

# GPS/DGPS 의 응용과 기술에 관한 고찰

## On the Application and Technology of GPS/DGPS

高 光 燮 \*

Ko, Kwangsoob \*

### 목 차

- I. 서 언
- II. GPS 시스템의 개발 경위, 시스템 구성 및 응용
  - 1. 개발경위
  - 2. 시스템 구성
  - 3. GPS 의 응용
- III. GPS 의 위치 측정 기술
  - 1. PN 코드에 의한 의사거리 측정 및 위치 결정
  - 2. 반송파 위상 측정에 의한 상대 위치 측정
- IV. 실시간 절대위치 정밀도 향상 기술
  - 1. DGPS 시스템 구성
  - 2. 실시간 DGPS 오차 보정 방식
  - 3. WADGPS 에 의한 사용영역 확대
- V. GPS 및 DGPS 의 관련기술의 국내외 현황
- VI. 결 언
- 참 고 문 헌

---

\* 정회원, 해군사관학교 교수부 항해학과 부교수(전자공학전공)

## I. 서 언

GPS는 3차원 고정밀의 위치 정보를 지구상 어느 곳에서나 연속적으로 제공함으로써 종래 선박의 항해에 주로 사용되던 천과 항법 시스템의 개념을 뒤바꾸어 놓은 21세기 유력 하이테크 시스템으로 지목받고 있는 인공위성 항법체계이다.

이는 첨단 무기 체계 시스템 운용과 더불어 육.해.공 군사분야는 물론 선박, 항공기 및 육상 이동체, 측량, 지도 제작, 이동 통신 및 레크레이션등 다양한 민간 산업 분야에까지 급진적으로 확대 되어 가고 있다.

물론, 미국방성(DOD)이 20여년 동안의 오랜 세월 동안 막대한 예산을 투자하여 완성한 GPS 시스템의 첫 목적이 군사 분야에의 활용이 틀림없는 사실이지만, 최근 미국을 포함한 대부분의 선진 국가에서 민간 산업계의 지대한 관심속에 기업체, 대학 및 연구기관에서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 고에서는 GPS 의 응용과 기술 분야에서 핵심이 되는 PN 코드 및 반송파 측정 방식에 의한 위치측정과 DGPS 방식에 대한 고찰과 국내의 연구현황을 살펴 보고자 한다.

## II. GPS 시스템의 개발 경위, 시스템 구성 및 응용

### 1. 개발 경위

NNSS 시스템은 인공 위성을 이용한 항법 체계임에도 불구하고 미사일을 포함한 첨단 무기 체계와 더불어 연동하여 사용할 경우 반드시 필요한 연속적이며 정확한 위치 정보를 제공할 수 없다는 약점과 항공기등의 고속 이동체에서 사용하기에 부적당 하다는 것이 입증된 이래, 미해군과 공군에서는 각각 1960년 중반부터 계획하고 있던 TIMATION, 621B 프로젝트를 합병하여 미국방성이 주동이 되어 새로운 위성 항법 체계인 NAVSTAR/GPS로 명명하여 군사적 목적으로 1973년부터 연구 개발에 착수하였다.

GPS 시스템은 크게 3단계로 구분되어 개발되었다.

제 1단계에서는 1974년부터 시작하여 소수의 위성과 임시 지상 시설을 만들어 각종 수신기를 제작하여 시험한 결과 소기의 결과를 얻은 후 1979년에 제 2단계 개발을 착수하였다.

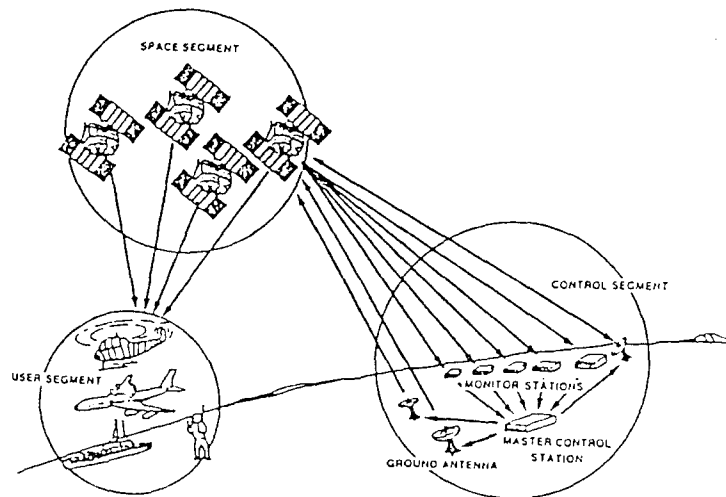
제 2단계에서는 제 1단계의 시험이 계속 되면서 프룻트 Type 위성(Block I) 나머지 모두가 발사되고 운용형 Block II 위성의 제작이 개시되어 운용, 지상 시설이 될 제어부분 개발과 아울러 양산체제를 위한 수신기 제작과 실험을 마치고 1987년 말기에는 소수의 위성에 의한 2차원 위치, 1989년에는 3차원 위치 결정을 가능토록 계획 되었으나, 1986년 1월 스페이스 셔틀 챌린저호의 참사로

인하여 스페이스 셔틀에 의해 Block II 실용 위성을 우주궤도에 진입토록 되어 있는 계획이 지연되어 1989년 2월 이후 위성이 발사되어 현재는 지구상 어느 곳에서나 3차원 위치 정보를 얻을 수 있다. 비록 GPS의 제일의 목표는 미군과 NATO 연맹국에 전천후 항법 방식으로서 정밀성을 제공 하는 것이지만, 현재는 군사용 코드를 제외한 민간 코드 사용은 누구에게나 그사용 범위를 확대 하고 있다.

