



『국가 GPS 기준망 구축의 필요성과 역할』

1. 서 론

조진동
(한국자원연구소)
박필호
(천문대)
배재희
(국방부)
양근우
(내무부)
조홍묵
(국립지리원)

지상의 위치를 알아내기 위하여 먼 옛날부터 사람들이 별을 중요한 도구로 활용하여 왔다. 오늘날도 국제적인 기준점의 위치와 대륙간의 거리를 매우 정밀하게 측정하고자 할 때, 전파 천문학에 기반을 둔 초 장거리 전파 간섭계(VLBI)를 이용하여 별에서 나오는 전파를 관측한다. 우주 시대인 오늘날에는 인간이 만든 별이라고 말할 수 있는 인공위성을 이용하여 지상의 위치를 측정한다. 별은 밤에만 보이고 날씨가 흐리면 볼 수 없지만 인공위성은 지구 주위를 돌면서 지상 쪽으로 전파 신호를 항상 보내 주기 때문에 밤낮과 날씨에 상관없이 언제든지 이용할 수 있다는 장점이 있다. 현재 지구 주위를 돌고 있는 수천 개의 인공위성들 중에는 지상의 위치를 측정하는데 사용할 수 있도록 특별히 고안된 것들이 있다. 이러한 인공위성을 이용한 위치 측정 시스템 중에는 GPS(Global Positioning System)라는 것이 있어서 전 세계적으로 널리 이용되고 있다.

GPS는 미국의 국방성에서 군사적 목적으로 개발한 것이다. 미국 의회는 GPS를 일반인들도 사용할 수 있도록 개방하는 조치를 1980년대 중반에 취하였다. 그 결과 GPS와 관련된 기술의 개발이 민간의 주도로 이루어져 상업적인 차원에서 매우 급속한 발전을 이루어 왔다. GPS는 위치와 시간 정보가 필요한 모든 분야에 응용되고 있다고 해도 과언이 아니다. 자동차, 비행기, 선박의 항법분야는 물론 지도 제작과 관련된 측지 및 측량 분야, 우주, 통신, 여가, 국방 및 기초과학 분야 등 매우 광범위한 분야에 현재 사용되고 있다.

1973년부터 미국 공군의 주도로 개발이 시작된 GPS는 1978년에 첫 번째 위성이 발사된 이래 1985년까지 총 11개의 1세대 실험용 위성이 발사되었다. 이어서 1989년부터 2세대 위성이 발사되기 시작, 현재 총 24개의 위성이 지구 주위를 돌고 있다. 2세대 위성의 예상 수명은 약 7.5년이고 1대 당 가격은 약 5천만 달러(400억원)에 이른다. 1세대 위성중 1대가 아직도 사용되고 있다.

GPS를 이용하면 현재 자신의 위치를 30m의 오차 내에서 알 수 있으나 미국에서의 의도적으로 정밀도 저하 조치(SA 조치)를 실시할 경우에는 위치 측정의 정밀도가 100m까지 떨어진다. 미국은 현재 대부분의 GPS 위성에 정밀도 저하 조치를 실시하고 있다. 그러나 미국의 의도적인 정밀도 저하 조치에 맞서는 DGPS(Differential GPS)라 불리는 새로운 기술이 민간 쪽에서 개발되어 현재는 1m의 오차로 실시간 위치 측정이 가능하다.

두 대 이상의 GPS 수신기를 동시에 사용할 경우 SA 조치와 상관없이 두 지점간의 거리를 천만 분의 1의 정밀도로 잴 수 있는데, 이것은 100km의 거리를 1cm의 오차로 측정할 수 있는 정밀도에 해당한다. 기존에 측량 분야에서 사용되던 광파 측거기 등의 장비로는 20km 이상의 거리를 잴 수 없고, 시간 및 날씨에 제약을 받았다. 그러나 GPS는 측정 거리에 제한이 없고 시간 및 날씨에 전혀 영향을 받지 않으며 측정 정밀도 면에서도 기존 장비의 10배 이상 뛰어나다. 따라서 지도 제작과 관련된 정밀 측지망 구성, 토목공사, 지형 정보 시스템(GIS) 및

토지 정보 시스템(LIS) 구축 등 육상의 측량 분야에서도 GPS가 널리 이용되고 있다. 한편, 우리 나라에서 현재 사용되고 있는 지도 체계를 GPS에서 사용하는 세계 공통 지도 체계(WGS84)로 전환하려는 계획이 수립되어 추진 중에 있다. 참고로 GPS는 국제 시보국(BIH)에서 1984년에 채택한 지구의 극축 및 경도 원점과 일치하는 WGS 84(World Geodetic System 1984)라는 세계 공통 좌표계를 채택하고 있다.

