기준국의 IP 어드레스 설정 및 포트 설정 등의 하부 메뉴로 구성되어 있다. (그림 4)에서 보는 바와 같이 기준국의 서버는 위성으로부터 수신된 위치 데이터와 정확하게 알고 있는 위치 데이터의 오차를 PC의 직렬포트 COM1과 GPS 수신기의 출력포트를 연결하여 RTCM SC-104 메시지로 구성된 위치 정보를 획득한다. 이와 동시에 TCP/IP 통신 포트를 초기화하고, 이동국의 사용자가 TCP/IP 망을 통해 지정된 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. 기준국의 서버는 다중의 TCP 서버 소켓을 지원하므로, 이미 현재의 TCP 접속 상태가 체결된 상태이면 다음의 소켓을 통해 TCP 접속 요구를 수행하게 된다.

이동국의 컴퓨터는 (그림 6)에서 보는 바와 같이 휴대폰 또는 INMARSAT(INternational MARitime SATellite) 단말기, 전용선을 통해 TCP/IP 망에 접속되어 자신의 IP 주소를 기준국에 알려주며, 기준국으로부터의 오차를 TCP/IP 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.

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 포트에 구성된다. 본 논문에서는 이를 수행하기 위해 멀티포트 카드를 사용하였다.



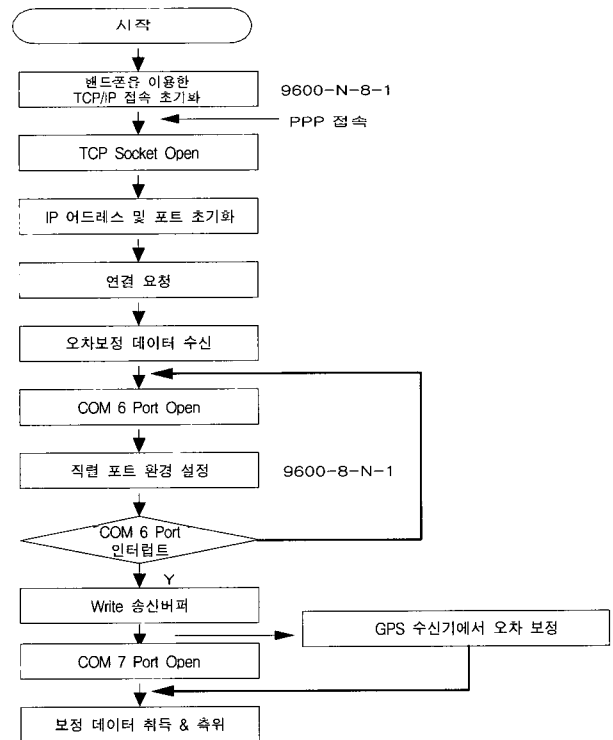
(그림 4) 기준국에서의 오차 보정 전송 프로그램



(그림 5) 초기 설정 화면

4. 실험 결과 및 고찰

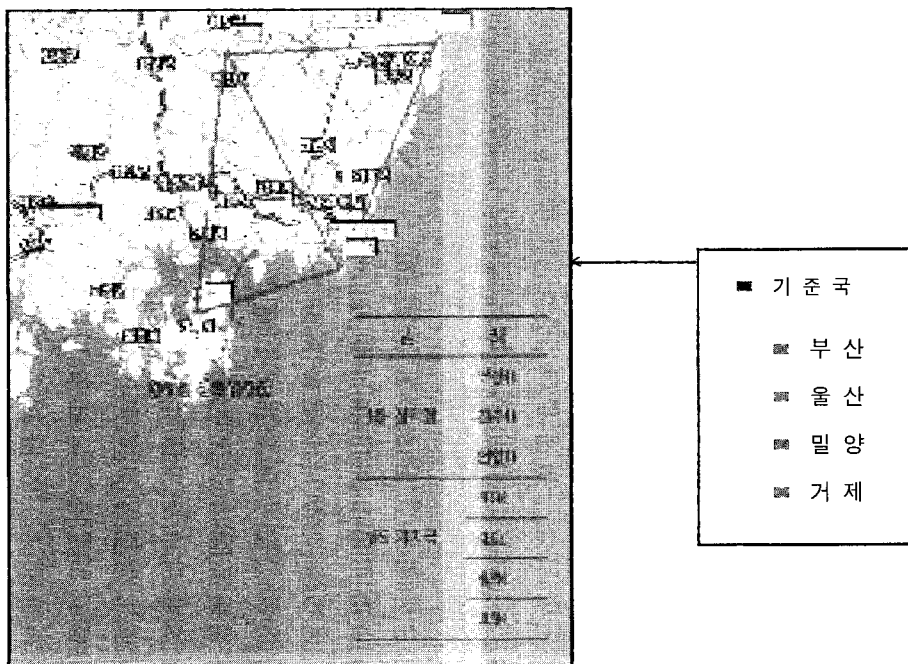
3장에서도 언급했듯이 무선모뎀에서의 기준국과 이동국의 거리 제한 요소를 제거하기 위해서는 TCP나 UDP로 구성되는 TCP/IP 프로토콜을 이용한 방법을 사용해야 하는데, 현재 UDP를 통한 서비스는 통신회사의 보안과 관련하여 사용이 불가능하기 때문에 이동중인 컴퓨터에서 TCP/IP를 이용하여 동적인 IP를 할당받아 사용할 수 있는 방법은 휴대폰을 사용하는 방법이다. 따라서 본 논문에서는 휴대폰을 통한 TCP/IP 연결설정을 위해 011 N-TOP의 무선 데이터 서비스를 이용하였다. TCP/IP 연결에 필요한 핸드폰이 모뎀 역할을 수행하게 되며, 접속할 전화번호는 1501, 모뎀 초기화 명령은 at+crm=0으로 설정하였다.