## 2. GPS 시스템 구성

GPS 시스템은 GPS 위성으로 구성된 우주부분, 지상 제어국으로 구성된 제어부분 및 사용자의 수신기로 구성된다. 위성 궤도는 24개의 위성을 3개의 궤도에 배치하는 방법(한개의 궤도에 8개씩 배치) 및 6개의 궤도상에 18개 위성 + 예비위성 3개 등을 고려 하였으나 예산과 기하학적인 효율면을 고려 하여, 현재는 1993년 이후 21개의 위성을 6개의 궤도면에 배치하는 계획으로 수정 되었다. 여기에 3개의 예비 위성을 추가 하여 모두 24개(21+3 체계)의 위성으로 운용되며 3개의 위성의 작동이 정지하기 전까지는 교체 위성을 발사할 필요가 없도록 보완 하였다.

6개의 궤도는 적도면에  $55^\circ$  기울어져 있고, 인근 궤도와  $60^\circ$  등간격(적경  $60^\circ$ )을 유지 하고 있다. 또한, 각 궤도면에서의 위성의 분리각은  $120^\circ$  이며, 고도는 약 2만Km(20,183Km)로 원형을 유지하고, 12시간의 주기를 갖고있다. 그림( 1 ) 및 그림( 2 )에 GPS의 시스템 구성 및 GPS의 위성 궤도와 배치를 각각 보였다.



그림( 1 ): GPS 의 시스템 구성

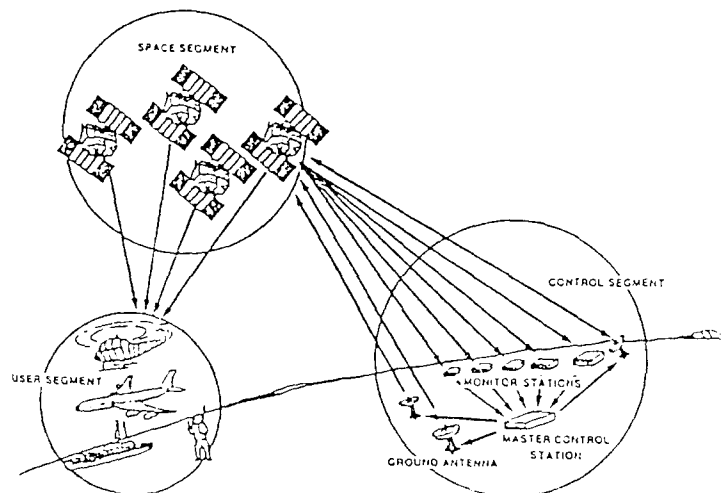
인하여 스페이스 셔틀에 의해 Block II 실용 위성을 우주궤도에 진입토록 되어 있는 계획이 지연되어 1989년 2월 이후 위성이 발사되어 현재는 지구상 어느 곳에서나 3차원 위치 정보를 얻을 수 있다. 비록 GPS의 제일의 목표는 미군과 NATO 연맹국에 전천후 항법 방식으로서 정밀성을 제공 하는 것이지만, 현재는 군사용 코드를 제외한 민간 코드 사용은 누구에게나 그사용 범위를 확대 하고 있다.

## 2. GPS 시스템 구성

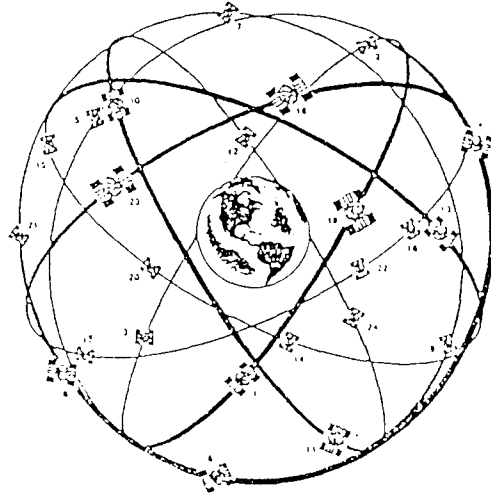
GPS 시스템은 GPS 위성으로 구성된 우주부분, 지상 제어국으로 구성된 제어부분 및 사용자의 수신기로 구성된다. 위성 궤도는 24개의 위성을 3개의 궤도에 배치하는 방법(한개의 궤도에 8개씩 배치) 및 6개의 궤도상에 18개 위성 + 예비위성 3개 등을 고려 하였으나 예산과 기하학적인 효율면을 고려 하여, 현재는 1993년 이후 21개의 위성을 6개의 궤도면에 배치하는 계획으로 수정 되었다. 여기에 3개의 예비 위성을 추가 하여 모두 24개(21+3 체계)의 위성으로 운용되며 3개의 위성의 작동이 정지하기 전까지는 교체 위성을 발사할 필요가 없도록 보완 하였다.

6개의 궤도는 적도면에  $55^\circ$  기울어져 있고, 인근 궤도와  $60^\circ$  등간격(적경  $60^\circ$ )을 유지 하고 있다. 또한, 각 궤도면에서의 위성의 분리각은  $120^\circ$  이며, 고도는 약 2만Km(20,183Km)로 원형을 유지하고, 12시간의 주기를 갖고있다.

그림(1) 및 그림(2)에 GPS의 시스템 구성 및 GPS의 위성 궤도와 배치를 각각 보였다.



그림(1): GPS의 시스템 구성



그림( 2 ): GPS 의 위성궤도 배치

GPS 위성은 기본적으로 시스템 작동을 위해 사용될 전파 송수신기, 원자시계, 컴퓨터 및 다양한 보조 장비로 구성 된다. 각각의 인공 위성의 전자 장비는 사용자에게 위성까지의 의사거리를 측정할 수 있도록 하며, 임의의 시간에 대한 위성의 공간 위치를 결정하는 궤도정보를 전송한다.

보조 장비로는 전원 공급을 위한  $7m^2$ 면적을 갖는 2개의 Solar Panel과 궤도 조종과 자세 조종을 할 수 있는 추진 시스템등으로 구성 되며, 기능으로는 제어부분 즉, 시스템의 조작자에 의해 전달된 정보 수신 및 저장, 마이크로 프로세서에 의한 데이터 처리, 세슘 및 루비듐 발진기에 의한 정확한 시간 유지 및 사용자에게 정보 송신이다. GPS 시스템의 5개의 지상 제어국은 거의 균등한 간격으로 배치되어 있으며, 주요 기능은 다음과 같다.

