

# GPS의 소개와 응용

오경섭\* · 김동희\*\*

(\*영남대학교 대학원 전기공학과 박사과정수료

\*\*영남대학교 전자·정보공학부 교수/공박)

## 1. 서론

전 세계적인 측위 시스템(Global Positioning System)은 1970년대 후반의 미국, 특히 군사적인 관계로 NNSS(Navy Navigation Satellite System)에 대신하여 차세대 위성측위 시스템으로 책정되어온 몇 개의 계획을 통합하여 미국방성이 중심이 되어 개발된 지구상의 어느 곳에서도 3차원 측위를 가능하게 하는 위치측정 시스템이다.

1933년 말 정식으로 시스템으로서 완성을 보았으며, 2005년까지는 무상으로 일반 이용이 가능하게 되었다. 게다가 1996년 3월에는 미국 대통령 성명의 형태로 보다 장기적인 운용보증이 이루어질 수 있게 되었고, 또 SA (Selective Availability : 송신신호의 질을 고의로 열화시켜 제한된 이용자만 고정밀 이용이 가능한 방법)도 수년 내에 폐지하는 방침을 세우는 등 시스템에서도 개방의 방향으로 추진을 계속하고 있다.

GPS 위성의 이용은 mm정도의 초 고정밀도로서 상대측위로부터 일반적인 자동차 항법장치(Car Navigation)등에 이르는 광범위한 측위 기술로서, 또 그 이외의 타 학술분야에서의 이용이 진전되어지고 있고 앞으로도 멀티미디어의 일환으로서 취급되어지고 있는 등, 보다 광범위한 이용이 기대되고 있는 시스템이라 할 수 있다.

## 2. GPS의 구성 및 역할

GPS 시스템은 크게 위성부분(space segment)과 제어부분(control segment) 및 민생이용 부분(User segment)으로 분류할 수 있다.

GPS는 그림 1과 같이 미국이 지상 고도 약 20,200km(지구 중심으로부터 약 26567.5km)의 원궤도에 24기의 위성을 배치하여 각 위성에는 6천년에 1초의 오차가 있을까 말까한 3개의 원자시계를 탑재하여 지상으로 자신의 위치와

시간을 기록한 전파를 계속 송신해주며, 모든 위성은 적도를 기준으로 55°기울어 지구상공을 선회하고 있다. 이는 지상의 한 지점에서 동시에 최소한의 위성 5~8기의 위성으로부터 내려오는 전파를 수신할 수 있도록 하기 위함이다. 또, 표 1에서와 같이 GPS 위성에서부터는 측정거리 때문에 신호가 L<sub>1</sub> 파(1,575.42 MHz)와 L<sub>2</sub> 파(1,227.6 MHz)의 2가지 반송파가 C/A code와 P code로 불리어지는 2종류의 의사잡음계열로 변조되어 송신되고 있다. 즉, 2개의 주파로서 송신하는 목적은 도중의 반송로상 전리층에 의한 지연을 1차 명령으로 보정하는(전리층의 영향은 반송파 주파수의 2승에 역비례하는 분산성을 갖는다.) 이유가 있으나, L<sub>2</sub> 파는 민간용으로는 비공개로서 어떤 P code 신호로서만 변조되고 있기 때문에 일반적으로 L<sub>2</sub> 파의 이용은 곤란하다는 단점이 있다. 표 1은 GPS 위성의 제원을 나타내고 있다.

