

工學碩士 學位論文

**DGPS 보정신호 전송을 위한 휴대전화
인터페이스 모듈의 설계 및 구현**

**Design and Implementation of Mobile Phone
Interface Module for DGPS
Correction Message Transmission**

指導教授 林 宰 弘

2003年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科

金 昌 洙

목 차

Abstract	ii
제 1 장 서 론	1
제 2 장 GPS의 개요 및 측위 기법	3
2.1 GPS의 원리 및 신호	3
2.2 GPS 측위 방법	8
제 3 장 인터페이스 모듈 설계	15
3.1 DGPS 시스템	15
3.2 인터페이스 모듈의 설계	17
3.3 인터페이스 모듈 제어 프로그램의 설계	21
제 4 장 인터페이스 모듈 구현 및 실험	28
4.1 인터페이스 모듈의 구현 및 실험 결과	28
4.2 실험 결과의 고찰	34
제 5 장 결 론	37
참 고 문 헌	39

Abstract

The conventional RTK-GPS technique has many problems which are generated by using RF wireless modem, influence of geographic obstacle due to radio wave, frequency interference, and finiteness of frequency resources.

To solve these problems, in this paper, we designed a transmission system for DGPS correction message as a method interface module to substitute the RF wireless modem of RTK-DGPS. Then the interface module was designed and implemented for linkage between GPS receiver and mobile phone.

We made hardware module using PIC(Programmable Integrated Circuit) for interface module, and we used PC-CDU(JAVAD Navigation system ver. 2.1.10) program for precision of systems.

As a result, we conformed the interface module was received transmission correction message through RS-232C and communication control, and users of rover station were worked differential surveying using receiving correction message between mobile phones. Interface module system was received the same result compared to precision of conventional RF wireless modem system.

제 1 장 서 론

GPS(Global Positioning System)는 미 국방성에서 개발한 위성을 이용하는 범 세계적인 위성 항법 시스템이며, 사용자가 위성의 위치 정보를 수신함으로써 위치, 속도 및 시간을 정확하게 계산할 수 있도록 하는 시스템이다. 그러나 일반 사용자가 10 - 30 m로 정밀한 위치결정을 하는 것은 현실적으로 불가능하다. 이것은 수신기가 결정하는 위성까지의 거리자료에 복합적인 오차 요인이 작용하기 때문이다. 이러한 GPS 관련 오차는 위성 궤도 정보, 전리층 및 대류권 지연, 다중 경로, 실수, 수신기의 잡음, 고의적인 조작에 의한 SA(Selective Availability) 오차, AS(Anti-Spoofing) 오차 등이 있다. 이런 오차의 합은 거의 100 m에 이른다[1].

그러므로 정밀한 측위를 필요로 하는 응용 분야에서 단독 측위 기법을 사용하는 경우는 관련 오차로 인해 정확도가 떨어진다. 그러나 수 m - 수 cm의 정밀한 정확도를 가지는 DGPS(Differential-GPS)의 경우는 이미 알고 있는 기준국에 수신기를 설치하여 위성신호를 받아 오차를 보정한 후 그 신호를 무선 통신망을 이용하여 이동국의 사용자에게 서비스하는 방식이다. 이 기법 중에서 기준국의 보정신호를 실시간으로 이동국에 전송하는 방식으로 RTK-DGPS(Real Time Kinematic-DGPS)라는 정밀도가 매우 높은 기법이 고안되었다[2].

기존 RTK-DGPS의 경우 기준국과 이동국간의 보정신호 전송을 위해서 RF(Radio Frequency) 방식의 무선모뎀을 사용한다. 그러므로 이런 무선모뎀 통신망을 사용하는 운수업체나 측량 및 지리 정보 관련 업체 등이 정확한 측위를 위해서 운영하는 각각의 기준국은 설치비용 및 관리상의 여러 가지 어려움이 있다. 그리고 사용자

마다 무선국 허가, 전파의 지리적 장애, 전송거리의 제한, 주파수 혼신, 주파수 자원의 유한성 등의 문제점이 있다.

본 논문은 이런 문제점을 해결하기 위해서 RTK-GPS 수신기의 무선모뎀을 대체하는 방법으로 휴대전화를 이용한 GPS 보정신호 전송기법을 제안하고, GPS 수신기와 휴대전화의 연동을 위한 인터페이스 모듈을 설계, 구현한다. 실제 휴대전화 인터페이스 모듈은 GPS 수신기와 휴대전화 사이에 마이크로컨트롤러로 구성된 모듈로서 RS-232C 직렬 통신과 휴대전화를 통한 보정신호의 전송을 가능하게 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성한다. 2장에서는 GPS의 개요 및 측위 기법을 논하고, 3장에서는 인터페이스 모듈의 설계를 설명한다. 그리고 모듈 내부의 PIC 제어 프로그램에 대한 설계를 설명한다. 4장은 DGPS 보정신호 전송을 위한 휴대전화 인터페이스 모듈의 구현과 하드웨어적인 PIC를 이용한 실제 마이크로컨트롤러 모듈을 제작한다. 그리고 인터페이스 모듈의 구현 및 실험 결과를 예비 실험과 비교하여 분석하는 고찰을 논한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 제시한다.

제 2 장 GPS의 개요 및 측위 기법

본 장에서는 GPS의 기본 원리와 GPS 신호의 주파수 구성과 신호의 생성 체계에 대하여 논하며, 그리고 GPS 측위의 여러 가지 방법을 논한다.

2.1 GPS의 원리 및 신호

2.1.1 GPS의 기본 원리

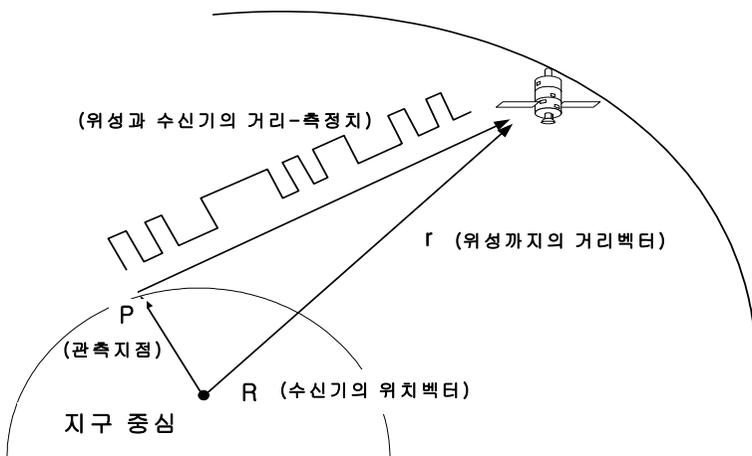
GPS는 미국에서 군사적 목적으로 최초로 개발되었다. 미국은 자국의 이익을 위해서 세계 여러 지역에서 일어난 전쟁에 개입해 오고 있으며, 이때 군사적인 작전 수행 상 가장 지장을 초래하는 것이 지도 문제였다. 미국에서 개발한 첨단 무기들의 성능을 제대로 발휘하기 위해서는 내장된 지도 정보를 그 지역에 맞게 바꾸어야 했다. 그러므로 이런 불편함을 없애기 위해서 미국은 지역에 관계없이 전세계에 공통으로 적용이 가능한 지도 체계를 개발하는 것이 필요하다는 사실을 인지하게 되었고, 그 결과로 탄생한 것이 GPS이다.

GPS의 응용분야는 측지 측량, 지적 측량, 삼각 및 수준점의 신설, 법규 위반 단속, 지각 변동 연구, 고속도로 공사, 하천 범람의 예견 및 복구, 지질 조사, 환경 오염 연구, GIS(Geographic Information System) 공간 정보의 획득 등 여러 분야에 활용이 급증하고 있는 추세이다[2].

GPS 시장은 여러 분야에서 폭발적인 성장세에 있지만, 이미 GPS는 독자체계의 한계를 드러내고 있다. 이를 극복하기 위한 수단으로 미국과 달리 위성 신호 거의 전부를 항상 민간에 개방하는 소련의

GLONASS(The Russian GLObal NAVigation Satellite System) 위성
 활용을 언급할 수 있다. 앞으로 유럽에서 제작하는 EuroSat의
 출현이 GPS 활용성의 촉매제가 될 것으로 예상되지만, 각각의 시스
 템을 일원화하는 시스템의 응용 기기 개발이 시급할 것으로 생각된
 다.

GPS는 근본적으로 삼각측량의 원리를 사용하는데 전형적인 삼각
 측량에서는 미지의 점의 위치가 그 점을 제외한 두 각의 크기와 그
 사이 변의 길이를 측정함으로써 결정되는데 반해, GPS에서는 알고 싶
 은 점을 사이에 두고 있는 두 변의 길이를 측정함으로써 미지의 점의
 위치를 결정한다는 것이 기존의 삼각측량과의 차이점이라 할 수 있
 다. GPS 위성에서 송신되는 신호가 사용자 수신기에 도달하는 시간
 에 빛의 속도를 곱하여 위성과 사용자 사이의 거리가 계산된다. 그
 러나 이 거리에는 중요한 오차 인자로서 사용자 시계오차에 의한
 거리 오차가 포함되어 있으므로, 관측자는 수신기와 위성간의 거리
 를 정확하게 측정할 수 없다. 그러므로 이렇게 측정된 거리를 의사
 거리(pseudo range)라고 한다. 따라서 수신기가 측정하는 거리는 의
 사거리 p 가 된다. <그림 2-1>은 거리 측정 원리를 나타낸다[3].