핵심적인 역할은 위성을 조종하고 위성궤도를 예측하는데 사용되는 GPS 신호를 추적하는 일이다. 이 추적은 세슘 오실레이터를 가진 2 주파수를 처리할 수 있는 수신기에 의하여 수행된다. 기상 데이터 역시 대기층 지연의 정확한 평가를 하기 위하여 수집되며, 이 감시국들의 위치는 매우 정확하게 알려져야 한다.

ASCENSION, DIEGO GARCIA, KWAJALEIN은 위성으로 새로운 궤도 정보, 시계 오차 데이터를 전송할 수 있으며, 또한 감시국들로부터 추적된 데이터는 Colorado Springs에 있는 주 조종국으로 전송된다. 여기서의 데이터 처리는 위성 궤도 및 위성시계 오차등을 포함한다. 어떤 위성이 지정된 위치에서 너무 멀리 있을 때 주 조종국은 궤도 보정을 조종하는 역할을 담당한다.

### 3. GPS의 응용

3차원 위치정보를 제공해 주는 GPS의 응용 분야는 PN코드의 종류에 따라 정밀도가 다르다. 즉 C/A코드 수신기는 민간에게 완전 공개된 PN코드로서 보통 30-100m 정밀도를, 미군, NATO군 및 미국방성이 허가한 자에게만 사용이 가능한 P코드 수신기는 10m 미만의 정밀도를 갖고있다.

개발 초기에 예상했던 것과는 달리 군사적 목적 뿐만아니라 민간차원으로 급속도로 확산되어 현재는 수신기의 소형화, 가격의 하락 및 여러가지 서로 다른 정보 시스템으로부터 정보를 단일화 할 수 있는 이점 등으로 인하여 불과 몇 년 전만 해도 거의 상상할 수 없었던 분야에서 대중화 되어 가고 있는 실정이다.

GPS가 민간에게 공개된 이래 기존의 NNSS 미해군 위성항법 시스템을 사용하고 있던 수많은 사용자(주로 선박관련자)들은 2개의 위성 항법 체계가 공존하고 있는 현실임에도 불구하고 차세대 GPS 수신기를 구입할 수 밖에 없는 실정에 처하게 되었다. 이는 과거의 위성 항법 시스템이 주로 선박항해에 활용된 것과는 달리 GPS의 연속성과 정밀성, 3차원 정보 제공 및 진시간 사용가능의 장점으로 인한 것이다.

따라서, 사용범위가 주요 민간 산업인 항공, 정보 통신, 교통, 자동차 산업을 포함하여 측량, 측지 및 레크레이션까지 넓혀짐에 따라 많은 수신기 제작회사에 의해 다양한 수신기가 시판되고 있으며, 채널의 수, 크기, 정밀도 및 작동기능에 따라 가격 차이도 현저하다. 비록 GPS가 민간 산업 분야에 대중화 되어 가고 있는 것이 사실이지만, 주요 핵심 기술은 비공개로 되어 있을 뿐 아니라, 미국 안보(이익)에 영향을 줄 수 있는 고정밀의 위치정보를 사용할 수 있는 P코드 해독용 수신기는 우방국에도 사용을 제한하고 있는 실정이다. 따라서 미국 및 NATO군을 제외한 타국의 군사 분야에의 응용은 민간에게 공개된 수신기를 사용하고 있다.

표( 1 )에 대표적인 GPS응용을 민간 및 군사 분야로 구분하여 수록 하였다.

표 1. GPS 응용분야

	응 용 분 야
민 간 분 야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양 및 공중에서의 안전 수송 및 항해</li> <li>○ 항만, 항공 관제</li> <li>○ 측량 및 지도 제작</li> <li>○ 육상 운송(자동차, 기차) 및 이동 통신</li> <li>○ 해양 관측, 구조 및 탐색</li> <li>○ 공중 측량</li> <li>○ 우주 공간에서의 위성 및 우주선 위치 측정</li> <li>○ 지형 정보 시스템 구축(GIS)</li> <li>○ 레크레이션 분야</li> <li>○ 해상에서의 빙산(위험물) 이동 측정</li> <li>○ 석유 탐사</li> <li>○ 기타(산불 진압, 교통 통제, 지형 변동 측정 등)</li> </ul>
군 사 분 야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 적의 주요 표적 위치에 대한 절대 위치 제공</li> <li>○ C<sup>3</sup>I/C<sup>2</sup>I 체계</li> <li>○ 미사일 및 주요 무기 체계와 연동에 의한 정밀 사격, 폭격에 의한 명중율 향상</li> <li>○ 함정의 안전 운항과 종합 항법 체계</li> <li>○ 기뢰 부설/소해</li> <li>○ 지상 부대의 야간 공격력 향상</li> <li>○ 통신 위성과 연계한 우군 세력의 지휘 통제 능력 향상</li> <li>○ 헬리콥터 전투기의 운항</li> <li>○ 계기 이착륙</li> <li>○ 우군 세력(함정, 항공기, 지상군 병력, 포병/기갑)의 이동 체계</li> <li>○ 긴급 구조/경보 시스템</li> <li>○ 기타 특수전</li> </ul>

### III. GPS 의 위치 측정 기술

GPS 시스템을 이용한 응용 방법으로는 선박, 항공기, 자동차등의 이동체의 진 위치를 결정할 수 있는 방법과 고정밀 거리측정을 위한 측량 방식으로 구분된다. 일반적으로 이동체의 절대위치를 구하기 위해서는 위성으로부터 송신되는 PN 코드를 수신하여 위성과 수신기간의 의사거리를 측정함으로써 수신기 좌표를 측정하는 방법이다. 측량분야에서는 기준점과 측량지점에 GPS 수신기를 설치하고 위성으로 부터 기준점과 측량점의 수신기까지의 거리차를 이용하여 상대위치(기선벡터)를 구하는 것이 기본적인이다.

위성과 수신기 까지의 거리차는 PN코드와 반송파와 위상을 측정함으로써 산출할 수 있으나 이동체의 절대위치를 구하기 위해서는 PN 코드를 측량에서는 반송파 위상측정을 사용하는 방법이 보통이다.