2. GPS의 원리 및 시스템 구성

2-1. GPS를 이용한 위치측정 원리

GPS의 원리는 추적된 궤도(그림 1)에서 정확한 위치를 알 수 있는 위성에서 부터 발신되는 전파를 지상에서 수신하여 전파가 위성에서 관측점까지의 도달하는 데 걸리는 시간을 측정하여 광속도를 곱하여 주면 지구중심으로 부터 관측지점의 위치벡터 \mathbf{R} 를 산출 할 수 있다.

즉 $\mathbf{R} = \mathbf{r} - \rho$ (그림 2)을 이용하여 공간적 위치를 구하는 것이다. 이때 \mathbf{R} : 지구중심으로 부터 관측지점까지의 거리벡터, \mathbf{r} : 지구중심으로 부터 위성까지의 거리벡터, ρ : 관측지점으로 부터 위성까지의 거리벡터이다. 따라서 위성과의 거리를 결정하는 가장 중요한 요소는 시간이며, 위치측정방법은 코드를 이용한 거리측정(Code tracking) 방식과 반송파위상을 측정하는 간섭형측정(Carrier tracking) 방식이 있다(그림 3). 이 때 GPS관측에 의한 정적, 동적대상물의 위치 결정의 오차는

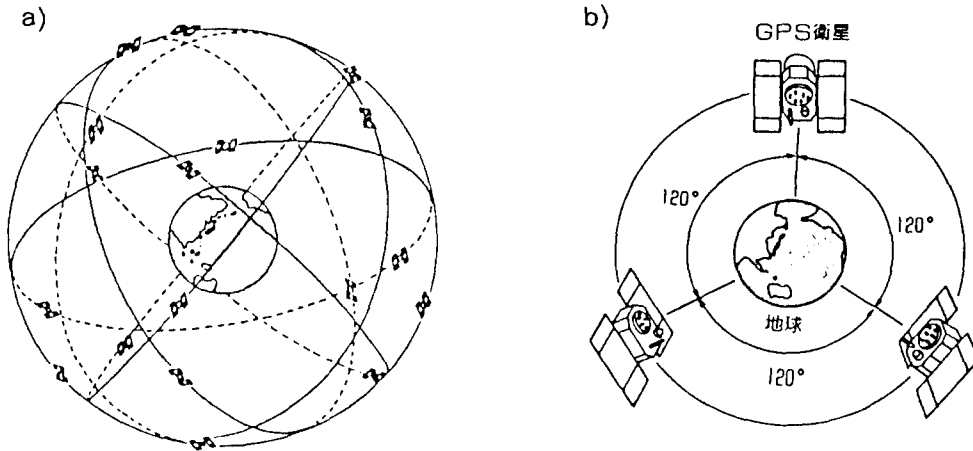


그림 1. GPS 위성 궤도 및 배치도
 a) GPS 위성의 궤도
 b) GPS 위성의 배치도 (1궤도면)