<그림 2-1> 거리 측정의 원리

<Fig. 2-1> Principle of distance determination

$R = r - \rho$ R : XYZ or 위도, 경도, 높이(미지수)
 r : 위성까지의 거리벡터(위성의 항법메시지 사용)
 ρ : 광속 * 경과시간(측정치)

$$p = |r - R| + c(dt - dT) + d_{ion} + d_{trop}$$

p : 의사거리(pseudo range)

dt : 수신기 시계의 오차

dT : 위성 시계의 오차

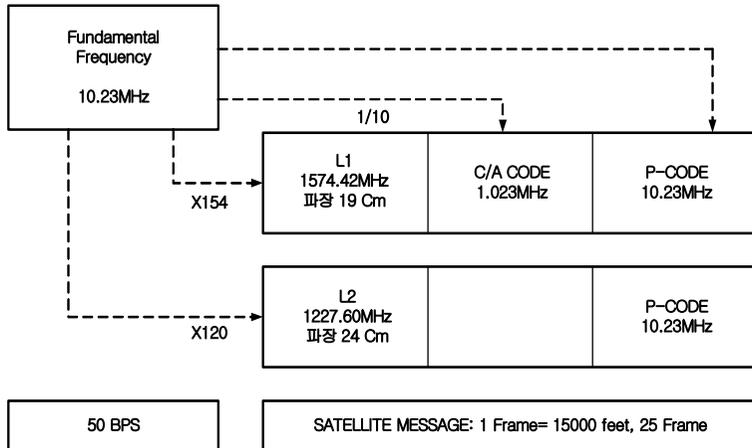
d_{ion}, d_{trop} : 이온층, 대류층에 의해 전파가 지연되는 거리오차

위 식의 7개 미지수중에서 위성 시계의 오차는 위성의 항법 메시지를 통하여 알 수 있고, 이온층과 대류층의 오차는 각각의 모델이나 항법 메시지에 내장된 이온층 보정 정보를 이용하여 알 수 있다. 나머지 4개의 미지수는 관측자가 4개의 위성으로부터 동시에 4개의 의사거리를 측정 할 수 있으므로 의사거리를 구할 수 있다. 이런 R 과 p 의 식으로 GPS에 의한 위치 측정이 이루어진다.

2.1.2 GPS의 신호

각 위성은 사용자가 전파의 이온층 지연을 보정할 수 있도록 두 가지의 다른 주파수의 신호를 동시에 발생시킨다. L1 반송파라는 1.5754 GHz 주파수와 L2 반송파라는 1.2276 GHz 주파수의 신호로 구성되며, 두 반송파의 주파수 비는 154/120이다.

반송파에는 50 bits/sec로 산출되는 위성의 항법 메시지 신호와 C/A 코드(Coarse Acquisition-Code) 및 P 코드(Precise-Code)가 1/4 위상 차로 변조되어 있다. 이런 반송파에 중첩되는 정보는 PRN(Pseudo Random Noise) 부호와 항법 메시지로 이루어진다[4]. <그림 2-2>는 GPS 위성의 신호 생성 체계를 나타낸다.



<그림 2-2> GPS 위성의 신호 생성 체계

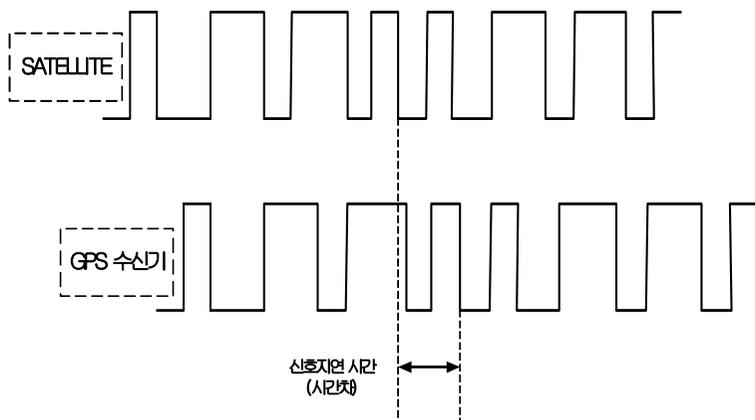
<Fig. 2-2> Signal generation of GPS satellite

PRN 부호는 각 위성마다 유일하도록 서로 다르며, 이진 부호로 구성되는데 매우 길고 복잡하기 때문에 신호 자체만으로는 의미를 파악할 수 없다. L1 반송파에는 C/A 및 P 코드가 실려 있고, L2 반송파에는 P 코드만이 실려 있으며, 항법 메시지 신호는 두 가지 반송파에 모두 실려 있다. 사실상 PRN 부호는 어떤 정보를 담고 있는 것이 아니라 어떤 규칙에 의해 만들어지는 불규칙한 이진 수열로써 위성까지의 거리를 측정하는데 사용된다. PRN 부호는 다시 두 종류의 부호로 나누어지며, C/A 코드는 민간 신호로 허락이 필요치 않은 개인이나 단체도 이용할 수 있으나, P 코드는 신호의 암호화가 형성되므로 이용하기 위해서는 허가가 필요하다.

위성의 항법 메시지 신호에는 위성 시계의 시각 보정 정보와 궤도 정보 외에 다른 위성에 대한 대략의 궤도 정보가 수록되어 있다. 하나의 프레임이 15,000 feet의 크기이며, 50 bps의 속도로 송신하고 있다. GPS의 해상도와 관계되는 반송파 위상(Carrier-Phase) 관측은 일반인들이 사용하는 부호 위상(Code-Phase) 관측보다 매우 정밀도가 높은 반면에 장시간의 측정이 필요하고 특별한 소프트웨어가 필

요하다는 단점이 있다. 반송파 위상의 파장이 조금 짧기 때문에 더 정밀한 위치측정이 가능하다. 부호 위상이나 반송파 위상은 타이밍 측정을 위해 이용하는 신호로서 구분하는 용어이다.

일반적인 GPS 수신기는 수신기 자체에서 의사 난수 부호(pseudo random code)를 발생시키고, 수신된 위성신호와 비교함으로써 위성 신호의 전달시간을 측정한다. 위성으로부터 받은 신호를 얼마만큼 이동시켜야 수신기 신호와 겹치는가를 측정하면 신호가 전달되는 시간을 계산할 수 있다. 여기서 문제는 의사 난수 부호의 분해능(resolution)이 약 1/1,000 sec이며, 거리로 환산할 경우 약 300 m의 오차를 유발시킨다는 것이다. 실제로 성능이 좋은 GPS 수신기들은 좀더 작은 오차로 의사거리를 계산하는데 약 3 - 6 m의 오차범위를 가진다. 빛의 속도 300,000 km/s를 이용하여 반송파의 파장을 계산하면 약 20 cm 정도인데, 만약 수신기가 한 파장의 1 % 까지 감지할 수 있다면 의사거리의 정밀도는 3 - 4 mm까지 높아질 수 있다 [5]. <그림 2-3>은 수신기에 내장된 각 위성 고유 코드와 위성 코드 사이의 신호 지연 현상을 나타낸다.



<그림 2-3> 코드의 상관성

<Fig. 2-3> Code correlation

실제로 사용에 있어서 반송파를 이용하는 방법은 위성과 수신기 간에 존재하는 반송파 파장의 개수를 세는 일이며, 의사 난수 코드를 사용한다. 만약 수신기가 의사 난수 코드를 이용하여 1 m까지 결정할 수 있다면 1 m 안에는 단지 몇 개의 반송파 파장이 존재하기 때문이다. 이처럼 처음 몇 개의 반송파 안에 존재하는 위상의 개수를 결정하는 것을 미지정수 결정(ambiguity resolution)이라고 부르는데 수신기내에 내장하는 소프트웨어의 발달에 따라 이런 작업들은 점점 간소화되고 있다.

GPS 신호측정의 정확성을 저하시키는 오차의 요소들은 크게 세 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째, 구조적 요인으로 생기는 오차로는 인공위성 시간 오차, 인공위성 위치 오차, 전리층과 대류층의 굴절, 잡음(noise), 다중 경로 등이 있다. 두 번째, 위성의 배치상황에 따른 기하학적 오차가 있다. 세 번째, 가장 큰 오차 원인인 선택적 이용성(selective availability)이 있다. 이 요소들이 모두 잠재적으로 합쳐져서 큰 오차 결과를 생성하며, 이런 오차의 합은 거의 100 m에 이른다.

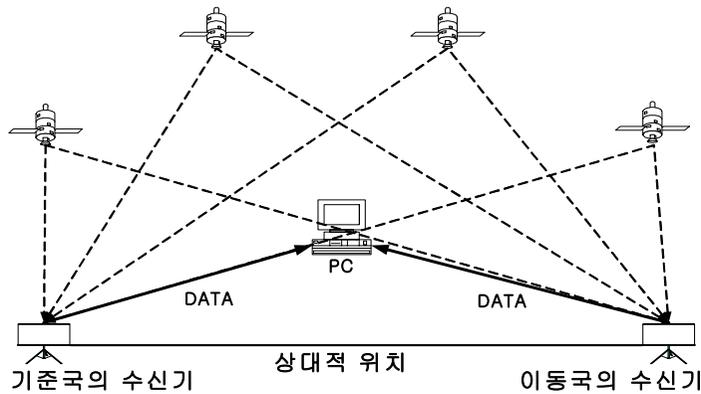
2.2 GPS 측위 방법

2.2.1 단독 측위

단독 측위는 저가의 GPS 수신기 하나로 4개 이상의 위성 신호를 수신하여 수신기내에서 자신의 위치를 실시간으로 계산하는 방식이다. 다른 측위 방식과 비교하여 정밀도가 15 - 30 m로 가장 낮다.