#### 1. PN 코드에 의한 의사거리 측정 및 위치결정

GPS 수신기는 위성으로 부터 송신되는 PN코드를 포착하여 수신기에 내장된 시계와의 차로 부터 위성과 수신기간의 의사거리를 측정하여 수신기에 내장된 마이크로컴퓨터에 의해 위치결정을 한다.

즉, 위성과 수신기에 완전히 동기된 고안정의 시계, 예를 들면 원자시계를 갖추고, 규정시간에 위성에서 전파를 송신하고, 이용자가 그 전파의 도래시간을 측정하면, 송수신점간의 전파의 전달시간을 알 수 있으므로 양자간의 거리를 구할 수 있다. 이러한 측정을 3 위성사이에 행하면, 각 위성을 중심으로 하여 측정한 거리를 반경으로하는 3개의 구면이 구해지고, 3 구면은 1점에서 교차되므로 그 점이 수신점이 된다. 그러나, 각 이용자가 원자시계와 같은 고가의 장치를 지니는 것은 경제적이지 않고, 또 그것을 위성의 시계와 맞추는 데에도 문제가 있다. 그래서 이용자는 수정시계와 같은 고정도의 시계를 갖고, 위성의 시계와 이용자의 시계와의 시간차를 또 하나의 미지수로 하고, 측위에 사용하는 위성수를 하나 늘려 계측하면, 이용자의 위치를 구할 수 있다.

그림( 3 )은 2차원적으로 그 원리를 표시한 것이다. 이용자의 시계가 위성보다 빠르면, 각 위성과 이용자의 거리는 길게 측정되므로 각 위성을 중심으로 한 3개의 원(구)은 한점에서 교차되지 않는다. 그래서 각 원의 반경을 동일한 길이만큼 조금씩 변화시켜, 3개의 원(구)이 1점에서 교차되게 하면 그 교차점이 수신점이며, 3차원 측위를 위하여 동일한 사항을 4위성에서 실시하면 된다.

또, 각 위성에서의 전파의 도플러주파수를 측정하면, 위성과 이용자간의 위치의 변화를 측정할 수 있다. 위성은 궤도 데이터로부터 움직임을 알 수 있으므로 그것을 제하면, 이용자의 그 위성에대한 속도가 구해진다. 따라서 3위성에 대하여 동일한 측정을 하면, 이용자의 속도의 측정을 할 수 있으나, 이 경우도

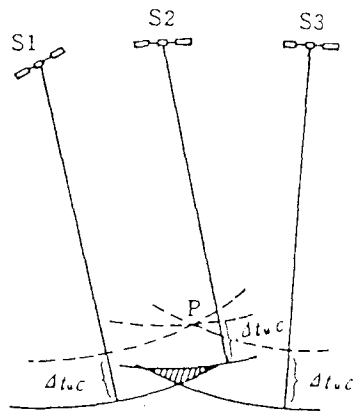


주파수의 절대치를 구하기 위해 위성을 늘려 4위성에 대한 측정이 필요하다. 이와같이 GPS는 이용자의 위치와 속도를 측정할 수 있다. GPS의 수신기 좌표 측정 및 의사거리 측정 원리를 그림(4)를 이용해서 설명한다. 지구중심을 원점으로하는 직교좌표로, 수신기위치(X,Y,Z)와 위성위치( $U_i, V_i, W_i$ )의 관계는 아래식으로 기술된다.

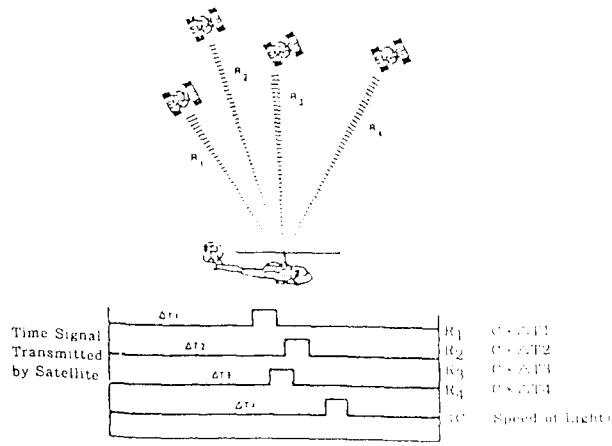
$$R_i = \sqrt{(X - U_i)^2 + (Y - V_i)^2 + (Z - W_i)^2} + C_R$$

여기서  $R_i$ 는 위성과 측정지점의 거리이고, 위성에서 보내지는 전파의 전반시간부터 계산하는 것으로 의사거리(Pseudo Range)라 불린다. 또,  $C_R$ 은 위성의 시스템 시각과 수신기가 갖는 시계에 의한 시각의 차이에 의한(이온층에서의 전파 지연에 기인하는 오차들을 포함 할수도 있음) 의사거리의 오차분으로, 이 경우에는 위성에 따르지 않는 일정한 것이므로  $R_i$ 에서 분리하여 생각할 수 있다. 따라서 의사거리  $R_i$ 와 위성위치 ( $U_i, V_i, W_i$ )는 계측에 의해 구하여 이미 알고 있는 파라미터가 되며, 수신기 위치 및 시계오차  $C_R$ 이 알고자 하는 파라미터가 되므로, GPS의 측정원리는 4원연립 비선형방정식을 푸는 것으로 귀착된다.

위성위치는 위성에서의 송신데이터에 포함되는 시스템 시각을 수신하여 케플러방정식을 푸는 것에 의해 얻을 수 있다. 또, 의사거리는 그림(4)에 나타난 것처럼, 위성에서 송신되는 에포크신호(즉, 골드부호 계열세트의 동기신호)의 도착시각차( $\Delta t_{rc}$ )를 계측하는 것에서 구한다.