(그림 6) 이동국에서의 오차 보정 수신 프로그램

실험은 (그림 7)에서 보는 바와같이 부산, 울산, 밀양, 거제에 이미 정확한 좌표를 알고 있는 절대 기준점에 의한 RTK-GPS 기준국을 설치하고, 영도 동삼동 지역을 이동국으로 측위 실험을 하였다.

본 실험에 앞서 두 개의 가정을 설정하였다. 첫째 절대



(그림 7) 이동국의 네트워크 유효범위

기준점의 좌표는 오차가 없다는 것과 좌표계 사이의 변환 과정에서 발생하는 오차는 없다는 가정을 설정하였다. 우리나라는 Bessel 타원체를 기준으로 하는 KGS 좌표계를 사용하지만, GPS는 WGS-84 좌표계를 기준으로 한다. 실제, KGS 좌표계에서 WGS-84 좌표계로, WGS-84에서 UTM 좌표계로의 변환 과정에서 작은 오차가 발생하게 된다[10, 11].

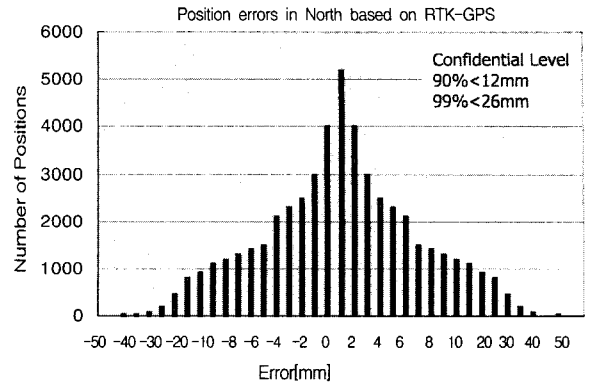
측위 실험은 2001년 3월 2일부터 45시간동안 1시간씩 1초 간격으로 기준국으로부터 반경 70 Km 이내 지역에서 휴대폰 접속을 통한 TCP/IP 망을 통하여 전송받은 오차 보정 데이터를 Javad Odyssey 수신기에서 보정한 후 그 결과를 측정하였다.

(그림 8), (그림 9), (그림 10)은 측위 실험을 통한 경위도 및 고도에서의 위치 오차 결과를 나타낸 것이다. x축은 실제 위치와 실험한 결과와의 위치 오차를 나타내며, y축은 포착된 위치 수를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 북위에서는 99% 이상이 오차범위 26 mm안에, 동경에서는 25 mm안에, 고도에서는 47 mm안에 위치가 포착되었다. 결국 수 mm안에 이동국의 위치가 정확하게 포착됨을 알 수 있으며, 이는 정밀 측위를 위한 오차 범위를 만족하는 수준이라 할 수 있다.