2.2.2 후처리 상대 측위

하나의 GPS 수신기를 이용하여 위치측정을 수행할 경우, 위치 결정 정밀도는 수신기의 능력에 의해 좌우된다. GPS 신호체계 중 C/A 코드를 이용하여 수신자의 위치를 결정하는 저가의 수신기는 그 정밀도가 수백 m 에 이르며, 암호화된 P 코드를 사용하는 수신기의 경우에도 1 m 이하의 정밀도를 갖기가 어렵다. 그러므로 측지 및 측량, 지각 변동의 감시등과 같이 수 cm 이하의 고정밀 위치결정이 요구되는 분야에서는 단독 측위에 따른 GPS의 위치결정 한계를 극복하기 위하여 후처리 상대 측위 기법을 이용한다. <그림 2-4>는 후처리 상대 측위의 개념도를 나타낸다.



<그림 2-4> 후처리 상대 측위 시스템

<Fig. 2-4> Post processing static survey

이 기법은 단독 측위와는 달리 정밀한 위치를 알고 있는 지점과 위치측정이 요구되는 지점에서 동시에 GPS 관측을 수행하고, 두 수신기에 수신된 반송파를 이용한 자료처리로 정밀도를 증가시키는 방법이다. 두 지점에서 동시에 관측된 GPS 위성의 반송파 자료는 관측종료 후 반송파를 이용한 상대 측위 결정 능력을 갖는 프로그램에 의해 계산되어야 하며, 이때 기준점의 위치오차가 결정하고

자 하는 지점의 위치 정밀도에 영향을 미치게 된다.

여기서 상대 측위란 기준점으로부터 측정지점까지의 상대적인 벡터량을 계산한 후 기준점의 좌표에 상대 벡터량을 성분별로 더하여 측정지점의 좌표를 산출하는 것을 의미한다.

2.2.3 실시간 이동 측위(RTK-GPS)

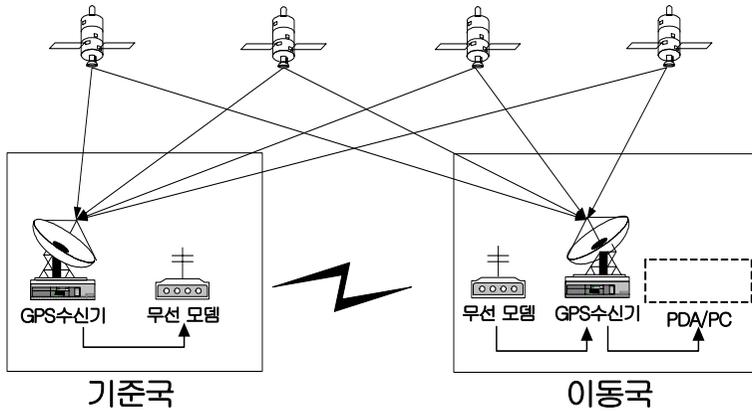
GPS의 신호체계상 반송파에 의한 위치결정 방법이 코드에 의한 위치결정보다 정밀도면에서 큰 이득을 주지만, 반송파에 의한 단독 측위 역시 후처리 상대 측위 기법보다는 정밀도가 떨어지는 단점을 가지고 있다.

광범위한 관측점의 정밀 좌표들을 빠른 시간 내에 획득하기 위해서는 이동 측량을 수행하는 동시에 후처리 자료처리 기법이 갖는 정밀도에 근접한 결과를 산출할 수 있는 방법이 요구된다. 이런 목적을 위해 개발된 것이 RTK인 고정밀 이동 측량 기법으로서, 기본 개념은 정밀한 위치를 확보한 기준점의 반송파 오차 보정치를 이용하여 사용자가 실시간으로 수 cm의 정밀도를 유지하는 관측치를 산출할 수 있게 하는 것이다.

RTK의 기본개념은 오차보정을 위해 기준국에서 전송되는 데이터가 반송파 수신자료라는 것을 제외하고는 DGPS의 개념과 거의 유사하다. 다만 RTK가 각 위성에 대한 반송파 측정치를 지속적으로 제공하여야 하고, 정보의 전송장애로 발생할 수 있는 오차의 한계가 DGPS보다 상대적으로 크기 때문에 보다 안정적이고도 신속한 통신 시스템이 요구되는 차이점이 있다.

현재 GPS를 응용하는 여러 분야에서 DGPS와 RTK가 주로 사용되고 있으며, GIS나 측량, 항법 등 모든 응용분야가 점진적으로 RTK 기법의 사용에 맞추어 실용화되고 있다. <그림 2-5>는 실시

간 이동 측위 시스템의 개념도를 나타낸다.



<그림 2-5> 실시간 이동 측위 시스템

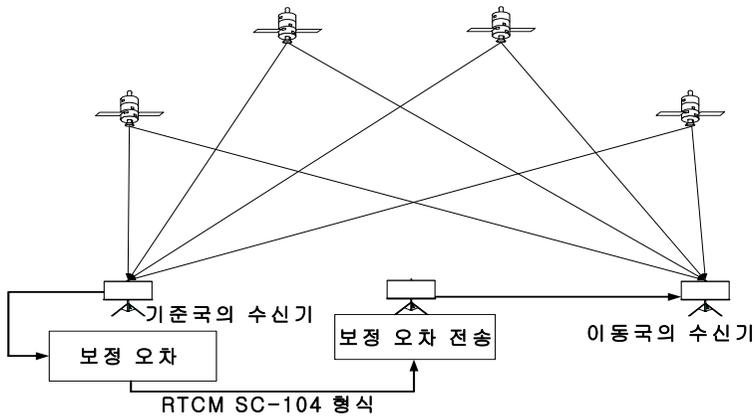
<Fig. 2-5> RTK-GPS(Real Time Kinematic-GPS)

2.2.4 상대 측위(DGPS)

C/A 코드 하나만 사용할 경우 10 - 30 m 이상의 정밀도로 위치를 결정하는 것은 현실적으로 불가능한데 이것은 수신기가 결정하는 위성까지의 거리자료에 여러 가지 오차 요인이 복합적으로 영향을 미치기 때문이다. 특히 SA가 시행 중일 때는 이보다 더욱 정밀도가 떨어지게 되는데 단독으로 작동되는 수신기가 자신이 계산하고 있는 위치 정보가 틀린지 맞는지를 판단할 수 있는 방법이 없다.

만약 어떤 다른 장치가 수신기 근처에 존재하여 지금 현재 수신 받는 자료가 얼마만큼 빗나간 양이라는 것을 수신기에게 알려줄 수만 있다면 위치결정의 오차를 최소화시킬 수 있다. 현재는 많은 응용분야에 있어서도 기본적인 GPS만으로도 충분한 정밀도를 제공하는 하지만 향상된 정확도를 가지는 체계를 마련하기 위해서 DGPS라는 방법이 고안되었다.

DGPS 체계는 기본 GPS에 수반하는 여러 공통 오차요인을 차분 방법으로 제거한다는 원리에 근거한다. 움직이는 물체에 있어서는 수 m, 정지한 대상에 대해서는 1 m 이내의 위치 측정을 가능하게 해준다. 기본 GPS에 비해 높은 정밀도를 제공하는 DGPS는 배나 비행기의 항법에 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 자동차 및 고정밀성이 요구되는 측지 등에까지 응용될 수 있는 계기를 마련하였다. <그림 2-6>은 상대 측위 시스템의 개념도를 나타낸다.



<그림 2-6> 상대 측위 시스템

<Fig. 2-6> Differential-GPS

DGPS는 두 개의 GPS 수신기를 필요로 한다. 하나의 수신기는 정지하고 다른 하나는 이동하면서 위치측정을 시행한다. 정지한 수신기가 DGPS 개념의 핵심이 되는 것으로 이 정지된 수신기는 실제 위성을 이용한 측정값과 이미 정밀하게 결정된 실제 값과의 차이를 계산한다. GPS 수신기는 4개 이상의 위성으로부터 시각정보를 담은 신호를 수신하여 위치측정에 이용한다.

DGPS에는 후처리 DGPS, RTK-DGPS, Inverted DGPS로 나눈다.

후처리 DGPS는 기준국 수신기와 이동국 수신기간의 전파를 이용

한 연결은 필요하지 않으며 근처에 직접 보정값을 받을 수 있는 기지국이 없어도 가능하다. 그러므로 GIS용 데이터 취득에 이용되며, 수도관, 가스관, 전신주조사 등에도 이용할 수 있다.

RTK-DGPS는 실시간으로 보정 되어진 자료들은 즉시 이용하는 경우로 해양측량, 도로보수공사, 지하매설물 보수공사 등의 분야에 응용된다.

Inverted DGPS는 버스의 정확한 위치정보를 관리국에 송신하는 시스템으로 DGPS와 다른 점은 통신 방향과 보정 장소가 다르다는 것이다. 관리국에 기준이 되는 수신기가 설치되어 있다면 각 버스에서 전송한 위치자료를 보정할 수 있고 보정된 정확한 각 버스들의 위치정보를 지도에 표현할 수 있으므로 저렴한 시스템이다. <표 2-1>은 실시간 이동 상대 측위와 후처리 상대 측위의 비교를 나타내며, <표 2-2>는 GPS 측위 시스템을 나타낸다[5][6].

<표 2-1> 실시간 이동 상대 측위와 후처리 상대 측위 비교

<Table 2-1> Comparison of RTK and Post processing DGPS

후처리 상대 측위	실시간 이동 상대 측위
▶반송과 利用- 高 정밀도	▶반송과 不사용(일반적)- 정밀도저하
▶DGPS 보정자료를 이용가능- (無料)	▶보정 자료를 즉각 제공 가능
▶하나의 수신기만 필요- (비용 절감)	▶필드에 인력 無필요
▶기준 수신기 별도 구입- 비용 상승	▶RTCM 자료를 사용 - 라디오 수신기 필요(附加)

<표 2-2> GPS 측량 시스템의 비교

<Table 2-2> Comparison of GPS surveying system

측 위 방 법	내 용	정 밀 도
단독 측위	▶GPS 수신기 1대사용, 위치측정	100 m 100 m(SA 有)
DGPS	▶측량용과 항법용 수신기를 결합 - 이동국 후처리, 실시간 정밀 위치 측정 ▶기준점과 통신매체 필요	1 m - 5 m
후처리 상대 측위	▶2대 이상의 측량용 GPS 수신기 - 高 정밀 상대 위치 측정 ▶실시간 불가능	수 m
실시각 이동 측위 (RTK)	▶2대 이상의 측량용 수신기 - 실시각 高 정밀 위치 측정 ▶高價의 수신기 필요	1 cm - 2 cm

제 3 장 인터페이스 모듈 설계

본 장에서는 인터페이스 모듈을 구현하기 전에 DGPS 시스템을 논하며, 기존 시스템의 문제점을 설명한다. 그리고 인터페이스 모듈을 설계하기 위한 시스템 구성을 제안하고 모듈을 설계하기 위한 내부의 PIC 제어 프로그램 설계를 논한다.