그림(3): GPS 위치 측정 개념도



그림( 4 ) : GPS 의 의사거리 측정도

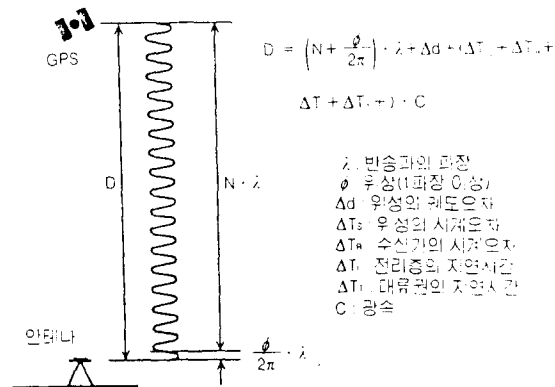
## 2. 반송파 위상 측정에 의한 상대위치 측정

GPS 측량에서의 관측치는 PN코드에 의한 의사거리 측정보다는 정밀측정을 위해 반송파의 위상을 측정함으로써 위성과 두 관측점의 거리차를 구한다.

측정위상은 수신기안에 있는 발진기에서 발생된 반송파 위상에 대한 반송파의 위상이다.

반송파는 L1 과 L2 두 주파수로서 파장이 각각 19 Cm, 24.4 Cm 이므로 PN 코드의 1클럭 기간보다(C/A 코드: 약300m, P코드: 약30m )훨씬 짧아 PN코드에 의한 방법보다 거리분해능이 양호하다.

그림( 5 )에 반송파 위상측정에 의한 거리측정원리를 보였다.



그림( 5 ) : 반송파 위상 측정에 의한 거리 측정도

이는 전파 간섭계 방법을 발전시킨 VLBI(Very Long Baseline Interferometry)와 유사하다. 즉, 지구로부터 원거리에 있는 위성은 기선길이에 비하여 충분히 길기 때문에 기선의 양지점에 있는 수신기 안테나에 도달하는 전파방향을 평행으로 간주하지만 별에 비해 위성이 가깝게 있기 때문에 기선의 길이가 너무 길면 전파방향 차이로 인한 오차문제 때문에 100Km 정도의 기선길이가 효과적으로 사용되고 있는 실정이다. [ 3 ]

사이클 단위로 측정된 반송파 위상에 반송파의 파장을 곱하여 거리의 단위로 변환한 관측 방정식은 아래와 같다.

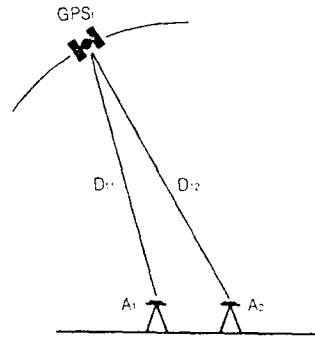
$$D = \left(N + \frac{\phi}{360}\right)\lambda + \Delta d + (\Delta T_S + \Delta T_R + \Delta T_I + \Delta T_T) \cdot C$$

실제로 위성과 수신기간의 반송파 파장수를 측정하는 일은 비현실적이며, 반송파 위상의 측정치는 위성과 수신기 사이의 N개의 파장과 1파장보다 작은 fractional cycle 에 상당하는 거리이나 위성과 수신기간의 거리 D 에는 오차원을 포함하고 있다.

수신기에서 적산한 결과에는 정확하게 사이클의 갯수가 정수로 몇개 (Ambiguity) 인지 포함되어 있지 않기 때문에 위상측정의 방법으로 fractional 위상을 지속적으로 추적한다. 따라서, 반송파의 위상을 측정치로 한 측량의 경우 Integer Ambiguity N 을 미지수로 한다. 이를 해결할 수 있는 하나의 방법으로서 저잡음 의사거리를 측정할 수 있는 수신기를 이용 의사거리를 이용하여 반송파 위상 측정치의 Ambiguity 를 해결한다. 적절히 떨어진 두개의 수신기에 의해 측정된 의사거리와 반송파 위상에는 위성의 궤도오차, 전리층 및 대류권에 의한 오차 및 SA 오차등이 공통으로 포함될 것이다. 이는 두 수신기가 동일한 위성을 사용했을 때 가능하다. 따라서 기선의 길이가 짧을 수록 공통의 오차는 거의 일치할 것이다.

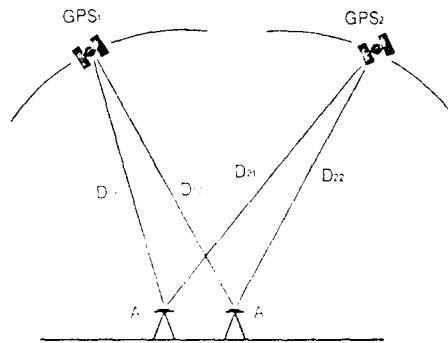
반송파 위상측정을 이용한 상대위치 측정시 공통오차를 제거하는 단일차 (Single Difference), 이중차(Double Difference), 삼중차(Triple Difference) 등이 있다.

그림( 6 )에 보인 바와 같이 Single Difference는 기선상의 두 관측안테나에서 동일한 GPS 위성으로 부터 수신되는 반송파의 수를 같은 시간에 적산하고 차를 구하는 방법이며, 그림( 7 )은 GPS 위성1과 GPS 위성2에 대하여 두 안테나에서 반송파의 위상을 적산하여 각각의 Single Difference 를 구한다음 그 차를 구하는 방법을 Double Difference 라 한다.



$D_{11} - D_{12}$ : 1중차  
(위성의 궤도와 시계의 오차가 소거)

그림( 6 ): SINGLE DIFFERENCE



$(D_{11} - D_{12}) - (D_{21} - D_{22})$ : 2중차  
(위성간의 시차 오차가 소거)

그림( 7 ): DOUBLE DIFFERENCE

그림( 6 )에서 두 수신기의 위상측정에 반영된 GPS 위성1의 위성궤도 오차 및 시계오차는 동일하기 때문에 Single Difference 에 의한 반송파 위상의 측정 방식에 의한 GPS 위성1과 두 안테나 까지의 거리차는 이들이 소거된 아래와 같은 관측방정식으로 표시된다.

$$\delta_1 D = \delta_1 \left( N + \frac{\phi}{2\pi} \right) \lambda + \delta_1 (\Delta T_R + \Delta T_I + \Delta T_T) C$$

단,  $\delta_1$ 은 GPS 위성1에 대한 두 수신기의 측정값의 차를 의미한다.