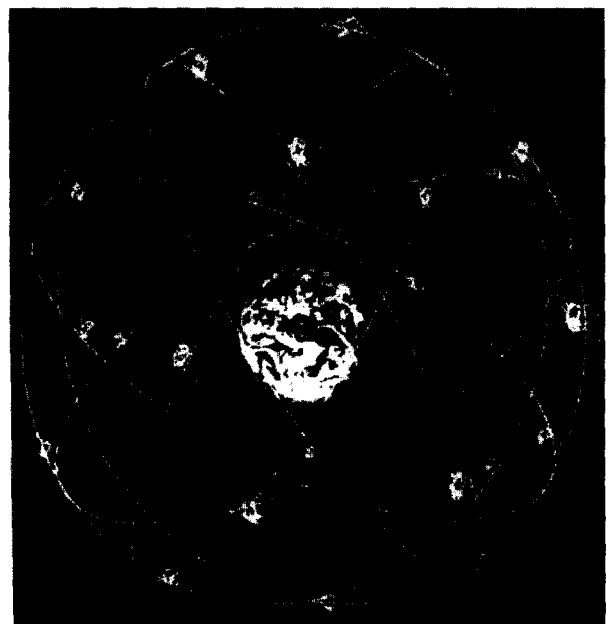


그림 1. GPS 위성의 궤도배치

표 1. GPS 위성의 제원

위성개수	24기(동작위성 21기, 예비위성 3기)
위성수명	7.5년
지상고	약 20,200km
주기	약 11시간 58분
궤도경사각	55°
송신전력	25W 정도
반송파	L <sub>1</sub> 파(1,575.42 MHz) (1.023MHz×154) L <sub>2</sub> 파(1,227.6 MHz) (10.23MHz×120)
특기사항	C/A code : L <sub>1</sub> 파로 송신, 민간용으로 개방. P code : L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub> 파로 송신, 비공개
지상에서의 수신전력	L <sub>1</sub> : C/A code(Coarse Acquisition code) L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub> : P code(Precise code)
탐지위자시계	세슘 원자주파수표준기 2대 루비듐 원자주파수표준기 2대
단독측위정밀도	100m정도 (SA on시)

그림 2는 GPS 위성내의 기본적인 신호생성 과정을 도시하고 있다. 여기서 모든 신호는 탐재된 원자시계가 원자 진동하므로써 생성되어 진다.

C/A code발생기는 10단의 Feed-Back Shift Register(1주기 1,023bit)로 구성된 의사랜덤잡음(Pseudo Random Noise)발생기(PRN code)로서 개개의 위성에 고유의 code가 할당되어져 있다. 이 C/A code에서 반송파는 2상 위상 변조(확산변조방식의 직접확산방식에 해당)가 되어진다. 이 때문에 GPS 시스템에서는 모든 위성이 같은 반송파 주파수를 공유한 송신을 하는 것으로 된다.

P code(Precise Code)는 L<sub>1</sub>과 L<sub>2</sub>에 모두 변조되는 주기가 매우 긴(약 7일) 10.23MHz Code이다.

이 코드는 특정한 사람에게만 국한되어있으므로 Anti-Spoofing (AS) Mode로 동작하기 위해서 Y-Code로 encode되어 보내진다. 엔코드된 Y-Code는 사용자 수신 채널에서 AS모듈을 분류하여 암호가 해독된다.

항법데이터(Navigation Message)는 C/A 코드와 함께 L<sub>1</sub>에 변조된다. 이 데이터는 GPS 신호에 포함된 37,500비트의 메시지로 초당 50bit로 송신된다. 표 2는 항법데이터의 중요사항들을 나열하고 있다. 그리고, GPS의 제어부분은 지상에 설치된 주제어국(colorado Springs)과 4개소의 추적·제어국에 의해 구성된다. 이곳의 지상국에서는 위성의 궤도추적을 통하여 위성의 제어, 항법데이터의 취득 등 운영 관리를 한다. 주제어국 이외의 지상국은 기본적으로 무인으로 운용되고 주제어국과의 사이에는 데이터 중계회선으로 결합되어져 있다.

표 2. 항법데이터

전송내트	50bps
구성	25 frame을 한주기(12.5분). 1 frame은 1,500bps. 1 frame은 5 sub-frame으로구성.
항법데이터의 주요내용	위성위치정보(Almanac data). 탐재시계의 정보(GPS 타임과의 차) 전리층 보정모델.