3.1 DGPS 시스템

3.1.1 DGPS 시스템의 문제점

DGPS는 기준국에 설치된 1대의 수신기에서는 이미 알고 있는 기준국의 위치 정보를 이용하여 관측된 각 위성에 포함된 오차량을 계산할 수 있다. 이는 위성마다의 거리오차 보정치로 환산하여 국제 표준인 RTCM 데이터 형식으로 전환하여, 통신 매체를 통해 이동국의 수신기에 전달함으로써 실시간 측위가 가능하다.

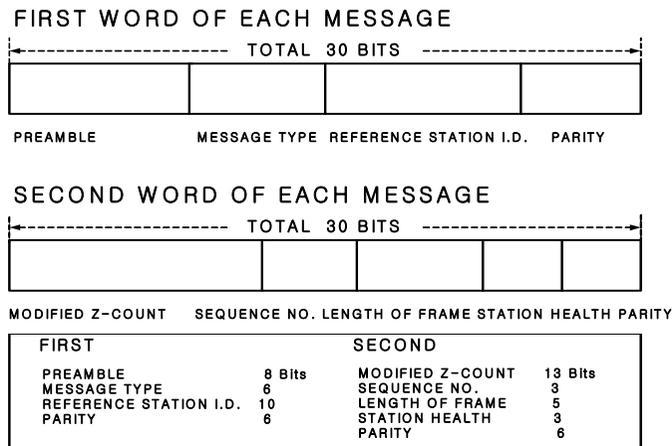
각 수신기간에 사용하는 통신 매체는 RF 방식의 무선 모뎀을 매체로 사용하는 경우 전송거리가 2 - 3 Km로 제한적이며, 장애물의 영향과 주파수 혼신 등의 문제가 있다[7][8].

GPS 기법 중의 하나인 RTK-DGPS는 정밀도가 매우 높은 실시간 처리 방식이다. RTK-DGPS에서는 기준국에서 수신한 각 위성의 반송파 자료를 지속적으로 제공하여야 하며, 정보의 전송 장애로 발생할 수 있는 오차의 한계가 DGPS보다 상대적으로 크기 때문에 안정적이고 신속한 통신 매체가 요구되는 차이점이 있다[9].

3.1.2 DGPS의 데이터 형식

GPS의 데이터 형식은 NMEA0183(National Marine Electronics Association 0183)과 RTCM이 사용된다. RTK-DGPS의 보정신호 형식은 RTCM 데이터이다[10].

RTCM은 RTCM SC-104(RTCM Special Committee-104)에서 제정한 국제 표준형식으로 신호가 송신 및 수신된다. 데이터 메시지 형식의 RTCM 프로토콜은 버전 2.2 이며, 각 메시지 비트는 콘텐츠(contents)를 가지며 콘텐츠에 따라 비트수가 다르다. 모든 메시지는 각각 30 bits의 2-워드 헤더(word header)를 포함하며, 데이터는 메시지 타입에 따라 번호가 1 - 63으로 분류되어 있다. <그림 3-1>은 RTCM 데이터 메시지 형식을 나타내며, <표 3-1>은 메시지 내용에 따른 타이틀(title)을 일부만 나타내고 있다[11-13].



<그림 3-1> RTCM 데이터 메시지 형식

<Fig. 3-1> RTCM data message format

<표 3-1> RTCM 메시지 내용(Ver. 2.2)

<Table 3-1> RTCM message contents (Ver. 2.2)

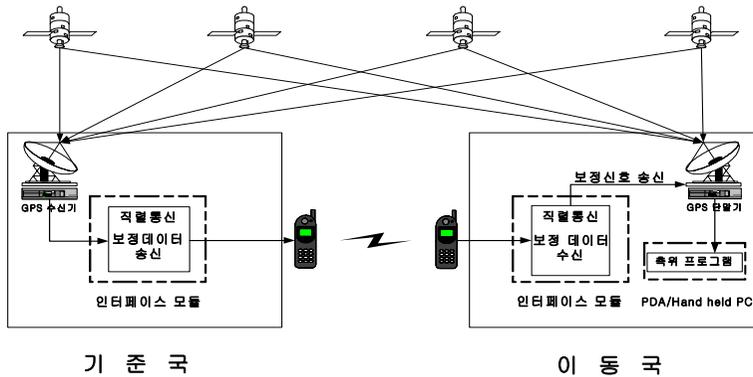
MESSAGE TYPE CONTENT AND FORMATS	
MESSAGE TYPE NO.	TITLE
1	Differential GPS Corrections
6	GPS Null Frame
7	DGPS Radiobeacon Almanac
10	P-Code Differential Corrections
11	C/A Code L1,L2 Delta Corrections
16	GPS special Message
17	GPS Ephemerides
20	RTK Carrier Phase Corrections
36	GLONASS special Message
60-63	Multipurpose Usage

3.2 인터페이스 모듈의 설계

3.2.1 시스템 구성

본 논문에서 설계한 시스템은 GPS 보정신호 송신 및 수신 시스템에서 이용하기 위해 기준국과 이동국의 RF 방식의 무선 모뎀을 휴대전화 인터페이스 모듈로 대체하는 시스템이다[14].

즉, 기존 DGPS 시스템의 PC와 무선 모뎀을 대체할 인터페이스 모듈은 각 DGPS 수신기와 휴대전화 사이의 모듈로서 RS-232C와 통신 제어를 통한 보정신호의 전송을 가능하게 한다. 인터페이스 모듈을 이용한 DGPS 보정신호 전송 시스템은 크게 기준국과 이동국 두 부분으로 나눌 수 있다. <그림 3-2>는 DGPS 보정신호 전송을 위한 휴대전화를 연동한 인터페이스 모듈의 전체 시스템 구성을 나타낸다.



<그림 3-2> 휴대전화 인터페이스 모듈의 시스템

<Fig. 3-2> System of mobile phone interface module

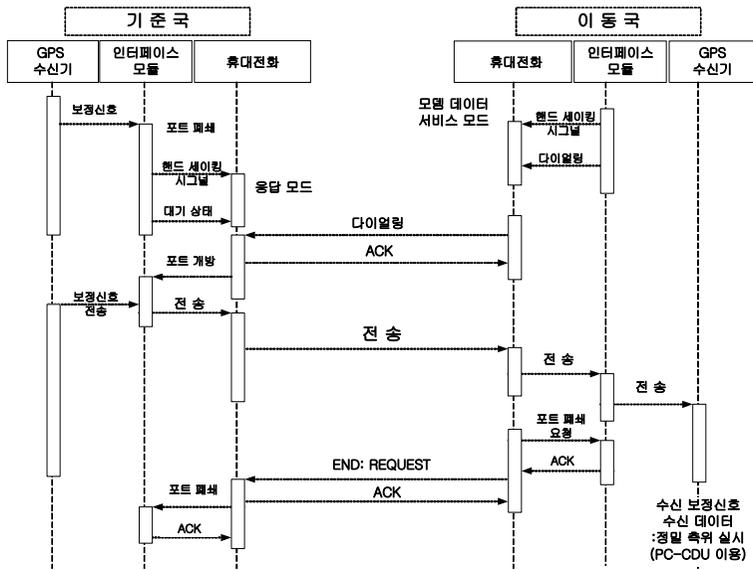
첫번째, 기준국의 모듈은 직렬 통신과 휴대전화를 초기화한다. 인터페이스 모듈은 DGPS 수신기의 보정신호를 이동국에 전송하기 위하여 RS-232C와 휴대전화를 초기화하고 응답 모드로 대기하며, 이때 휴대전화는 모뎀 자동 착신 모드 설정으로 전환한다.

두 번째, 이동국의 모듈은 직렬 통신과 휴대전화를 초기화 한 후, 기준국에 다이얼링을 하여 기준국으로부터 연결 수락이 이루어진 다음 데이터 통신을 위한 핸드셰이킹(handshaking)을 한다. 이동국은 수신된 보정신호를 이용하여 측위 프로그램(PC-CDU)에서 상대 측위를 통한 정밀 측위가 이루어진다.

3.2.2 인터페이스 모듈의 흐름도

GPS 수신기와 휴대전화 사이의 일괄적인 작업이 모듈의 핵심이며, 보정신호 데이터는 기준국에서 이동국으로만 전송되도록 구성하였다. 기준국에서의 휴대전화는 응답 모드로 대기하고, 이동국의 연결 요청이 있을 때만 RS-232C 포트를 개방하여 휴대전화를 사용해

이동국의 사용자에게 전송하는 시스템으로 구성되어 있다. <그림 3-3>은 GPS 보정신호 송·수신을 위한 기준국과 이동국의 개념적인 작업 흐름도를 나타낸다.