그림( 7 )에서 GPS 위성2에 대한 또 하나의 Single Difference 를 구하면 아래와 같고,

$$\delta_2 D = \delta_2 \left( N + \frac{\phi}{2\pi} \right) \lambda + \delta_2 (\Delta T_R + \Delta T_I + \Delta T_T) C$$

GPS 위성1 및 GPS 위성2에 대한 Single Difference 의 차, 즉 Double Difference 는 다음과 같다.

$$\delta_{12} D = \delta_{12} \left( N + \frac{\phi}{2\pi} \right) \lambda + \delta_{12} (\Delta T_R + \Delta T_I) C$$

상기식에서 수신기 오차에 대한 차  $\delta_1 \Delta T_R$  과  $\delta_2 \Delta T_R$  은 같으므로 수신기 시계오차는 완벽하게 제거된다.

전리층의 영향은 두 관측점이 짧은 경우 상쇄 되지만, 기선의 길이가 길어질 경우 L1 및 L2 두 반송파를 수신하여 영향을 줄일 수 있다. 이는 전리층에 의한 전파 지연이 반송파 주파수의 제곱에 반비례 하므로 한 수신기로 두반송파 위상을 측정하여 조합하는 방식을 채택한다.

반송파 위상 측정에 의한 방식은 정밀도 측면에서는 우수하나 Ambiguity 및 사이클 슬립 해결을 위해 관측 데이터 수집을 많이 해야 하므로 실시간 정보가 필요한 응용에는 어려움이 있다.

#### IV. 실시간 절대위치 정밀도 향상 기술

GPS 인공 위성 항법이 차세대 항법 방식으로서 그 위력이 입증되고 있지만 아직도 여러 운용분야에서 더 큰 정밀성이 요구되고 있다. 특히 P-Code 의 개방이 미군용으로 제한된 현실에서 민간용으로는 C/A 코드로 제한될 수 밖에 없어서 기존의 GPS 시스템으로는 GPS 고유의 오차를 허용할 수 밖에 없다.

그 예로서 협수로 항해, 항만 통제 및 항공기 이착륙 사용에는 현용 C/A 코드로 GPS 수신기로는 만족할 수 없다. 이들을 극복하기 위한 노력으로 Carrier Phase 를 이용한 방법과 Differential GPS 등의 2방법이 80년대 이후 연구되어 실용화 단계에 있거나 실용화 상태에 있다.

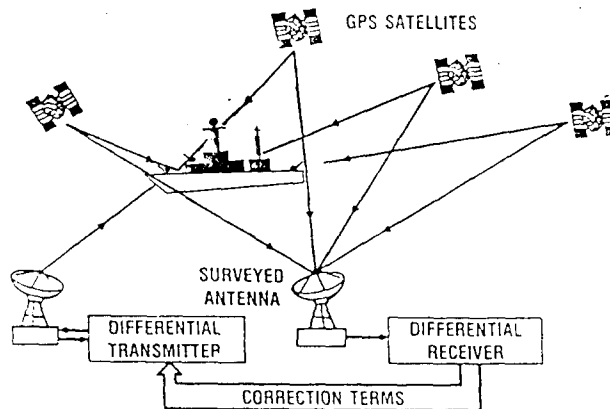
그러나 Carrier Phase 위치측정방식은 그정밀도의 우수성에도 불구하고 측지 및 측량에 필요한 정적인 위치측정용으로는 우수성이 입증되고 있지만, Dynamic 상태의 이동체에는 아직 부적합한 것으로 판명되고 있다.

## 1. DGPS 시스템 구성

DGPS 시스템은 GPS 수신기에서 위치보정 정보나 의사거리보정 정보를 사용자에게 송신함으로써 공통의 오차를 제거하여 정밀도를 향상 시키는 방법으로 반송파를 이용한 GPS 정밀도 향상 방법보다 이동체의 정밀위치 향상에 더욱 효과적이다.

이 시스템은 10m 내외의 P-Code 에 준하는 정밀도를 갖고 있어서 고도의 정밀도를 요구하는 분야에서 매우 매력적인 방법으로 평가되고 있다. 이 시스템은 정밀하게 알고 있는 기준국(Reference Station)에서 측정된 오차 보정치를 주변의 사용자에게 통보함으로써 사용자의 오차 정도를 보정하도록 한 것이다.

그림( 8 ) 에서와 같이 기준국 수신기와 측정 해야할 장소의 수신기가 동일한 위성신호를 사용함으로써 양 수신기가 받는 오차에는 큰 차이가 없다고 가정할 수 있다. 다시 말해서 위치를 정확히 알고 있는 기준국에서의 수신기 오차의 크기와 방향을 사용자의 수신기 측정치 결과에서 보정함으로써 위치정밀도를 향상하는 방법이다. 이 시스템은 기준국과 사용자의 거리가 제한적이며(통상 100해리 내외에서 유효) 위성의 궤도 및 시계의 오차, 이온층 및 대기층 오차등을 거의 완벽하게 제거할 수 있다. 이상적으로는 사용자와 기준국이 공히 내포하고 있는 오차원(수신기 고유 오차등)을 포함할 뿐이다. 그림( 8 ) 에서 보는 바와 같이 DGPS 시스템을 운용하는 데는 기준국에서 사용자에게 오차보정치를 알려주기 위한 별도의 통신 수단이 필요하다.



그림( 8 ) : DGPS 개념도

## 2. 실시간 DGPS 오차 보정 방식과 오차 계산

DGPS 보정방식의 하나는 의사거리보정( Pseudorange Correction )으로써 기준국 수신기에서 측정된 각 위성의 의사거리 보정정보를 RTCM SC-104 표준

규격에 의해 일정시간 간격으로(5-10초)갱신하여 인근 사용자에게 송신한다.