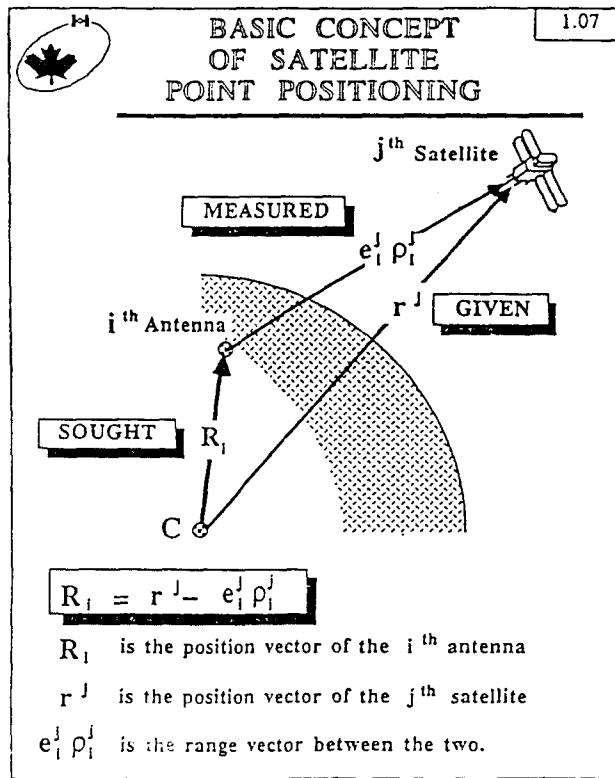


그림 2. GPS를 이용한 위치측정 개념도

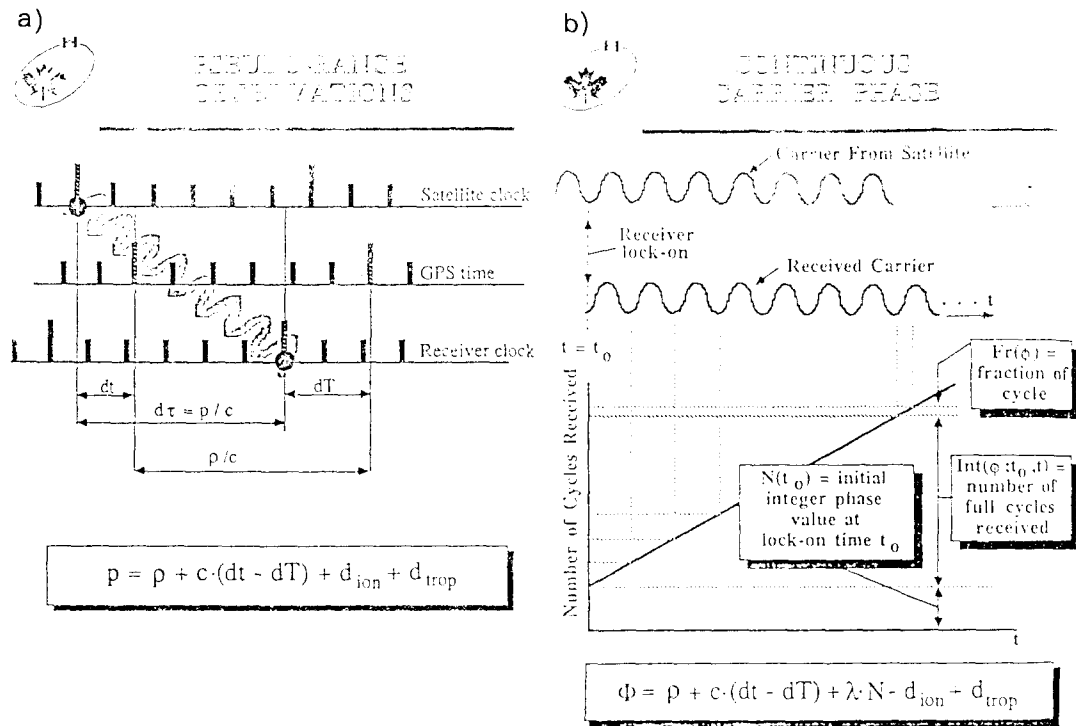


그림 3. 위치 측정 방식

- a) 코드를 이용한 거리측정
- b) 반송파 위상을 측정하는 간섭형 측정

- (1) 위성의 원자시계의 안정도
- (2) 위성궤도의 예측치의 정확도
- (3) 전리층의 전파지연
- (4) 대류권의 전파지연
- (5) 수신장치의 잡음
- (6) 수신장치의 채널 수 등에 의해서 발생된다.

2-2 GPS 시스템의 구성

GPS는 우주부분(Space Segment), 사용자 부분(User Segment) 및 제어부분(Control Segment)으로 크게 구분되어 각각 역할을 수행한다(그림 4).