<그림 3-3> 기준국과 이동국의 작업 흐름도

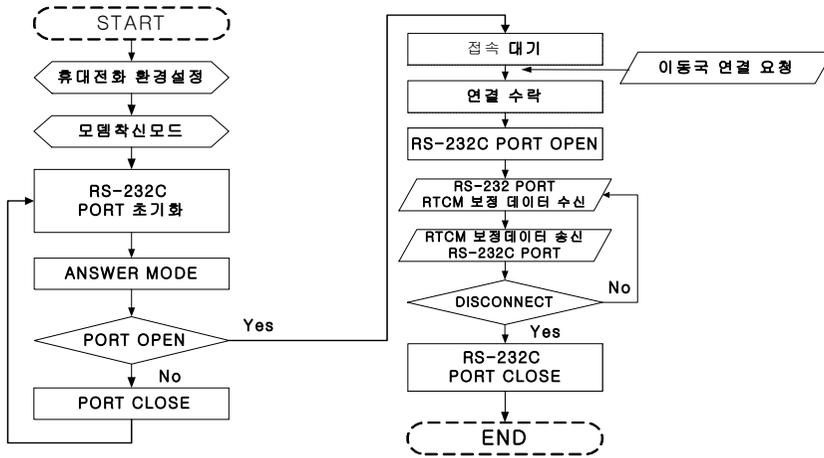
<Fig. 3-3> Work flow of base and rover station

3.2.3 기준국의 설계

기준국은 GPS 수신기와 휴대전화, 인터페이스 모듈로 구성된다.

기준국에서의 시스템은 수신기로부터 수신되는 보정신호를 이동국으로 송신하기 위해 휴대전화를 모뎀 착신 모드로 환경 설정을 한다. 그리고 RS-232C와 통신 포트를 초기화 환경으로 세팅하여 응답 모드로 대기한다. 이동국의 연결 요청이 있을 때에만 연결을 수락하여 RS-232C를 개방하며, GPS 수신기로부터 수신된 보정신호 데이터를 직렬 통신을 이용하여 이동국의 휴대전화로 송신하는 시스템이다. <그림 3-4>는 기준국의 인터페이스 모듈의 시스템 설계

다이어그램을 나타낸다.



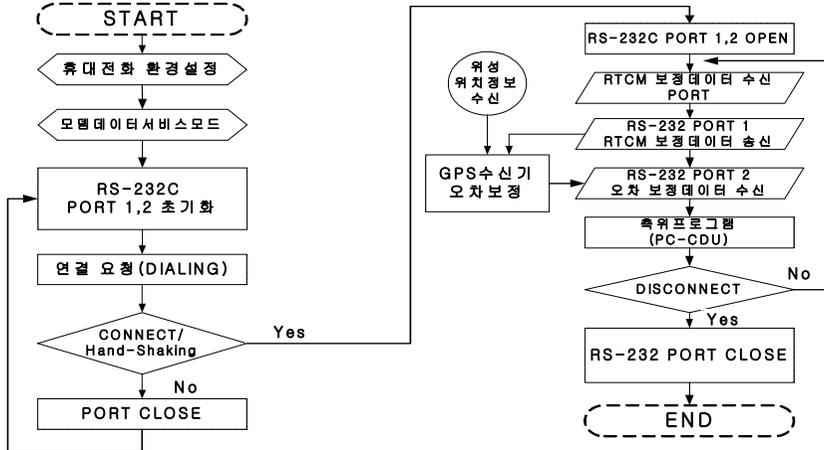
<그림 3-4> 기준국 인터페이스 모듈의 설계

<Fig. 3-4> Design of interface module for base station

3.2.4 이동국의 설계

이동국은 GPS 수신기와 휴대전화, 인터페이스 모듈로 시스템이 구성된다. 이동국에서의 시스템은 기준국의 보정신호를 수신하기 위하여 휴대전화를 모뎀 데이터 서비스 모드로 전환하고, RS-232C와 휴대전화를 초기화 설정한다. 환경 설정 후 기준국의 휴대전화로 전화를 걸어 연결 요청을 시도한다. 연결 수락을 한 후, 핸드셰이킹이 이루어지면 RS-232C를 개방하여 보정신호 데이터를 수신한다. 이동국은 다시 RS-232C를 통해 GPS 수신기로 신호를 송신하며, 위성의 위치정보를 이용하여 오차를 보정한 후 직렬 통신을 통해 신호를 다시 수신한다. 수신한 오차 보정신호를 이용해 이동국의 PC/PDA (Personal Digital Assistant)/노트북에서 측위 프로그램을 이용하여 정밀한 상대 측위가 실시되는 시스템이다[15].

<그림 3-5>는 이동국의 인터페이스 모듈의 시스템 설계 다이어그램을 나타낸다.



<그림 3-5> 이동국 인터페이스 모듈의 설계

<Fig. 3-5> Design of interface module for rover station

3.3 인터페이스 모듈 제어 프로그램의 설계

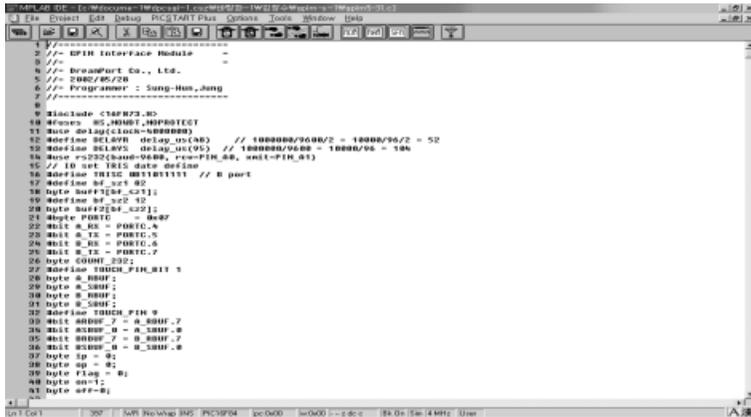
3.3.1 MPLAB IDE(Integrated Development Environment)

모듈의 PIC 프로그램 메모리에 작성한 제어 프로그램을 기록하기 위해서는 2가지 단계가 필요하다.

- ▶ 작성된 PIC 프로그램을 어셈블 하는 단계
- ▶ 어셈블러로 작성된 헥사(HEX)파일을 PIC 전용 프로그래머(미인 세상)를 통해 PIC에 기록하는 단계

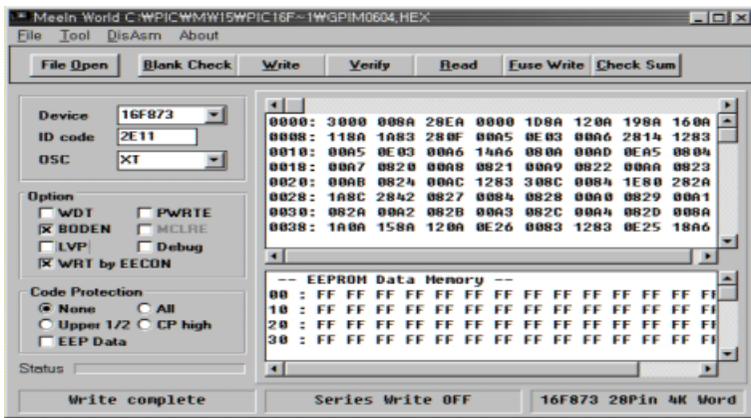
<그림 3-6>은 MPLAB IDE 실행 화면을 나타내며, 기준국과 이동국의 제어 프로그램으로 PIC에 기록하기 전의 C 언어로 코딩한

프로그램을 MPLAB 화면에서 나타낸다. 롬 라이터는 생성된 헥사 파일을 이용해 PIC의 프로그램 메모리에 기록한다. <그림 3-7>은 롬 라이터(rom writer) 프로그램의 실행을 나타낸다[16].



<그림 3-6> MPLAB IDE 프로그램

<Fig. 3-6> MPLAB IDE program



<그림 3-7> 롬 라이터 프로그램

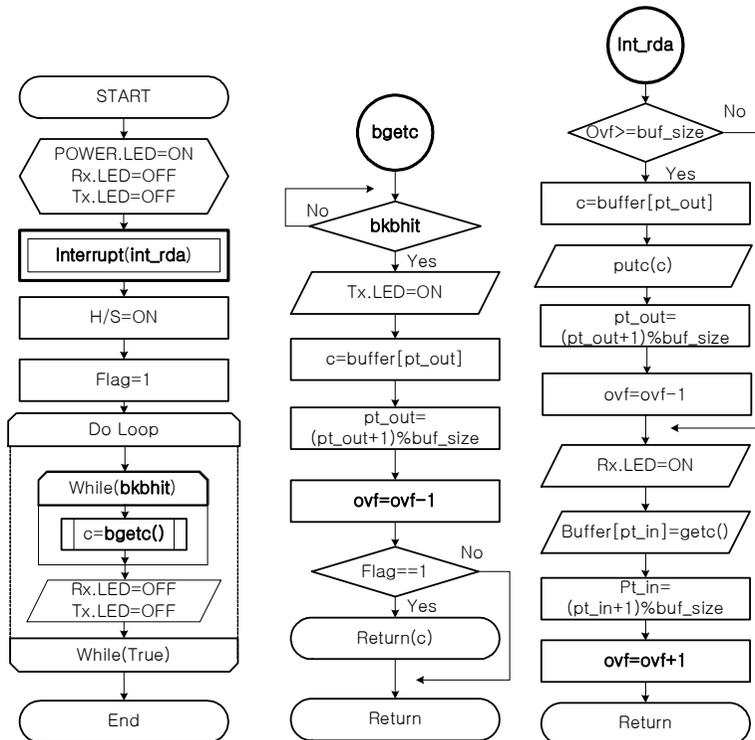
<Fig. 3-7> Program of rom writer

PIC 프로그램을 어셈블하기 위해 본 논문에서는 마이크로칩사에서 배포하는 MPASM이라는 전용 어셈블러를 사용했다. 이것은 가장 기초적인 프로그램으로 마이크로칩사는 더 이상 이를 분리하여

제공하지 않는다. 따라서 MPLAB IDE에 포함된 어셈블러를 사용한다. MPLAB에는 MPASM과 동일한 기능을 하는 어셈블러가 내장되어 있으므로 둘 중의 어떠한 것을 이용해도 PIC 프로그램을 어셈블 할 수 있다. MPASM에서 생성하는 절대코드(HEX 파일)를 이용해 PIC를 구동시킨다[17].