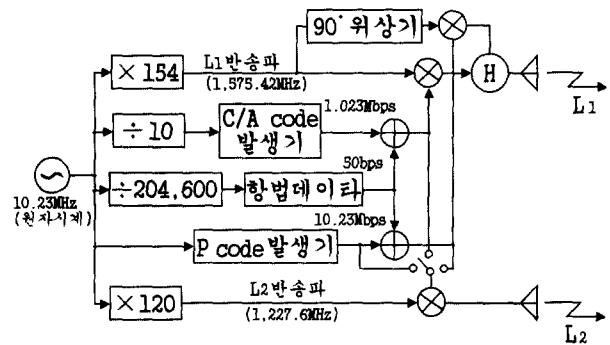


그림 2. GPS내에서의 신호생성도

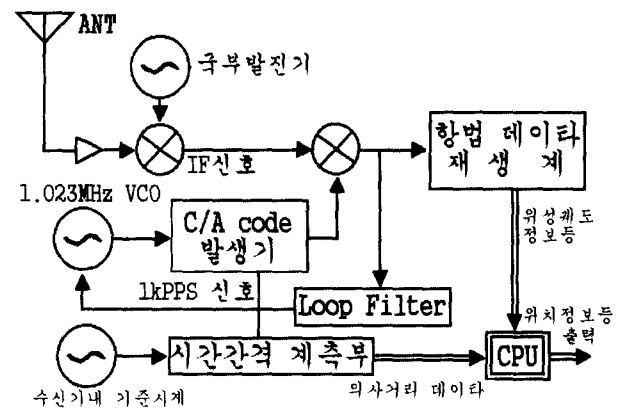


그림 3. GPS 수신장치의 구성도

GPS시스템 전체는 주제어국에 설치된 GPS 타이머는 미해군천문대(USNO)를 유지 운영하는 시계 UTC(USNO)와 동기(수십 ns이내)가 이루어지고 있다.

GPS 이용자 부분은 GPS 수신기측을 말하며 기본적으로 매 위성마다 위상동기를 만들어 의사거리 측정을 하고 항법데이터등을 이용한 위성의 위치를 산출하여 이용자위치 등의 계산을 한다.

최근 디지털 기술의 진보에 발 맞추어 GPS수신기의 구성면에서도 디지털화가 진전되어져 IF신호 이하로 샘플링(Sampling)을 한 디지털 신호처리가 되는 수신기가 많아졌다. 그림 3은 GPS수신장치의 구성도를 나타내고 있다. 또, 수신원리는 수신기 내에서 어떤 목표의 GPS수신기 code와 동일한 code를 C/A code발생기로 생성하여 수신신호와 의 상관관계를 취하여 오차전압을 code발생기 구동용 전압제어발생기의 제어전압으로 귀환한다. 귀환루프는 상관계가 검출되어진 시점으로 상관계의 최대 포인트를 추적할 수 있도록 위상동기를 행한다. 그 결과, 동기시의 C/A code발생기는 목표의 GPS 위성신호로 동기가 맞추어지고 C/A code발생기의 주기를 나타내는 신호와 수신기내 기준시계와의 시간간격을 측정함으로써 의사거리를 측정할 수 있다.

GPS 위성의 거리신호로 중첩된 항법데이터는 C/A code 발생기가 동기된 단계로서 역 확산된 형태로 재생되고 그것을 해독한 항법데이터를 얻을 수가 있다.

### 3. GPS의 응용분야

GPS는 자동차 항법장치(Car Navigation)를 대표로 한 일반적인 측위에서부터 mm등급의 정밀상대측위와 함께 본래의 "측위"로서의 이용, 즉 정확한 시각의 비교나 공급, 지구 물리적 관측 등의 광범위한 응용분야가 고려되어지고 있다.