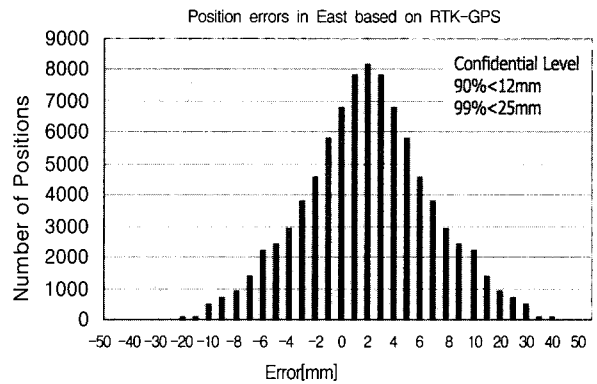
요구되는 초기화 시간은 32 km를 기준으로 평균 시간은 약 87초가 소요되었으며, TCP/IP를 이용한 RTK-GPS 방식의 실험결과 기존의 RTK 방법은 에러 분포도가 많이 분산되어 있는데 반해, TCP/IP를 이용한 RTK-GPS의 경우 에러분포도가 일정하다는 것을 알 수 있었다.

또한 기존 연구와의 비교를 위해 무선 모뎀을 통한 실험도 같은 환경에서 이루어졌는데, 이 실험을 위해서는 무선 모뎀에서의 거리가 제한적이므로 부산 영도 동삼동에 기준국을 설치하고, 이동국과의 거리를 3km로 제한하여 그 반경안에서 실험을 수행하였으며, (그림 11), (그림 12), (그림 13)에 그 결과를 나타내었다. 왼쪽 그림과 오른쪽 그림은 각각 본 연구와 기존 연구에서의 실험 결과이다. 그림에서와 같이 무선 모뎀을 이용했을 경우, 북위에서는 99% 이상이 오차범위 30 mm안에, 동경에서는 40 mm안에, 고도에서는 50 mm안에 위치가 포착되었으며, TCP/IP를 사용했을 경우, 북위에서는 99% 이상이 오차범위 20 mm안에, 동경에서는 25 mm안에, 고도에서는 40 mm안에 위치가 포착된다는 사실을 알 수 있었다. 이 실험결과를 통해서 제한된 거리에서는 무선 모뎀과 TCP/IP를 사용한 방법과의 차이가 극소했지만 기준국과 이동국의 거리가 2 Km를 넘었을 경우에는 무선 모뎀을 사용한 기존방식이 오차율이 높아지는 것을 확인할 수 있었다.

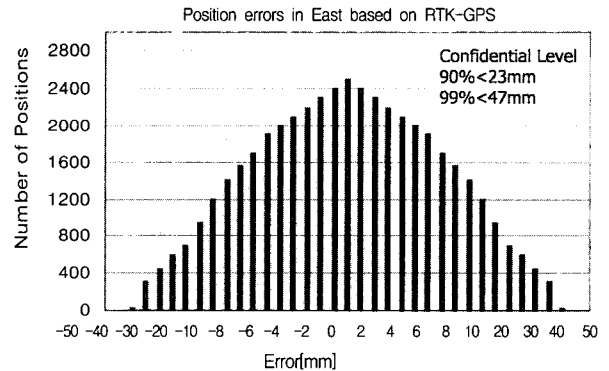
본 논문의 실험 결과를 바탕으로 기존 RTK 방법과 TCP/IP를 이용한 RTK-GPS 방법과의 차이를 항목별로 비교하여 <표 1>에 나타내었다.