3.3.2 제어 프로그램 설계

PIC의 제어 프로그램은 main, interrupt routine, bgetc routine으로 3개의 부분으로 구성되어 있다. <그림 3-8>는 PIC 내부 전체 데이터 흐름 다이어그램을 나타낸다.



<그림 3-8> 인터페이스 모듈의 데이터 흐름도

<Fig. 3-8> Data flow diagram of interface module

3.3.2.1 main()

초기 전원을 ON시키면 LED를 세팅시키고, 인터럽트 초기화 및 루틴 설정을 한다. 핸드셰이킹을 위한 핀 제어 신호로 5[V]=1을 내보내고, 플래그를 1로 설정한다. 플래그는 GPS 수신기로부터 연속적인 데이터 입력을 통제하는 변수이다. Flag=0일 때는 포트를 개방하지 않으며 핸드셰이킹이 정상적으로 이루어질 수 있도록 한다. 핸드셰이킹 절차 후 데이터 전송시에는 Flag=1로 설정하여 데이터 통신이 이루어진다.

Do-Loop 루틴은 인터페이스 모듈이 사용되는 동안 무한 루프된다. 외부 입력 핀으로부터 입력(interrupt), 즉 수신(RX)을 감지하는 것을 제외하고 버퍼내용의 출력을 담당하며, 이런 처리 루틴이 bgetc() 함수이다.

3.3.2.2 bgetc() routine

이 함수는 bgetc()=bkbhit 동안 송신(TX)을 담당한다. 인터럽트가 발생하지 않는 동안은 대기 상태이며, 대기 조건은 버퍼의 Point_IN과 Point_OUT이 다른 경우이다. PIC 내부 버퍼에 수신된 데이터가 있는 것으로 간주하여 다음을 수행한다.

- 1) TX.LED를 ON
- 2) 버퍼의 Point_OUT 번째의 1 bytes를 구한다.
- 3) 버퍼는 환형 링크 리스트(Circular linked list) 구조이며, 앞(front)과 뒤(tail)의 포인터를 이어서 사용하기 위해 다음 공식을 사용: $pt_out = (pt_out+1)\%buf_size$
- 4) 오버 플로우(overflow)를 위한 감소(decrement)
- 5) Flag=1 설정 시에는 1 bytes 문자를 리턴(return)

3.3.2.3 interrupt routine(int_rda)

이 루틴은 RS-232C 수신 핀의 인터럽트 이벤트 발생시 처리된다. 수신된 데이터 스트림(stream)은 내부 최대 버퍼 한계 내에서 입력이 된다. 상위 루프는 버퍼 한계 초과시 ovf 변수로 검출하여 먼저 버퍼 내의 문자 1 bytes를 보내고, 버퍼의 공간을 확보하여 RX.LED=ON을 시킨다. 충분한 버퍼의 용량이 확보된 경우 환형 링크 리스트의 구조에 따라 버퍼에getc()된 문자를 저장하고, 오버 플로우를 증가시켜 리턴한다. 다음의 <그림 3-9>와 <그림 3-10>은 인터페이스 모듈의 프로그램 메모리 내부의 PIC 제어 프로그램의 소스를 나타낸다[18].

```

main() {
    int i=0;
    enable_interrupts(global); //송신 인터럽트
    enable_interrupts(int_rda);
    output_bit(PIN_B7,1); //LED
    output_bit(PIN_B6,0);
    output_bit(PIN_B5,0);
    output_bit(PIN_C4,1); //응답 Mode
    flag = 1;
    .....
    - 중간 생략 -
    .....
    for(i=0;i<5;i++) {
        output_bit(PIN_B5,1);
        output_bit(PIN_B6,0);
        delay_ms(500);
        output_bit(PIN_B5,0);
        output_bit(PIN_B6,1);
        delay_ms(500);
    }

    do {
        while(bkbhit)
            putc( bgetc() );
        output_bit(PIN_B6,0);
        output_bit(PIN_B5,0);
    } while (TRUE);
}

```

<그림 3-9> PIC 제어 프로그램 소스(1)

<Fig. 3-9> Source of PIC control program(1)

```

#include <16F873.H>//헤더 파일 포함
#define bs1 82
.....
.....
- 중간 생략 -
.....
.....

#fuses HS, NOWDT, NOPROTECT
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(baud=19200, rcv=PIN_C7, xmit=PIN_C6)

#int_rda
void serial_isr() {
    int t;
    char c;
    if ( ovf >= (bs1-1) )
    {
        c=bf1[next_out];
        next_out=(next_out+1) % bs1;
        ovf--;
        putc(c);
    }
    output_bit(PIN_B6,1);

    bf1[next_in]=getc();
    t=next_in;
    next_in=(next_in+1) % bs1;
    ovf++;
}

```

<그림 3-10> PIC 제어 프로그램 소스(2)

<Fig. 3-10> Source of PIC control program(2)

제 4 장 인터페이스 모듈 구현 및 실험

본 장에서는 인터페이스 모듈의 구현을 위한 환경 및 회로를 설명한다. 그리고 휴대전화 연동의 예비 실험 결과와 본 논문에서 구현한 인터페이스 모듈의 실험 결과를 비교하여, 결과 자료를 분석하는 고찰을 논한다.

4.1 인터페이스 모듈의 구현 및 실험 결과

4.1.1 구현 환경 및 회로

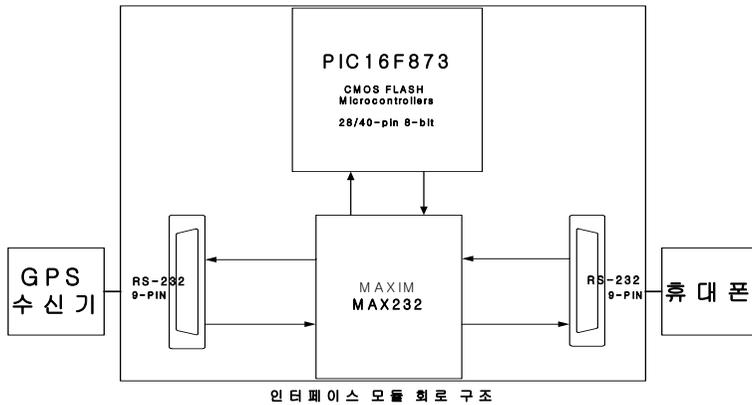
브레드 보드를 이용해 회로를 구성한다. 그리고 예비적으로 시물레이터(MAGELLAN: GP-0500MG)를 연결하여 실험을 실시하여 전체적인 PCB를 구성한다.

부품은 저항(200Ω), LED, Microcontroller(PIC16F873), MAX232, 콘덴서($1\mu F$), 전원, SUB-D9(RS-232C, 직렬통신 connector) 등을 사용하여 보드를 구성한다. 하드웨어 인터페이스 모듈은 기존 무선 모뎀을 대치하고 휴대전화를 이용하여 데이터를 송신 및 수신하는 시스템으로 구성한다[17].

인터페이스 모듈은 PC와 통신할 것이며, 이는 PC에 내부적으로 갖추어진 UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) 칩과 통신한다는 것을 의미한다. 그리고 PC와 통신하기 위해서는 신호 레벨을 논리 1에서 10 V, 논리 0에서 -10 V로 변환하여야 하며, 이를 위해 사용하는 MAX232는 레벨 변환 IC로 맥심사에서 개발한 것이다. PIC는 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH 마이크로 컨트롤러

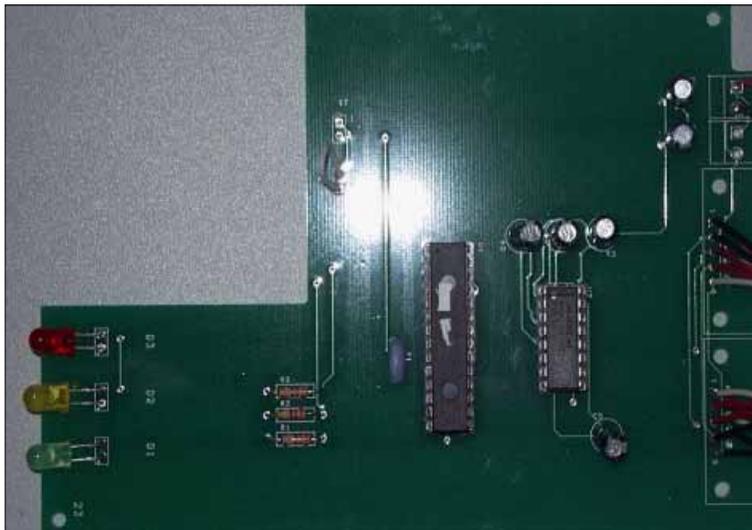
인 PIC16F873의 칩을 사용한다[19].

<그림 4-1>은 인터페이스 모듈 내부의 MAX232 및 GPS 수신기와 휴대전화의 전체적인 회로 구성을 나타낸다. <그림 4-2>는 인터페이스 모듈의 구성(PCB)을 나타낸다.