#### 3.1. 자동차 항법장치등 일반적인 측위분야

일반적인 측위(단독측위)에 의한 GPS이용은 그림 4와 같이 이용자가 4개 이상의 GPS 위성을 수신하는 것에 의해 위치를 결정한다. 단독측위는 정밀도가 낮아 주로 항법에 이용되고 있으며, GPS 수신기 1대를 사용하여 위치를 측정하는 방법으로 C/A 코드와 P 코드 중 어느 것을 사용하는가의 여부에 따라 다음 2가지로 구분된다. 민간 이용자들은 SPS(Standard Positioning System)를 무료로 제한없이 수신 받을 수 있으며, SPS 정밀도는 미 국방성의 정책에 의해 고의적으로 제한된다. 그리고, 요즈음 얻을 수 있는 정밀도는 SA 때문에 100m정도의 정밀도 밖에 얻을 수 없고 또, 육상에서는 빌딩형상 등의 영향으로 상시 4개 이상의 GPS위성을 관측할 수 있는 것만은 아니다. 이 때문에 자동차 항법장치(Car Navigation)용 장치 등에서는 GPS에 의한 측위와 그 밖의 항법 시스템과의 병용 또는 Map-Matching등에 의해 측위 정밀도를 향상시키고 있는 것들이 점점 많아지고 있다. SPS의 예상되는 정밀도는 수평 100m, 수직 156m, 시간 167ns 정도이다.

#### 3.2. 정밀 측위분야

정밀측위분야는 DGPS방식과 간섭계방식이 있다. DGPS 방식은 GPS의 일반측위정밀도(SA on시 100m정도, SA off시 10~30m정도)를 매 위성마다 측정한다. 또, 그 오차정보를 별도의 회선으로 DGPS 이용자에게 통보한다. 이용자측에서는 GPS위성을 수신함과 동시에 기지국으로부터의 오차 정보를 이용하여 보정을 함으로서 측위정밀도의 향상을 꾀한다. 보정의 정밀도는 기지국과 이용자간의 거리, 오차정보의 신뢰에 의존하기 때문에 한마디로 말할 수는 없지만 근거리에서 1m이내, 100km정도에서는 10m정도의 정밀도를 얻을 수 가 있다. DGPS방식의 일본 국내에서의 서비스는 공공기관으로는 해상보안청이 해안에서 선박등의 항해용으로 시스템을 구축하여 왔고 또, 민간에 있어서도 공중회선을 이용한 서비스가 이미 일부에서 개시되었다.

간섭계방식은 mm~cm레벨에서 좀더 높은 고정밀도 상대측위를 목적으로 하여 고안된 GPS의 이용법으로서 그림 6과 같이 여러 지점에서 동시에 4개 이상의 GPS위성을 수신하여 VLBI적 방법으로 관측지점간의 상대위치를 측정하는 것이다. off-line 처리를 기본으로 하여 각 위성간 의사거리 측정의 고정밀도화를 위하여 GPS로부터 code정보(변조신호)만이 아니고 반송파 위상(L<sub>1</sub>, 파로서 파장 20cm정도, L<sub>2</sub> 파로서 파장 25cm정도)을 이용하고 있다. 이 방식은 정밀측량이나 지각변동의 정밀측정 등에서 절대적인 위력을

발휘하여 오고 있으며, 건축, 토목등의 측량분야에서는 종래의 광파거리측량기에 의한 측량을 대신하여 사용되어 오고 있다.