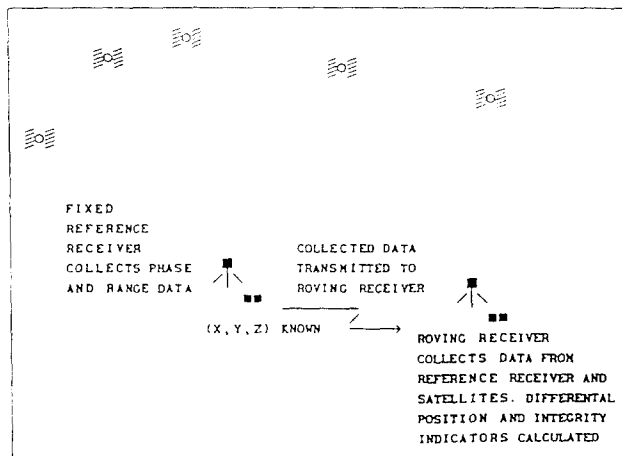
사용자 수신기에서 획득한 보정정보는 항법계산(X,Y,Z 좌표상)을 하기전에 수신기에서 측정된 수신가능한 위성에 대한 의사거리에 보정함으로써 기준국 수신기와 공통으로 존재하는 오차를 제거하는 병식으로 가장 실용적인 것으로 알려져 있다.

또하나의 방법은 기준국 수신기에서 시계오차를 포함한 위치보정치(X,Y,Z 좌표상)를 사용자 수신기에 송신함으로써 사용자 수신기에서 획득한 좌표값에 보정함으로써 수신기 오차를 제거하는 방식으로써 기준국과 사용자간의 수신 위성들이 일치하지 않는 경우를 고려하여 다양한 경우에 대한 위성 조합의 보정정보를 보내야만 한다. 따라서 여기에 수반되는 송신정보량이 많다는 결점이 있다.

이 방법은 무선통신 방식에 의한 보정치의 송신으로 사용자의 정밀도 개선을 위한 기술로써 기준국을 포함한 사용자 수신기에서 측정된 데이터를 저장하여 Post Processing 하는 방법과는 근본적으로 다르다.

Post Processing 방식에도 PN 코드 수신에 의한 방식과 반송파 위상 방식 2가지가 있으며, 반송파 위상방식은 일부 제작회사 등에서 이동체의 실시간 데이터 제공가능 홍보에도 불구하고 아직은 측지나 측량분야에서 일반적으로 사용되고 있다.

그럼에도 불구하고 기준국과 이동 수신기간의 데이터 링크를 사용함으로써 기존의 Post Processing 방법과 같은 정밀도를 갖을 수 있는 carrier phase 측정 방식이 제안된 것 [ 10 ]은 매우 흥미로운 일이다. 이는 고정밀 측량 뿐만 아니라 항법분야에도 폭 넓게 운용이 확장 될 수 있기 때문이다. 그림( 9 )에 실시간 위치 결정 시스템 방식을 보였다.



그림( 9 ) CARRIER PHASE 에 의한 실시간 DGPS 시스템 개념도

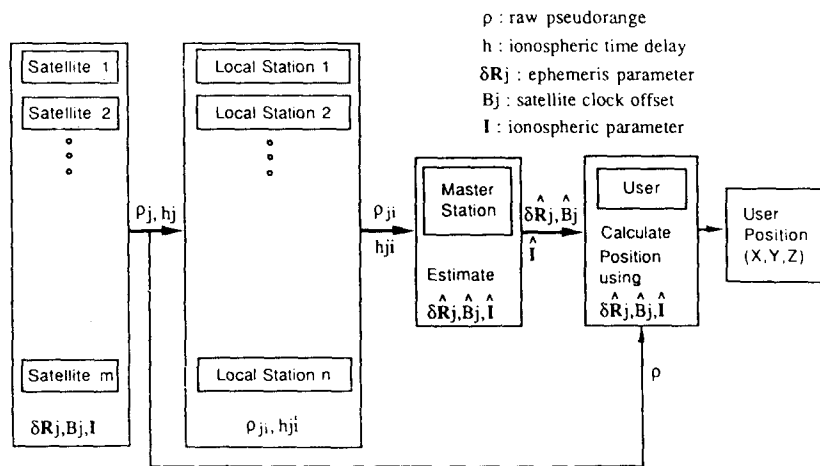
### 3. WADGPS 에 의한 사용 영역 확대

DGPS는 기준국의 수와 사용영역의 정도에 따라 LADGPS(Local Area DGPS)와 WADGPS(Wide Area DGPS) 등으로 구분할 수 있다.

LADGPS 는 전술한 바와 같이 1개의 기준국에 의해 구해진 오차보정치를 인근의 사용자에게 방송되어 사용자의 위치정도를 향상 시키는 방법이다. 그럼에도 불구하고 사용자와 수신기의 거리가 증가하면 정밀도가 떨어진다. 일반적으로 두 수신기의 거리가 100Km 이상이 되면 DGPS의 정밀도는 충분하지 못한 것으로 알려지고 있다[ 9 ].

즉, 광범위한 구역을 cover 하기 위해서는 다수개의 기준국으로 구성된 WADGPS 가 필요하며, 사실 미국의 예를 들면 미국 전역에서 고정밀 DGPS를 사용하기 위해서는 500 여개 기준국이 필요하다는 연구보고가 있다.

기본적인 WADGPS 는 주국, 다수의 지역 감시국(기준국) 및 통신링크로 구성된다. 기준국은 기존의 LORAN 및 VOR 국을 사용할 수 있으며, 관측 가능한 모든 위성을 측정하여 관측치를 주국에 송신한다. 주국에서는 기준국의 위치와 기준국에서 송신된 관측 정보로부터 이온층 지연, 위성궤도 및 시계오차 등을 계산하여 오차 보정치를 계산하여 편리한 통신수단(위성,전화 등)으로 사용자에게 송신한다. 그림( 10 )에 WADGPS의 블록도를 보였다.