<그림 4-1> 인터페이스 모듈 회로 구성

<Fig. 4-1> Circuit structure of interface module



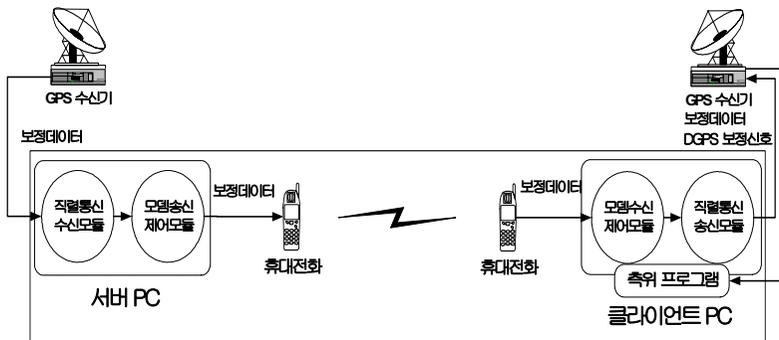
<그림 4-2> 인터페이스 모듈(PCB)

<Fig. 4-2> Interface module(PCB)

인터페이스 모듈은 GPS에서 수신되는 데이터를 MAX232를 통해 PIC16F873으로 전달되어 휴대전화를 통해 이동국의 사용자에게 송신하는 시스템으로 구현된다. PIC와 MAX232는 이동국의 연결 요청에 응답하고 데이터 전송을 위한 핸드셰이킹을 한 후, GPS 수신기로부터 수신된 보정신호 데이터를 PIC의 내부 버퍼를 사용해 이동국의 사용자에게 송신하는 기능을 담당한다.

4.1.2 휴대전화 연동 실험 결과

GPS 보정신호 전송을 위한 휴대전화 인터페이스 모듈의 설계 및 구현을 하기에 앞서 기존의 무선 모뎀을 휴대전화로 대체하는 시스템을 구성하여 실험을 실시하였다. 실험 시스템의 정밀도를 측정하기 위하여 기준국에서 수신한 보정신호를 이동국의 측위 프로그램을 이용하여 상대 측위를 하였다[20]. <그림 4-3>은 휴대전화 연동 시스템의 구성을 나타낸다.

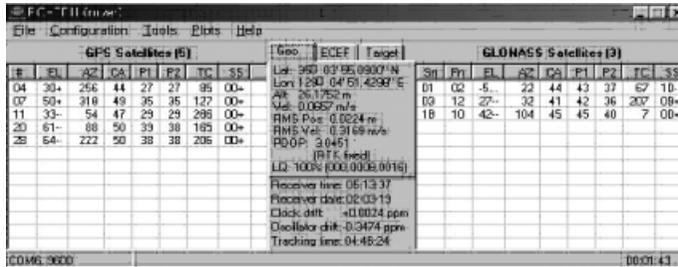


<그림 4-3> 휴대전화 연동 시스템

<Fig. 4-3> System of mobile phone linkage

<그림 4-4>의 결과는 실험 시스템이 RTK-GPS의 측위에서 필요

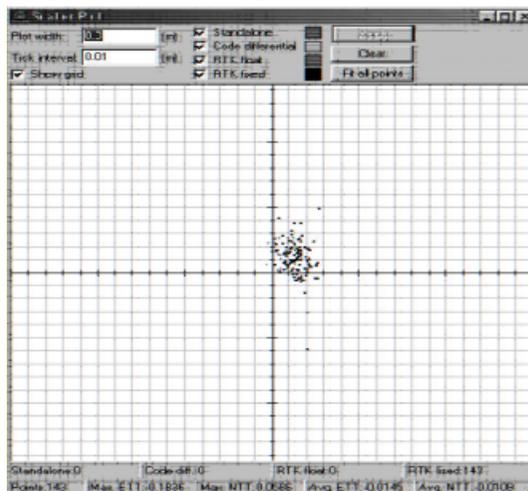
한 4개 이상의 위성에서 수신한 보정신호를 이용하고, 이동국에서 측위 프로그램으로 거의 100 % 상대 측위가 실시됨을 나타낸다.



<그림 4-4> 측위 프로그램(PC-CDU)

<Fig. 4-4> Surveying program

<그림 4-5>에서는 보정신호 전송을 위한 RTK-GPS의 실험 시스템의 상대 측위의 정밀도를 나타내며, 기존 측위 시스템의 정밀도와 비교하여 휴대전화 연동 시스템이 거의 동일한 정확도를 나타내는 결과가 산출됨을 알 수 있다.

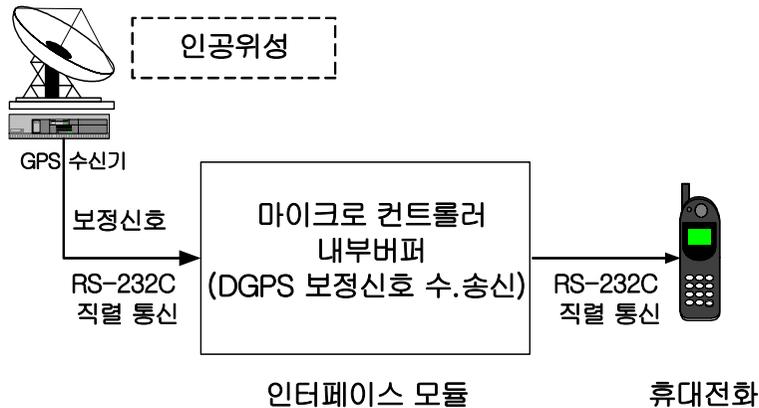


<그림 4-5> 시스템의 정확도

<Fig. 4-5> Precision of system

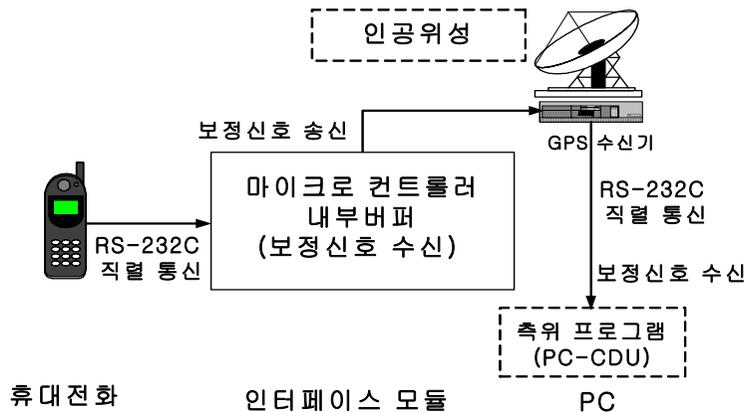
4.1.3 인터페이스 모듈의 실험 결과

구현 시스템은 휴대전화 인터페이스 모듈을 기준국과 이동국으로 각각 구성하고 측위를 실시해 결과를 산출하였다. 기준국은 모듈만으로 DGPS 보정신호를 수신, 송신하고, 이동국은 수신된 신호를 다시 보정하여 PC-CDU를 사용하여 정확도를 측정한다. <그림 4-6>과 <그림 4-7>은 인터페이스 모듈의 구성을 나타낸다.



<그림 4-6> 기준국의 인터페이스 모듈

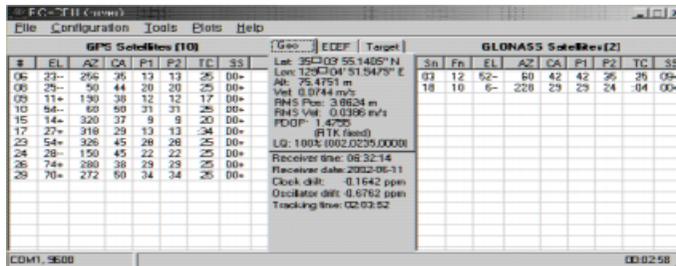
<Fig. 4-6> Interface module of base station



<그림 4-7> 이동국의 인터페이스 모듈

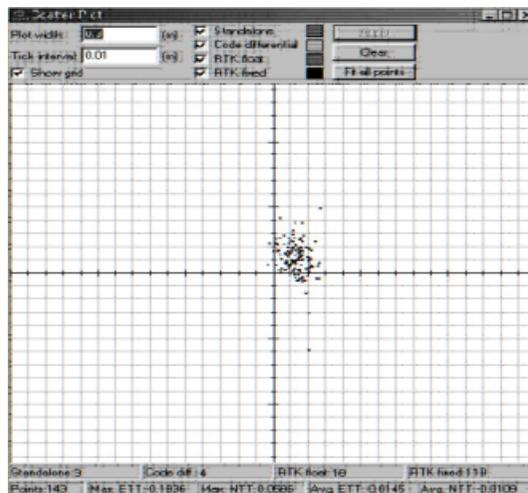
<Fig. 4-7> Interface module of rover station

측위는 기준국과 이동국에 각각의 모듈을 설치하고, 기준국으로 다이얼링을 하여 연결 수락이 이루어진 후에 GPS 보정신호 데이터가 수신되는 실험을 실시하였다. 그리고 이동국의 인터페이스 모듈은 휴대전화 연동 실험 시스템과 같이 측위 프로그램을 이용하여 실험을 실시하였다. <그림 4-8>과 <그림 4-9>는 RTCM 데이터 형식을 이동국의 측위 프로그램을 이용한 결과를 나타낸다. <그림 4-10>은 이동국의 인터페이스 모듈을 통해 수신되는 보정신호를 하이퍼터미널(hyper-terminal)로 확인한 것으로 정상적임을 나타낸다.