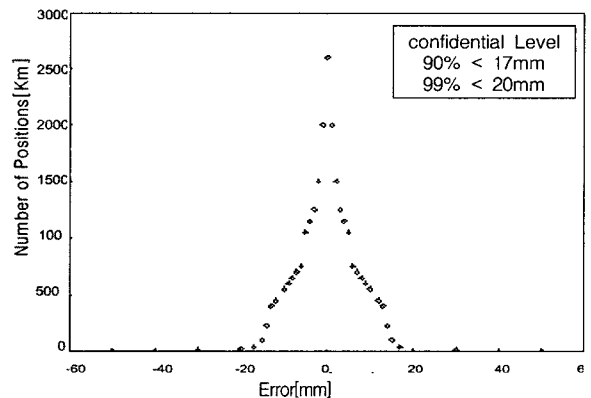
(그림 8) RTK-GPS의 북위에서의 위치 오차

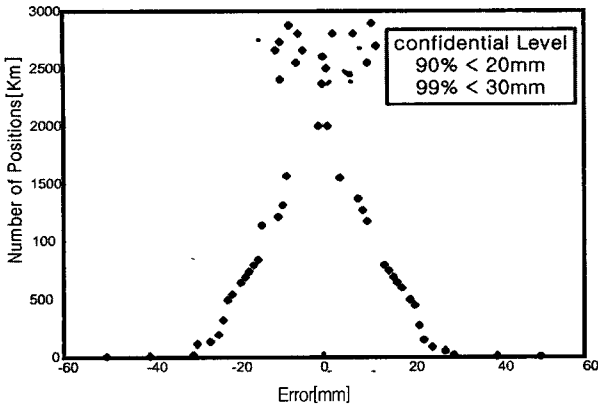


(그림 9) RTK-GPS의 동경에서의 위치 오차

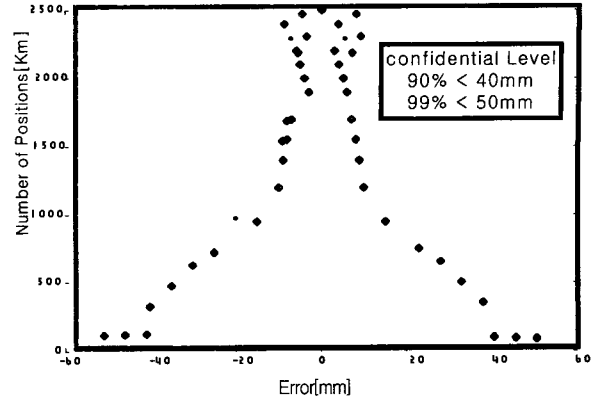


(그림 10) RTK-GPS의 고도에서의 위치 오차

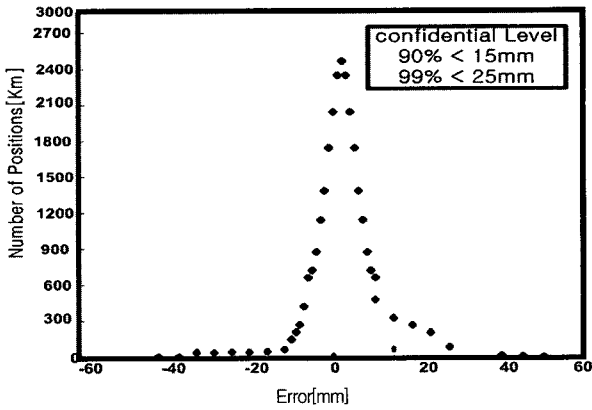




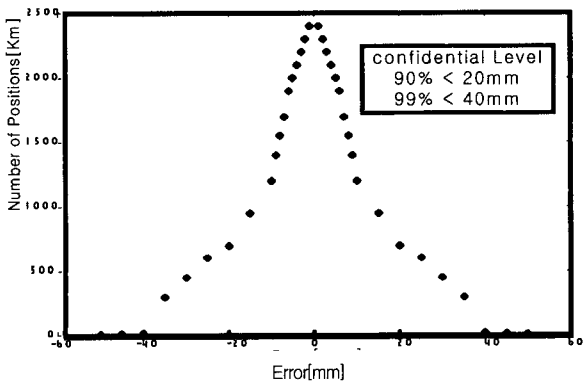
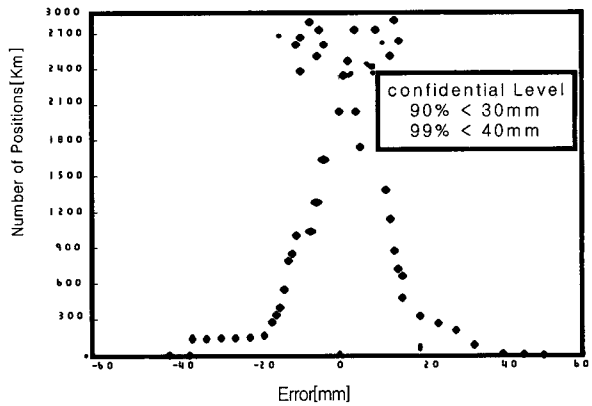
(그림 11) 북위에서의 오차율 비교