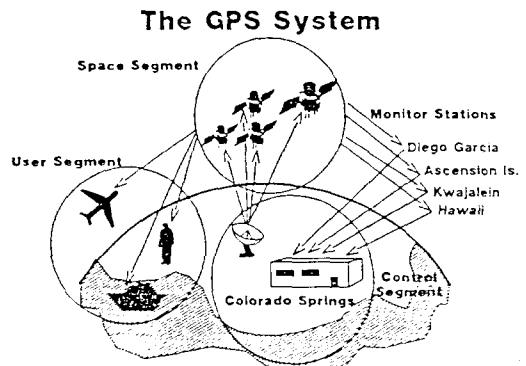


그림 4. GPS관측 시스템 구성

1) 우주부분

NAVSTAR 위성이라고 불리는 GPS 위성들로 구성되며 위성의 시간, 위치, 작동 상태, 시간보정 등의 정보를 사용자에게 전송하는 역할을 수행한다. GPS 위성은 지상 20,183km의 높이에서 거의 원 궤도를 유지하면서 하루에 2번씩 지구 주위를 돌고 있다. GPS 위성에는 약 십육만 년에 1초 정도 틀리는 정밀한 시계가 4대나 장착되어 있어 GPS 위성에서 나오는 모든 신호를 정확하게 제어한다. GPS 위성의 무게는 약 1,500kg이며 2개의 태양 전지판으로부터 전원을 공급받는다. 적도면과 55도의 경사각을 가진 총 6개의 궤도면에 4개씩 배치된 24개의 위성이 지구를 감싸는 형태를 취하고 있어 지상 어디에서나 4개 이상의 위성이 보이도록 설계되어 있다. 우리나라에도 4개 이상의 GPS 위성이 항상 우리 머리 위를 지나가고 있다.

2) 사용자 부분

사용자 부분은 GPS 수신기와 안테나, 자료처리 소프트웨어로 구성되어 있다. 지상에 있는 사용자는 GPS 위성에서 보내 오는 전파 신호를 수신하여 자신의 3차원 위치(경도, 위도, 높이)와 정확한 시간 및 속도를 알아낼 수 있다. GPS는 지구의 북극과 남극을 포함한 지상어디에서나 날씨에 관계 없이 하루 24시간 동안 사용이 가능하며, 사용자는 GPS 위성으로부터 보내오는 신호를 수신하기만 하면 되므로 별도의 사용 요금을 지불하지 않아도 된다. 2개 이상의 수신기로 동시에 관측할 경우에는 두 안테나 사

이의 상대거리와 기선의 방위각 및 도각은 물론 거리차이의 3차원 성분까지도 정밀하게 측정할 수 있다.

3) 제어 부분

제어부분은 크게 3가지, 주 제어국(MCS : Master Control Station)과 무인으로 운영되는 감시국(MS : Monitor Station) 및 송수신 안테나(GA : Up-link Ground Antenna)로 구성되어 있다. 주 제어국은 GPS의 전체시스템을 관리하고 통제하는 중심이며 미국의 Colorado Spring에 위치해 있다. 감시국으로부터의 자료를 받아 위성이 제궤도를 유지하는데 필요한 모든 처리와 계산을 수행하며 위성의 위치 및 시간이 수록된 항법메시지를 만들어 낸다. 주 제어국은 송수신 안테나를 통해 위성과 끊임없이 접촉하여 모든일이 계획대로 수행되도록 감시하고 조치하는 역할을 한다. 감시국은 세계적으로 고루 분포된 5개의 스테이션으로 구성되어 있다. 감시국의 임무는 모든 신호가 요구사항에 적합한지를 점검하고 그 위치에서 보이는 모든 위성을 다중채널 수신기로 추적하여 위성까지의 거리와 거리변화율을 동시에 측정하는 것이다. 측정된 데이터는 특별한 알고리즘에 의하여 걸러지며 수신기의 알려진 위치와 복조된 항법메시지에 근거해서 위성내 시계의 편차등을 조사한다. 송수신 안테나의 임무는 위성의 기능 상태에 관한 자료를 수신하고 위성을 제어하는 신호와 MSC로 부터 받은 새로운 내용의 항법메시지를 위성으로 보내는 일이다.