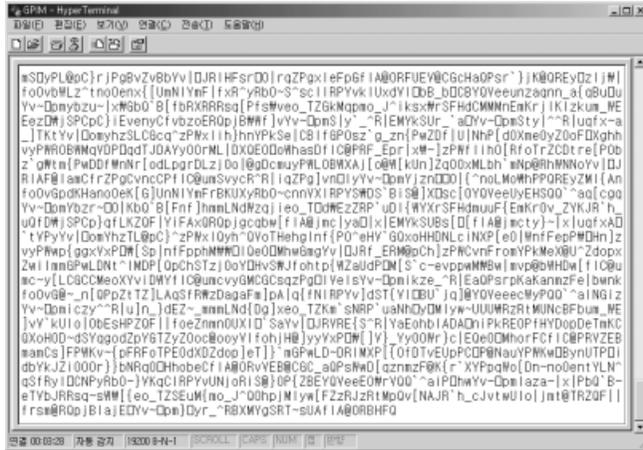
<그림 4-8> 측위 프로그램(PC-CDU)

<Fig. 4-8> Surveying program



<그림 4-9> 시스템의 정확도

<Fig. 4-9> Precision of system



<그림 4-10> RTCM 데이터 포맷

<Fig. 4-10> RTCM data format

4.2 실험 결과의 고찰

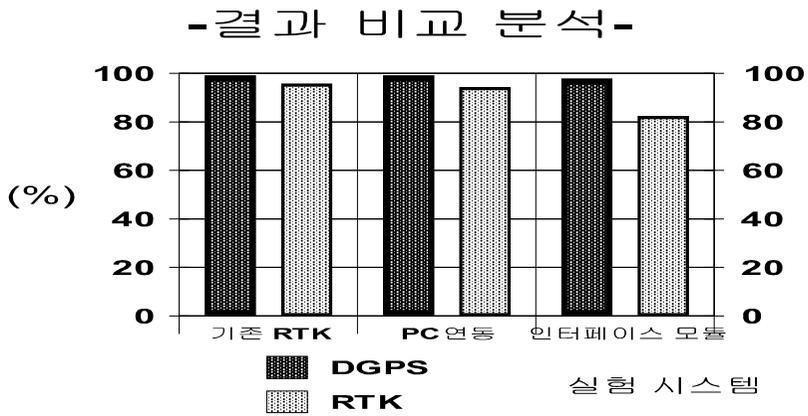
<표 4-1>은 휴대전화 연동 시스템과 인터페이스 모듈을 이용하여 10번의 실험을 실시한 평균치를 나타낸다. 이동국에서의 정밀도 측정은 측위 프로그램을 사용한다.

<표 4-1> 시스템의 결과 비교 분석

<Table 4-1> Comparison analysis of system's result

구 분	기존 RTK-DGPS	휴대전화 연동 RTK-DGPS	인터페이스 모듈
메모리 버퍼(bytes)	512 Bytes(PC)	512 Bytes(PC)	82Bytes (PIC16F873)
Standalone	1	1	3
Code-Differential	2	3	4
RTK-float	3	4	18
RTK-fixed	137	135	110

<표 4-1>이 나타내는 Standalone은 이동국의 데이터만을 이용한 수치이고, Code-Differential은 DGPS 측위를 나타낸다. 그리고 RTK-float는 기준국 데이터만을 이용한 측위이며, RTK-fixed는 기준국과 이동국을 이용하여 오차 보정을 실시한 측위를 나타낸다. <그림 4-11>은 각각의 시스템에 대한 비교 분석을 나타낸다.



<그림 4-11> 시스템의 비교 분석

<Fig. 4-11> Comparison analysis of systems

GPS 보정신호 전송을 위한 휴대전화 인터페이스 모듈 시스템의 결과는 PIC16F873의 내부 버퍼 용량에 따라 정밀도가 다른 결과를 나타내었다.

1차 실험에서는 PIC 내부 버퍼를 32 bytes로 설정하여 데이터 정확도를 측정하니 67 %의 정밀도로 측위가 실시되었다. 2차 실험에서는 내부 버퍼를 82 bytes로 설정해서 결과를 산출하니 83 %의 정밀도가 나타났다. <그림 4-5>와 <그림 4-9>는 수신된 보정신호를 측위 프로그램(PC-CDU)을 이용한 측위 정밀도를 나타내며, 그림의 정밀도 결과와 같이 인터페이스 모듈을 사용한 GPS 측위는 기존 시스템과 비교하여 거의 동일한 정밀도의 측위가 가능함을 알 수

있다.

결론적으로 PIC16F873의 내부 버퍼를 최대화한다면 정밀도가 향상되리라 예상된다. 차후로 용량이 큰 버퍼를 내장한 마이크로컨트롤러를 교체하여 인터페이스 모듈을 만든다면, 보다 정확한 보정 신호 데이터로 측위를 실시하여 정밀도를 향상할 수 있으리라 기대된다. 그리고 하드웨어 인터페이스 모듈로 기준국과 이동국을 대치하더라도 기존 시스템과 비교하여 GPS 보정 신호 전송과 정확한 측위가 가능함을 알 수 있다.

제 5 장 결 론

본 논문은 DGPS 보정신호 전송을 위한 휴대전화 인터페이스 모듈에 관한 설계 및 구현이다. 휴대전화 사이의 연동 실험과 인터페이스 모듈의 설계 및 구현에서 기준국의 컴퓨터 및 무선 모뎀, 그리고 이동국의 무선 모뎀을 휴대전화 연동을 위한 인터페이스 모듈로 대체할 수 있음을 확인했으며, 휴대전화 인터페이스 모듈을 이용해 기준국에서 이동국으로 DGPS 보정신호를 전송할 수 있음을 확인하였다. 그리고 인터페이스 모듈은 휴대전화를 통해 이동국에서 GPS 보정신호 데이터를 수신 및 송신하여 정확한 보정신호 데이터를 획득하여 측위 프로그램에서 정밀한 측위를 할 수 있었다.

DGPS와 RTK-GPS는 기존 통신 시스템인 무선 모뎀을 사용함으로써 발생된 문제점들을 하드웨어 인터페이스 모듈을 사용함으로써 해결할 수 있었다. 그리고 RF 방식의 무선 모뎀의 최대 단점인 거리 한계를 극복할 수 있으며, 수신된 보정신호 데이터를 이용하여 후처리나 실시간으로 처리가 가능할 것으로 기대된다. 또한 이동국의 무선 모뎀을 대체함으로써 사용자의 위치 이동이 용이하며, 다수의 사용자가 각각의 사용자마다 인터페이스 모듈을 설정하여 다중 작업을 할 수 있으므로 훨씬 경제적이고 효율적인 시스템이다.

향후 휴대전화와 인터페이스 모듈을 같이 내장하는 키트(kit)로 대체한다면 휴대전화 사이의 핸드셰이킹 문제나 환경 설정 부분을 자동화로 해결할 수 있으리라 기대된다. 그리고 PIC 내부 버퍼 알고리즘을 개선하고, 버퍼 용량이 큰 PIC로 대체하여 휴대전화 인터페이스 모듈을 업그레이드한다면 거의 100 %까지 정밀도가 향상되리라 생각된다. 그리고 휴대전화 인터페이스 모듈을 바탕으로 GPS 보정신호를 필요로 하는 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 방송의

형태로 서비스가 가능할 것으로 생각되며, 원격지의 추적 시스템에도 활용도가 높을 것으로 전망된다. 그리고 본 논문을 계기로 국내에서는 다소 미개척 분야인 관련 GPS 응용 시스템의 연구가 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Bradford W. Parkinson, James J. Spilker Jr., "Differential GPS:, Global Positioning System: Theory and Applications Vol. I ,II", American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 1996.
- [2] Elliott D. Kaplan, "Understanding GPS Principles and Applications", Artech House Publisher, 1996.
- [3] 한국전자 통신 연구원, "GPS 기술/시장 보고서", Gartner Consulting & ETRI, 2000. 11.
- [4] DOT, 2nd Edition, "Global Positioning System Standard Positioning Service Signal Specification", 1995.
- [5] 광재하, 김천근, "GPS 위성측량의 이해", 부산정보대학 출판부, 1999. 8.
- [6] 허윤정, 정장해, 박필호, 박종욱, 조정호, "GPS 측위기법에 따른 정밀도 비교 분석", 한국 우주 과학회 가을 학술대회, 1999.
- [7] D. Kozlov, M. Tkachenko, "Instant RTK cm with Low Cost GPS+GLONASS Receivers", Proc. of ION GPS-97, pp.1559-1569, 1997. 3.
- [8] 김동현, "실시간 GPS 정밀측량을 위한 이동중 위치결정에 관한 연구", 서울대학교 박사학위 논문, 1997.
- [9] Hoffman-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., and Collins, J., "Global Positioning System Theory and Practice", Springer Wien New York, 1997.
- [10] RTCM SPECIAL COMMITTEE NO.104 By Developed, "RTCM Recommended Standards for Differential Navstar

- GPS Service, Version 2.1”, 1994. 1.
- [11] (주)안세 기술, “URL: <http://ansei.co.kr/>, RTCM format”.
- [12] NMEA0183 Version 2.00, “STANDARD FOR INTERFACING MARINE ELECTRONIC DEVICES”.
- [13] 신선채, “위성항법 보정 시스템과 국내·외 동향”, 전파 제99호 3,4월호, 2001.
- [14] 정성훈, 이태오, 임재홍, “PDA 환경에서 RTK-GPS 보정 데이터 전송 에이전트의 설계 및 구현”, 한국 정보 처리 학회 제17회 춘계 학술 발표 대회, 2002. 4.
- [15] 한훈택, 현문필, 지규인, “실수 미지정수를 이용한 정밀 위치결정 기법의 개발 및 성능 분석”, 제 14차 한국자동제어학술회의 논문집, 1999.
- [16] 응용전자, PIC PROGRAM RITER 미인세상 Ver.1.4 Manual, “URL: <http://www.astroniks.co.kr/>”, 2002.
- [17] Microchip homepage Technical Support, “URL: <http://www.microchip.com/>, MPLAB IDE Simulator, Editor User’s Guide, PIC16F87X Data Sheet”, 2001.
- [18] Custom Computer Services Inc. C Compiler Reference Manual, “URL: <http://www.ccsinfo.com/>”, 2002. 2.
- [19] Maxim Integrated Products Technical Support, “URL: <http://www.maxim-ic.com/>”, 2002.
- [20] JAVAD homepage, “URL: <http://www.javad.com/>, PC-CDU MS version 2.1.10”, 2002.