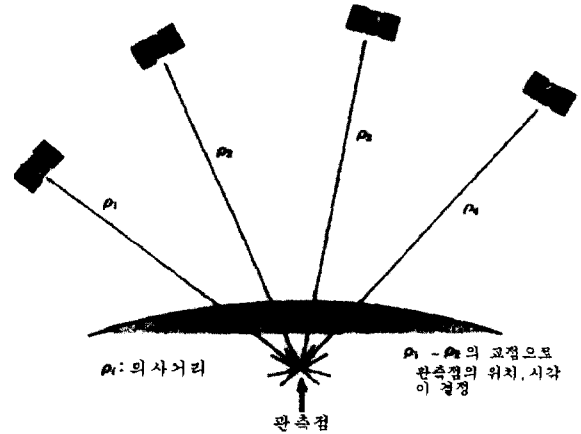


그림 4. GPS에 의한 단독측위의 원리

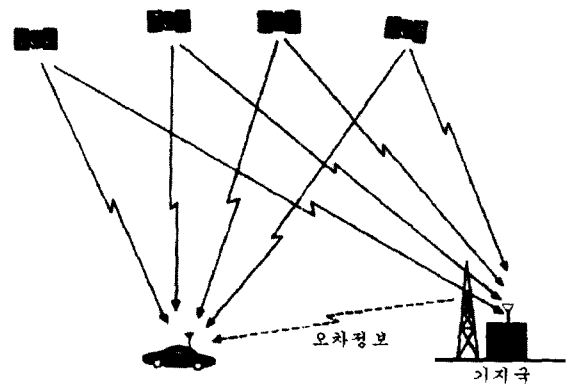


그림 5. DGPS의 개념도

GPS측량의 장점은 정밀도가 높은 것뿐만 아니라 기후에 좌우되지 않으며, 측량지점간 장애물에 지장 없이 측량이 가능하고, 측량에 있어서도 숙련도가 문제가 되지 않는다는 장점이 있다.

또, 지각변동관측을 위한 정밀측지에서는 건설성 국토지리원이 일본전국에 600점 이상(30km 간격)의 관측점을 설치(장래 1,000점 이상)하여 운용되어지고 있다. 본 시스템은 지진조사 연구를 위한 정밀 지각변동 관측이나 측량의 기준점으로 이용하는 것을 목적으로 한 것이기 때문에 그 효용이 기대되어진다. 국제적으로는 이러한 정밀 상대측위 관측망이 통합되어져 지각변동뿐만 아니라 지구회전 파라미터의 결정 등 지구물리면에서의 활용이 기대되고 있다.

#### 3.3. 기타 응용분야

시간/시각은 각국 표준기관에서 유지 운용되고 있는 원자시계의 데이터가 프랑스에 설치되어 있고 국제도량형국(BIPM)에 집약되어 있어, 전세계 원자시계의 약 200대 평균으로 국제원자시(TAI), 협정세계시(UTC)가 계산된다. 그때의 각 표

준기관간의 정밀시각비교가 중요하기 때문에 현재 GPS위성을 중계로 한 시각비교가 국제적으로 이루어지고 있다.

GPS 위성중계 국제시각 비교는 동시수신방식(원격으로 여러 지점에서 동시에 동일한 GPS위성을 관측)으로 이루어지고 SA의 영향이나 위성위치 정보등의 오차요인을 저감하는 관측형태가 채택되어져 대륙간의 시각비교에 있어서도 수 ns~10ns정도의 정밀도로 시각비교가 이루어지고 있다.

그림 7은 이를 위한 GPS 위성이용 국제시각비교 네트워크로서 일본통신통합연구소(CRL)는 본 네트워크의 3대국 중의 하나로서 국제적으로 공헌도가 높다. 또, GPS기상학 부분에서도 GPS나 VLBI등의 정밀 우주측지기술에 있어서 정밀도 열화의 최대 오차요인의 하나인 대기지연의 동요가 대두되고 있다. 특히 신호전송로에 연해서 대기중 수증기압의 고정밀도 보정은 대단히 중요함과 동시에 어려운 과제이다. 최근에는 역으로 GPS로부터 신호의 변동을 이용한 대기지연을 추정하는 것이 미국을 중심으로 하여 연구가 가속화되고 있다. GPS 상대측위 수신기의 상대데이터를 이용한 해석결과와 라디오메타 등에 의한 추정결과가 매우 좋은 일치를 나타낸다는 보고가 있다.