그림( 10 ) WADGPS 의 블록도

### V. GPS 및 DGPS 관련 기술의 국내외 현황

GPS 의 응용 기술은 앞에서 언급한 바와 같이 위성과 수신기간의 거리를 얼마나 정확히 측정 하는냐와 BIAS 오차를 어떻게 제거 혹은 감소 시키느냐의



대전제 아래 측정된 정보를 컴퓨터와 통신기 등과 연계하여 다양한 응용 분야로

확장 시키는데 초점이 맞추어 지고 있다고 볼 수 있다. 이과정에서 실제 시스템을 구축하기 위한 S/W 및 H/W 개발을 토대로 수신기가 소형화, 고정밀화, 저렴화 되어 가고 있는 것이 큰 특징이다.

미국을 중심으로 한 선진국의 경우 GPS 관련기술에 대한 개발이 1987년 미의회의 민간 공개 이후 급속도로 진행되어 다양한 응용 분야에 적합하도록 여러 종류의 수신기들이 판매되고 있다. 또한 GPS/DGPS 와의 복합 방식으로 GLONASS, INS 및 INMARSAT-C 등과 연계하여 정밀도 향상, 시스템 상호보완 및 사용영역을 확장함으로써 응용 분야 확대를 위한 노력이 한창이다. 반면 국내에서도 대학, 연구기관을 비롯 기업체 등에서 GPS 연구에 대한 관심이 고조되고 있으나, 엔진 개발 분야는 선진국에 비교하면 초기단계에 불과하여 국내에서 사용되고 있는 대부분의 GPS 수신기는 수입품에 의존하고 있으며, 연구 분야에 있어서도 GPS 수신기를 이용 측지, 측량에의 활용 및 자료 수집과 자동차, 선박 및 항공기 등에 GPS 를 탑재하여 적용 실험을 하는 정도이다.

한편 DGPS 의 서비스를 위하여 미국은 전연안을 3대 권역으로 나누고 각 권역에 1개소의 통제소를 두고 각 권역마다 여러개의 기준국을 둔 시스템 구성을 추진중에 있으며, 내륙지방 서비스를 위한 대책은 확정되지 않았으나 WADGPS 또는 LORAN-C 에 결부시킨 DGPS 등을 검토하고 있는 것으로 알려지고 있다[ 5 ].

한국의 경우 GPS 측량의 선결과제인 국가 GPS 기준점의 확보와 좌표변환 문제의 해결을 위하여 현재 정부 관련기관이 참여한 국가 GPS 기준망 추진 위원회가 발족하여 활동하고 있으며, 국내 민항공분야의 GPS 운용을 위해 자문 위원회, 실무 위원회 등을 구성하여 시스템 구축을 적극적으로 추진하고 있는 것으로 보고 되고 있다[ 7 ].

또한 한반도 연근해 DGPS 서비스를 위해 DGPS 기준국 위치로 장기갑, 죽도 및 어청도를 NAVTEX 설비가 해양 경찰청의 해안 무선국에 세워지는 경우에는 NAVTEX 송신국에 기준국을 두도록 제안한 바 있다[ 12 ].

## VI. 결 언

본 고에서는 GPS 의 응용과 기술 분야에서 핵심이 되는 PN 코드 및 측정 방식에 의한 위치측정과 DGPS 방식에 대한 고찰과 국내외 연구 현황을 살펴 보았다. 전술한 바와 같이 GPS 의 실시간 고정밀 위치 제공 가능으로 자동차, 선박 및 항공기를 비롯 민.관.군의 다양한 응용 분야에서 위치정보를 효율적으로 사용토록 하였으며, 그 적용범위는 급속도로 확대 되리라 예측된다.

이와 병행하여 GPS/DGPS 에 대한 응용 기술 개발과 서비스 영역 확대를 위

한 연구가 미국을 포함한 선진국에서 활발히 진행되고 있다. 국내에서도 GPS에 대한 연구가 아직은 시작단계 이지만 앞으로 많은 연구 결과가 기대된다.

특히, 필자의 생각으로는 GPS의 고정밀 위치정보를 자동차, 선박, 항공기에 있어서 실시간으로 사용하기 위한 응용 기술 분야와 전자지도 및 해도에 연계한 위치정보 활용 분야 등에 대한 연구와 병행하여 INS, GLONASS 및 INMARSAT와의 복합방식, 육.해.공 광역 서비스를 위한 DGPS 네트워크 구축에 대한 연구가 주종을 이룰 것으로 예측된다.

## 참고문헌

1. 고광섭, "첨단 위성항법 시스템의 개발 현황 및 활용," 16회 해양학술 세미나 논문집, 1995. 10.
2. 고광섭, 임봉택, 임정빈, 심영호, "선박용 GPS-Compass 개발을 위한 연구(I)," 대한전자공학회 추계 학술 논문집, 1995.12
3. B.Hofmann-Wellenhof, H.Lichtenegger, and J.Collins, "Global Positioning System," Springer-Verlag Wien, 1993
4. RCTM SC 104, "RCTM Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Service," RCTM Paper 194-93/SC 104-STD Version 2.1
5. D.H. Aslip, et.al, "The Coast Guard's DGPS Program," Navigation Vol.39 No4, 1992-93
6. Earl G. Blackwell, "Overview of Differential GPS Methods," The Institute of Navigation, Vol.III, 1986
7. 박근해, "항공분야의 GPS 운영방안 및 정책방향," 2차 GPS Workshop Proceeding, 충남대학교, 1995. 11
8. Alison Brown, "Extended Differential GPS," The Institute of Navigation, Vol.36, No3, 1989
9. Changdon Kee, et.al, "Wide Area Differential GPS," The Institute of Navigation, Vol 38, No 2, 1991
10. Nicholas C.Talbot, "High-Precision Real-Time GPS Positioning Concepts: Modeling and Results," The Institute of Navigation, Vol 38, No 2, 1991
11. Navstar-GPS Joint Program Office, "Navstar GPS User Equipment," Public Release Version, 1991
12. 정세모, "한국연안의 NAVTEX 및 DGPS 서비스를 위한 제언," 정책보고서, 1995