3. 국가 GP 기준망의 필요성과 구성

3-1. 국가 GPS 기준망의 필요성

현재 우리나라가 사용하고 있는 베셀타원체를 이용한 좌표계는 평면과 높이의 기준을 각각 구하여 사용하고 있는 2차원적 좌표계로써 동경원점을 이용한 관계로 관측오차등에 의한 좌표계의 왜곡, 부정확성과 함께 최신 측지기술 및 신 장비 사용에 부적합하다. 또한 지역적인 한계성으로 인하여 국제적인 측지사업 및 측량에 사용하기 곤란할 뿐만 아니라, 군사적 측면에서 볼 때에도 궤도물체 이동에 있어서 필수적인 정확성이 떨어진다. 그러나 공간적(3차원적) 좌표계의 개념에서 부터 출발한 GPS 시스템은 지구 및 우주연구를 하는 데 훌륭한 도구임을 느낄 수 있고 항공기 및 인공위성 관제이용, 지도제작시 지상 기준점을 제공할 수 있을 뿐만 아니라 GIS, LIS 지형정보 구축을 위한 효율적인 3차원 정보를 획득할 수 있다. 따라서 GPS는 우리나라 과학산업 발전에 필수적인 도구라고 볼 수 있다. 또한 GPS를 이용한 측지작업은 기존 3각측량법에 비해 정밀도의 차이는 있지만 단시간내 고른 정밀도의 3차원 좌표의 설정이 가능하며, 관측의 자동화에 따른 관측자의 오류 방지 및 인위적 오차를 최소화하는 이점등이 있다.

우리나라에서 GPS를 측지 및 측량, 자동차 등의 정밀 항법에 이용하기 위해서는 좌표가 cm의 정밀도로 결정된 GPS 기준점이 확보되어야 한다. 따라서, 국가 GPS 기준망의 필요성이 대두가 점차 고조되고 있는 실

정에 있으며, 이를 위해서는

(1) 정부의 각 부처의 관련 기관이 상호 협력하여 상시 GPS 관측소로 구성되는 국가 GPS 기준망을 구축 및 운영함으로써 국제적으로 공인을 받은 국가 GPS 기준점을 확보와 최신기술의 완전한 이용에 적합하고 충분한 정확도를 갖는 측지 기준점을 제공하며

(2) GPS와 관련된 관측자료의 상호 교환은 물론 기자재, 관련기술 및 분석결과를 공동으로 활용하는 체계를 구축함으로써 경제적 측면 및 선진 과학 기술개발에 도움이 될 것이다.

국가 GPS 기준망의 주요 기능은

- (1) GPS 위성의 고정밀 궤도자료 산출과 공급
- (2) 지구자전 요소 변화량을 준실시각으로 결정 및 보급
- (3) 범세계적으로 정밀한 지구기준좌표계 실현
- (4) 과학목적의 우주산업 지원
- (5) 국부적이고 지역적인 연구지원
- (6) 전세계적인 지각변동과 지구운동 관측
- (7) GPS 위성과 각 관측소 시계의 정밀도에 관한 정보를 산출
- (8) 지구이온층 변화감시 등에 두는 것이 좋을 것 같다.