일본의 경우 앞서 서술한 바와 같이 국토지리원의 고면밀도로 설치된 상대측위 수신기의 데이터등을 이용한 연구가 계속되고 있고, 위성시선방향만이 아니고 수증기의 수직방향분포를 추정한 시도도 시작되고 있다. 나아가서 이러한 연구의 발전에 의해 새로운 학문분야가 도래할 가능성이 크다. 또, 현재의 GPS의 최대관심사는 미국뉴욕 세계무역센터 테러의 배후인물로 지목되고 있는 오사마 빈 라덴의 거처만 확인되면 지상군을 투입하지 않고도 미사일로 보복 공격이 가능하다.

미군의 미사일은 수천km 떨어진 곳에서 발사해도 목표물을 1m도 벗어나지 않고 명중시킬 수 있는 것으로 알려지고 있다. 미 미사일의 정확도는 이미 걸프전 당시 사담 후세인 이라크 대통령의 은신처로 알려진 건물을 공격할 때 입증된바 있다. 미사일에 목표물의 경도·위도 등 좌표가 입력된 전자지도를 내장한 뒤 GPS를 활용해 목표물을 탐지할 수 있기 때문에 목표물의 파괴가 가능한 것이다. 이처럼 군사용으로 위력을 떨쳐온 GPS응용기기들이 최근 민수용으로 급속히 확산되고 있는 추세에 있다.

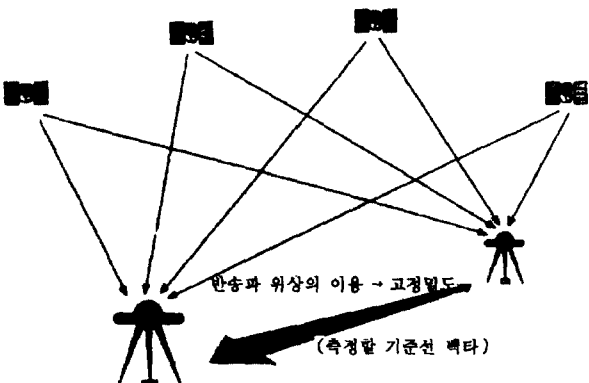


그림 6. 간접계방식 정밀상대측위의 원리

표 3. GPS의 응용분야

산업분야	· 도로 및 시설, 지하 매설물 지도 제작 · 긴급구조 서비스 · 긴급차량 진단, 지원, 조난, 구조 서비스 · 분실 차량추적
전력분야	· 측지·측량, 시각동기, 농업
군사분야	· 전력계통제어분야 · 군사훈련, 무기유도, 포대 위치확인
레저·스포츠분야	· 차량여행, 하이킹, 등산, 사냥 · 바다낚시·어군추적, 항해
운송분야	· 항공항법, 공항감시, 전철후착륙 시스템 · 대중교통시스템 · 전자 요금 징수 시스템 · 차량 위치 추적 시스템 · 충돌 회피·자동 주행 시스템 · 자동항법 시스템 · Fleet Tracking
우주분야	· 위성체 자세제어 결정, 위성체 궤도 결정
기타분야	· 과학·탐사·유전

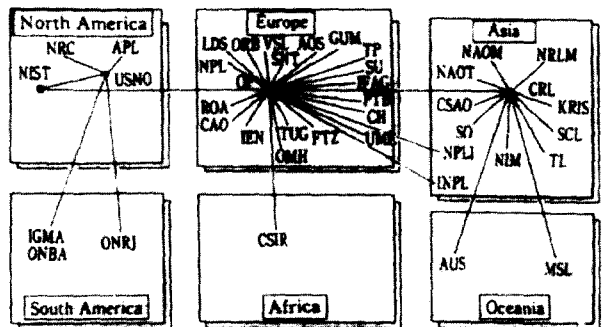


그림 7. 국제원자시 구축을 위한 시각비교 네트워크

4. 결 론

GPS 시스템은 군사용 시스템으로서 미 국방성(DOD)을 중심으로 개발되어 현재, 미 운수성(DOT)과 미 국방성(DOD)에서 공동으로 운용관리가 이루어지고 있으며, 민수용과 사이의 CGSIC(민간 GPS서비스 연락위원회)가 설치되어 민간이용자와 미국정부 사이의 가교 역할을 수행하고 있다.