(그림 13) 고도에서의 오차율 비교



(그림 12) 동경에서의 오차율 비교



<표 1> 기존 RTK-GPS 측위와의 비교

비교항목	기존 RTK 방식	TCP/IP를 이용한 RTK방식
1. 소요 장비	● 기준국 이동국 각각 1대 ● 전개용 Static 장비 포함할 경우 초소 3대를 구입	● 이동국 1대로 충분
2. 구입 비용	● 약 1억~1억 5천만원	● 50% 이하
3. 운용 인원	● 최소 2~3명	● 1명
4. 작업 유효 범위	● 반경 5 km 이내	● 네트워크, 최장 70km
5. 사용 통신망	● UHF	● 휴대전화 (전용망)
6. 통신망 제약	● 주파수 대역 허가 필요	● 휴대전화 통화지역이면 통신망 제약 없음
7. 데이터 통달 거리	● 육상 2W, 소용력 데이터 통달 거리 제한	● 데이터 통달 거리 제한 없음
8. 주파수 혼신	● 동일지역 내 다른 사용자 일 경우 혼신 등으로 작업 불능 상태	● 주파수 혼신 우려 없음
9. 작업 효율	● 미리 Static 측량으로 기준점 확보 필요 ● 제한 거리 초과하면 기준국 이동으로 인한 복잡한 절차 필요	● 기지국 상대 정확도 10 m/m 이내 ● 이내 네트워크 지역에서는 이동국 운영만으로 작업, 관측되므로 우수한 작업 효율
10. 정확도	● 기준점으로 떨어질수록 오차 증가	● 네트워크 내 동일 정확도 20 m/m

5. 결 론

기존의 RTK-GPS에서는 오차 보정 신호 전송을 위하여 무선 모뎀을 사용하므로 데이터 전송거리가 2 내지 3 km로 제한되며 전파 장애물이 있을 경우 더욱 전송거리가 제한된다. 이러한 문제를 해결하고, 좀 더 나은 오차보정 신호 전송을 위해 많은 방법들이 제안되어 왔으며, 현재 독일의 테라셋(Terrasat) 회사가 유사한 연구를 진행하고 있다[14].

본 논문에서는 무선 모뎀에서의 문제를 해결하기 위한 방안으로 TCP/IP 프로토콜을 이용하여 전송거리의 제한을 제거하고 인터넷이 가능한 어느 곳이나 RTK-GPS 오차 보정 데이터를 전송할 수 있는 시스템을 구현하였다. 거리 제한 요소 제거에 의해 하나의 기준국으로부터 광역의 이동국에 데이터를 전송할 수 있으므로 소수의 기준국 설치로 인하여 비용을 절감할 수 있다. 또한 기준국 역할을 하는

서버를 설치함으로써 기준국의 단말기를 관리하기 위한 인력의 상주를 제거할 수 있으며, 여러 GPS 단말기로부터의 위치 정보를 다양한 데이터 형식으로 제공할 수도 있다. 따라서 운수업체나 건설업의 측량 및 지도제작 업체들이 위치결정의 기준이 되는 기준국의 위치 정보를 어느 곳에서나 정확히 수신하여 정밀 측위를 가능하게 한다.