3-2. 국가GPS 기준망 구성과 운영체계

국가 GPS 기준망의 구성은 그림 5에서 보는 바와 같이 6개 지점의 상시관측소(① 수원관측소, ② 대전관측소, ③ 광주관측소,

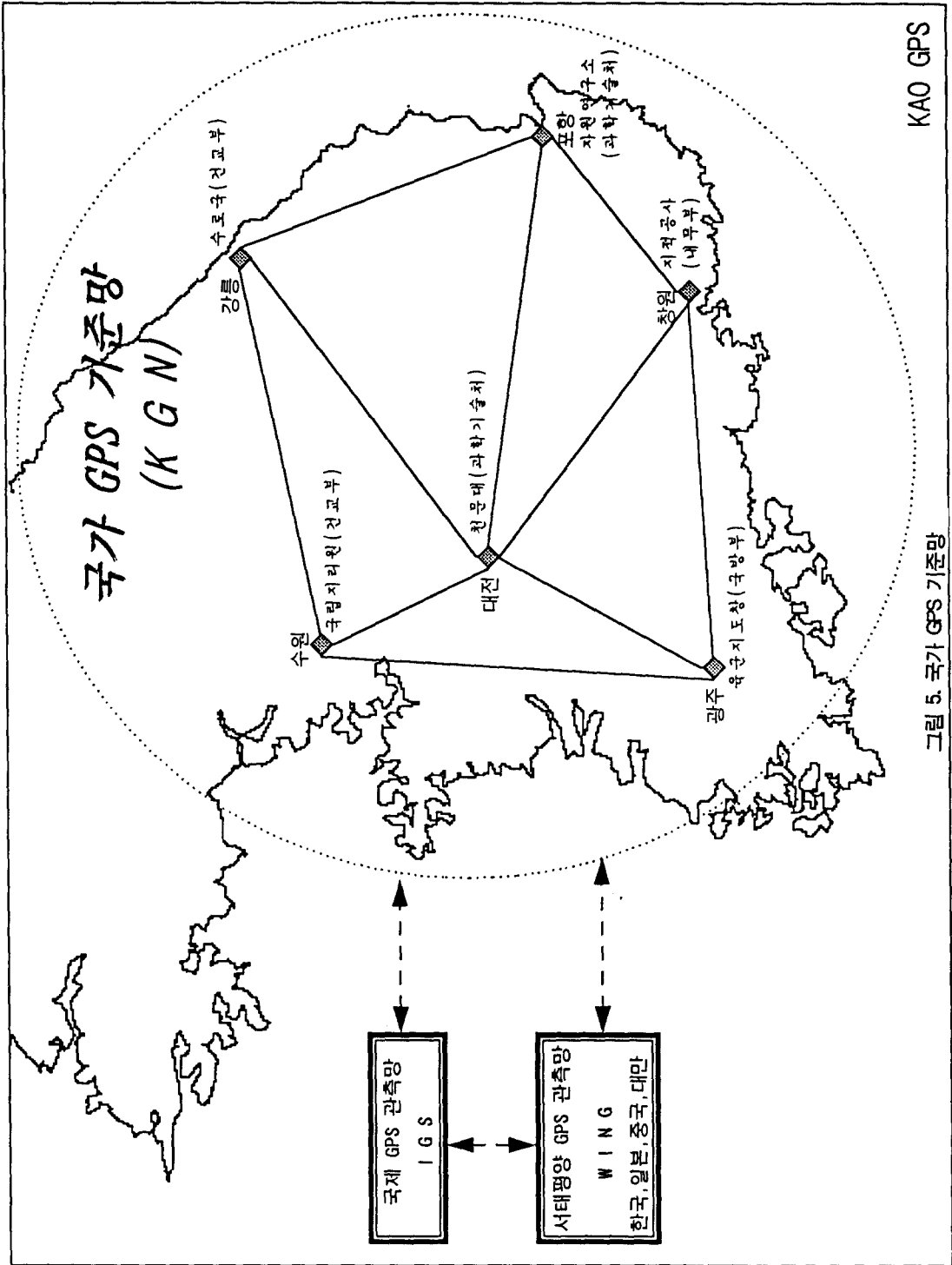


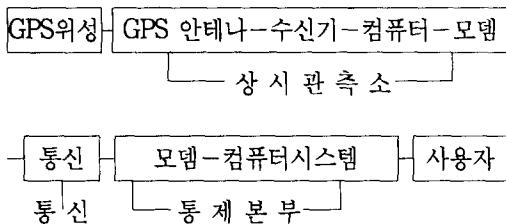
그림 5. 국가 GPS 기준망

④ 창원관측소, ⑤ 포항관측소, ⑥ 강능관측소등)으로 구성 될 것이며, 이 관측점들의 선정 이유는 GPS 관측소의 한반도내에 분포 상태와 참여기관의 운영등을 고려하였다. 그러나 양질의 GPS관측자료를 사용자에게 편리하게 제공하기 위하여서는 좀 더 많은 GPS 상시 관측소가 설정되어야 할 것으로 판단된다.