이러한 GPS시스템은 군사용으로 개발되었지만 현재 이용자의 거의 다수가 민간용으로 전환되고 있는 추세에 있다. 아울러, GPS는 단순한 측위만이 아니라 광범위한 응용분야를 가진 도구이다. 따라서, 우리나라에서도 이러한 GPS시스템을 어떻게 효율적으로 이용할 수 있나를 고려해볼 필요가 있으리라 사료된다.

참 고 문 헌

[1] Airborne Supplemental Navigational Equipment Using the Global Positioning System (GPS), Technical Standard Order(TSO), C129, Dec. 1992.  
 [2] V. Sankaran, A. Zorn, "Issues Associated with GPS Availability for Certain Marine Applications,"

주기관간의 정밀시각비교가 중요하기 때문에 현재 GPS위성을 중계로 한 시각비교가 국제적으로 이루어지고 있다.

GPS 위성중계 국제시각 비교는 동시수신방식(원격으로 여러 지점에서 동시에 동일한 GPS위성을 관측)으로 이루어지고 SA의 영향이나 위성위치 정보등의 오차요인을 저감하는 관측형태가 채택되어져 대륙간의 시각비교에 있어서는 수 ns~10ns정도의 정밀도로 시각비교가 이루어지고 있다.

그림 7은 이를 위한 GPS 위성이용 국제시각비교 네트워크로서 일본통신통합연구소(CRL)는 본 네트워크의 3대국 중의 하나로서 국제적으로 공헌도가 높다. 또, GPS기상학 부분에서도 GPS나 VLBI등의 정밀 우주측지기술에 있어서 정밀도 열화의 최대 오차요인의 하나인 대기지연의 동요가 대두되고 있다. 특히 신호전송로에 연해서 대기중 수증기압의 고정밀도 보정은 대단히 중요함과 동시에 어려운 과제이다. 최근에는 역으로 GPS로부터 신호의 변동을 이용한 대기지연을 추정하는 것이 미국을 중심으로 하여 연구가 가속화되고 있다. GPS 상대측위 수신기의 상대데이터를 이용한 해석결과와 라디오메타 등에 의한 추정결과가 매우 좋은 일치를 나타낸다는 보고가 있다.

일본의 경우 앞서 서술한 바와 같이 국토지리원의 고면밀도로 설비된 상대측위 수신기의 데이터등을 이용한 연구가 계속되고 있고, 위성시선방향만이 아니고 수증기의 수직방향분포를 추정한 시도도 시작되고 있다. 나아가서 이러한 연구의 발전에 의해 새로운 학문분야가 도래할 가능성이 크다. 또, 현재의 GPS의 최대관심사는 미국뉴욕 세계무역센터 테러의 배후인물로 지목되고 있는 오사마 빈 라덴의 거처만 확인되면 지상군을 투입하지 않고도 미사일로 보복 공격이 가능하다.

미군의 미사일은 수천km 떨어진 곳에서 발사해도 목표물을 1m도 벗어나지 않고 명중시킬 수 있는 것으로 알려지고 있다. 미 미사일의 정확도는 이미 걸프전 당시 사담 후세인 이라크 대통령의 은신처로 알려진 건물을 공격할 때 입증된바 있다. 미사일에 목표물의 경도·위도 등 좌표가 입력된 전자지도를 내장한 뒤 GPS를 활용해 목표물을 탐지할 수 있기 때문에 목표물의 파괴가 가능한 것이다. 이처럼 군사용으로 위력을 떨쳐온 GPS응용기기들이 최근 민수용으로 급속히 확산되고 있는 추세에 있다.