실험결과를 통해 TCP/IP 망을 이용한 RTK-GPS를 이용해 이동국의 위치를 보정해 줌으로써 이러한 제안의 타당성을 검토해 보았다. 무선 모뎀을 통한 RTK-GPS는 기준국과 이동국의 거리가 멀어질수록, 오차율이 점점 높아지지만, 본 논문에서 제안한 방식은 수 미리미터 이내의 오차가 발생함을 알 수 있었다. TCP/IP 망에서의 사용자가 많을 경우, 이동국측에서 수신 데이터의 혼잡지연이 발생하여 약간의 위치 오차가 발생하는데, 이런 문제가 발생한 경우에 대한 고려로 TCP/IP 망 자체에서의 지연해결 방안으로서 UDP를 사용하는 방법이 제안되나, 이 방법은 현재 핸드폰 통신 회사측의 UDP 프로토콜 서비스의 보안문제로 인해 불가능하며, 공중전화망을 통한 직접적인 데이터 통신을 수행하면 TCP/IP 망 자체에서의 지연 문제는 해결될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] 최현기, 이용국, 김학일, "해양탐사를 위한 DGPS 자료의 후처리 시스템 개발", 제2회 GPS 워크샵, pp.281-286, 1995.
 [2] 고광섭, "위성 측위 시스템(GNSS) 정책 변화와 국내·외 기술 개발동향", 한국항해학회 2000추계 학술대회논문집, 제25권 제1호, pp.1-21, 2000.
 [3] M. Zhodzishsky, M. Vorobiev, A. Khvalkov, J. Ashjaee, 'Real-Time Kinematic (RTK) Processing for Dual-Frequency GPS/GLONASS,' Javad Positioning Systems (JPS), 1997.
 [4] D. Kozlov, M. Tkachenko, "Instant RTK cm with Low Cost GPS+GLONASS Receivers," Proc. of ION GPS-97, pp.1559-1569, Mar. 1997.
 [5] Isomura, Hidetoshi, US Patent # 5502641, 'Relative GPS method and apparatus that is able to correct for momentary signal interruption,' Mar. 1996.
 [6] Surveying with JPS, Javad Positioning Systems (JPS), March, 2000.
 [7] Alfred Leick, 'GPS Satellite Surveying,' 2nd Edition, Wiley-Interscience, USA, 1995.
 [8] 양형선, 신철호, "GPS를 이용한 실시간 선박위치정보시스템 개발", 한국항해학회지 제24권 제1호, pp.57-64, 2000.
 [9] Landau, H., R. Hundt, A. Muler (1994), "A GPS Monitoring System : Concept, Implementation and Experiences," Pro-

ceedings of the Institute of Navigation Satellite Meeting, Salt Lake City, Utah, pp.1321-1327, Sept. 1994.
 [10] Van der Merl, H., van der Hoeven, H. J. P. Derks, H. Kelin Baltink, A. C. A. P. van Lammeren, A. J. M. Kusters, "Virtual GPS Reference Stations in the Netherlands," Proceedings of the Institute of Navigation Satellite Meeting, Sept. 1998.
 [11] Raquet, J., G. Lachapelle, T. E. Melgard, "Test of a 400x600 km Network of Reference Receivers for Precise Kinematic Carrier-Phase Positioning in Norway," Proceedings of the Institute of Navigation Satellite Meeting, Sept. 1998.
 [12] 윤세미, 조익성, 유선영, 조성현, 김천곤, 임재홍, "TCP/IP를 이용한 RTK-GPS 오차 보정 데이터 전송 시스템 설계 및 구현", 한국지리정보학회 2001 춘계 워크샵 및 학술논문발표대회논문집, pp.238-243, 2001.
 [13] Wubena, Gerhard, Andreas Bagge, Guter Seeber, Volker Buer, Peter Hankemeier, "Reducing Distance Dependent Errors for Real-Time Precise DGPS Applications by Establishing Reference Station Networks," Proceedings of the Institute of Navigation Satellite Meeting, Kansas City, Missouri, pp.1845-1852, Sep. 1996.
 [14] Spectra Precision Terrasat GmbHGPS/GLONASS Reference Station networks-Introducing the Concepts of Virtual Reference Stations into Real-Time Positioning, www.terrasat.de, 2000.



조 익 성

e-mail : ischo@mail.tmc.ac.kr
 1997년 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학사)
 1999년 한국해양대학교 전자공학과(공학 석사)
 2001년 한국해양대학교 전자통신공학과 (박사수료)

2001년~현재 동명대학 정보통신계열 전임강사
 관심분야 : 분산 컴퓨팅, GPS, 보안, XML, 이동컴퓨팅



임 재 홍

e-mail : jhyim@kmaritime.ac.kr
 1990년~1995년 한양대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 2001년~현재 한국해양정보통신학회 기획상임이사
 2001년~현재 한국해양대학교 공과대학 전과·정보통신공학부 부교수

관심분야 : 인터넷 응용, 분산 컴퓨팅, Groupware, CORBA, DCOM