3-3. 국가 GPS기준망구성을 위한 시스템 구성

시스템 구성은 GPS 위성으로 보내 주는 신호를 상시 관측 할 수 있는 시설, 원거리 수신기 조작 및 관측된 자료를 통제본부로 송신 할 수 있는 통신시설, 모든 관측자료를 관리 및 처리할 수 있는 컴퓨터시스템이 갖추어진 통제본부등 3개 부류로 나눌 수 있다.

즉 시스템 구성의 계통도는 아래와 같다.



3-4. 국내 GPS 시스템 보유현황 및 보완 문제

1) 시스템 보유현황

현재 지상관측 측지용을 위해서 광범위하게 사용되고 있는 GPS 관측장비는 Trimble Navigation, Ashtech Inc., Wild-

Magnavocs, Leica System, Sokkia, Topcon, SNR-8 ROGUE, GOLDEN EAGLE 등등에 의하여 제작되는 것이 있다. 한편 국내에 보급된 기종은 주로 Trimble Navigation, Leica, Allen Osborne Associates Inc., Topcon 기종 등이 있으며 보유 현황은 표-1과 같다.

표 1.

보유기관	보유기종	보유수	제 작 사	비 고
국립지리원	T4000SST	3대	Trimble Navigation	
	GP-R1 System	3대	Topcon	
	Turbo Rogue SNR-8000	1대	Allen Osborne Associates Inc.	
국립천문대	T4000SST	3대	Trimble Navigation	
	T4000SSE	1대	Trimble Navigation	
육군지도청	T4000SSE	9대	Trimble Navigation	
지적공사	WLD System	4대	Leica	
한국자원연구소	T4000SSE	3대	Trimble Navigation	
성균관대	T4000SE	3대	Trimble Navigation	
충남대	T4000ST	3대	Trimble Navigation	
영남대	T4000SE	2대	Trimble Navigation	
법아 엔지니어링	T4000SSE	5대	Trimble Navigation	
거한 엔지니어링	T4000SSE	3대	Trimble Navigation	
부평공고	Wild System 200	2대	Leica	

2) 보완문제

GPS관측의 정확도에 영향을 미치는 주요요소로서는 위성수, 위성의 위치정보, 전리층과 대류층의 영향 및 수신기의 자료 획득능력 과 소프트웨어 기술등을 들 수 있다. 따라서 일반인이 GPS 시스템을 편리하게 사용하고, 정적 및 동적 대상체에 대한 효과적인 위치결정을 얻기 위해서는 효율적인 국가 GPS 기준망 시스템 운영에 있어서 다음과 같은 문제점이 선결되어야 할 것이다.

- (1) 시스템 운영을 위한 내부적인 지원의 활성화
- (2) 서로 다른 장비 사용에 의한 불균일

한 성과획득에 대한 관측작업 표준
화

- (3) 시스템 운영을 위한 통신망 구성
- (4) 효율적인 관측자료 관리
- (5) 자료처리 능력개발

4. GPS 이용분야

GPS 이용분야는 일상적으로 자신의 위치
나 대상물의 위치를 알아야 할 경우의 전반
적으로

- (1) 항법장치및 모니터링 : 선박, 자동차,
항공기, 인공위성
- (2) 측지분야 : 기준점측량, 중력측량, 항공
사진측량, 노선측량

- (3) 해양분야 : 정기노선항해, 시추공위치
결정, 선박항해 및 항만관제 해상중력
측량, 해상탐색 및 구조
- (4) 지구과학분야 : 지각변동관측, 지질구
조해석, 극운동 및 해수면변화
- (5) 군사분야 : 각종 장비의 항법장치, 목
표물위치결정, 사진답사, 원격조정 무
인자동차, 지휘 및 통신
- (6) 여가분야 : 등산, 여행, 탐사등
- (7) 기 타 : 환경보호, 부동산매매, 고객
서비스, 공공안전, 시물레이션, 교통관
제, 생태학등등이 있으나, 특히 국가
GPS 기준망은 (1)-(5)분야에서 좀 더
좋은 결과를 얻기 위해서는 필수적으
로 갖추어야 할 것으로 판단된다.