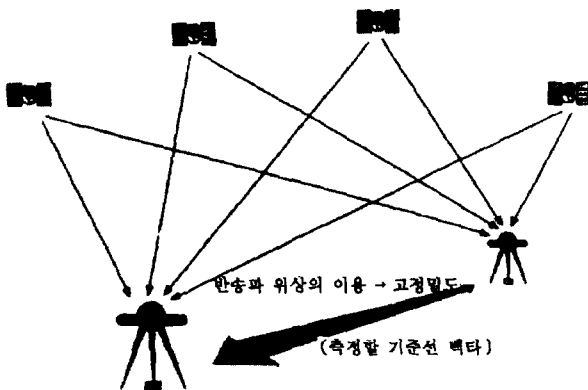


그림 6. 간접계방식 정밀상대측위의 원리

표 3. GPS의 응용분야

산업분야	· 도로 및 시설, 지하 매설물 지도 제작 · 긴급구조 서비스 · 긴급차량 진단, 지원, 조난, 구조 서비스 · 분실 차량추적 · 측지·측량, 시각동기, 농업
전력분야	· 전력계통제어분야
군사분야	· 군사훈련, 무기유도, 포대 위치확인 · 차량여행, 하이킹, 등산, 사냥
레이저·스포츠분야	· 바다낚시·어군추적, 항해 · 항공항법, 공행감시, 전천후 칩록 시스템 · 대중교통시스템
운송분야	· 전자 요금 징수 시스템 · 차량 위치 추적 시스템 · 충돌 회피·자동 주행 시스템 · 자동항법 시스템 · Fleet Tracking
우주분야	· 위성체 자세제어 결정, 위성체 궤도 결정
기타분야	· 과학·탐사·유전

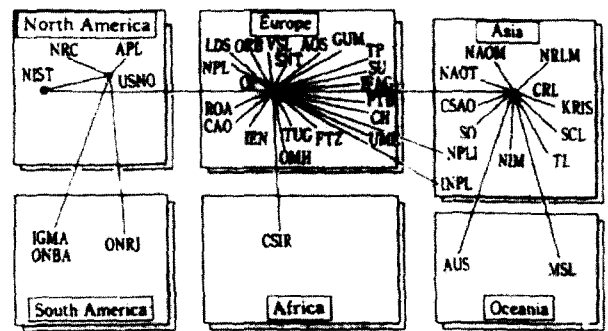


그림 7. 국제원자시 구축을 위한 시각비교 네트워크

#### 4. 결 론

GPS 시스템은 군사용 시스템으로서 미 국방성(DOD)을 중심으로 개발되어 현재, 미 운수성(DOT)과 미 국방성(DOD)에서 공동으로 운용관리가 이루어지고 있으며, 민수용과 사이의 CGSIC(민간 GPS서비스 연력위원회)가 설치되어 민간이용자와 미국정부 사이의 가교 역할을 수행하고 있다.

이러한 GPS시스템은 군사용으로 개발되었지만 현재 이용자의 거의 다수가 민간용으로 전환되고 있는 추세에 있다. 아울러, GPS는 단순한 측위만이 아니라 광범위한 응용분야를 가진 도구이다. 따라서, 우리나라에서도 이러한 GPS시스템을 어떻게 효율적으로 이용할 수 있나를 고려해볼 필요가 있으리라 사료된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Airborne Supplemental Navigational Equipment Using the Global Positioning System (GPS), Technical Standard Order(TSO), C129, Dec. 1992.
- [2] V. Sankaran, A. Zorn, "Issues Associated with GPS Availability for Certain Marine Applications,"