

DGPS 위성항법보정 SYSTEM

DGPS System



글 / 李用安
(Lee, Yong An)

정보통신기술사,
(주)안세기술 대표이사
E-mail: yalee@ansetech.co.kr

GPS · DGPS

2004 2 26

이 37 21

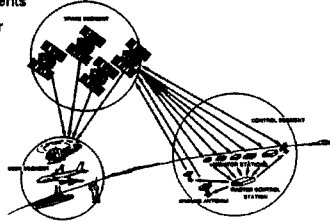
ANSE (주)안세기술

◆ GPS

1. GPS 정의
2. GPS System
3. GPS Signal
4. GPS 원리
5. GPS Time
6. GPS Service
7. GPS 오차
8. GPS 용도

1. GPS 정의

- Space-based radio-positioning and time transfer system
- Provide accurate position, velocity, and time (PVT) information
 - ← unlimited number of suitably equipped ground, sea, air and space users
- by the U.S Department of Defense (DoD)
- Comprises major system segments
 - Space, Control and User

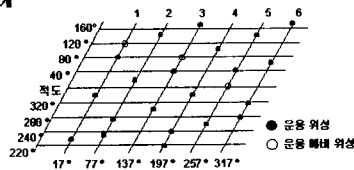
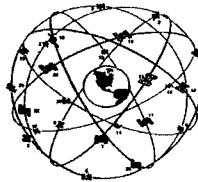


3

2. GPS System

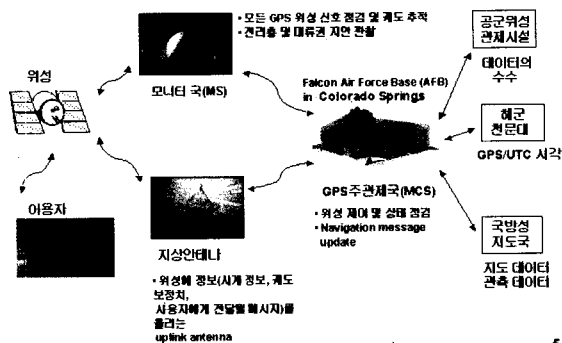
□ Space Segment (위성)

- 6개의 궤도에 4개씩 배치 (24개 위성 군)
- 고도 : 20,200km
- 주기 : 11시간 58분
- 궤도면 기울기 : 적도 면과 65도
- 4개의 원자 시계
Cesium 2개 + Rubidium 2개



4

□ Control Segment (지상국)



5

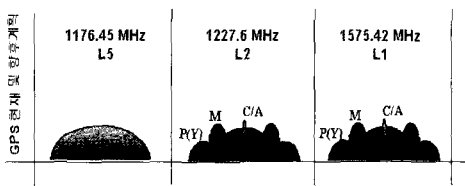
□ User Segment (수신기)

- consists of receivers specifically designed to receive, decode, and process the GPS satellite signals
- 수신기의 종류
 - 기능에 의한 분류
 - 항법용, 측지용, 시각 측정/동기용
 - 채널에 의한 분류
 - 다채널, 다중 송신 채널, 순차 채널
 - 이용자 집단에 의한 분류
 - 민간용, 군용 수신기

6

3. GPS Signal (cont')

□ 주파수 대역

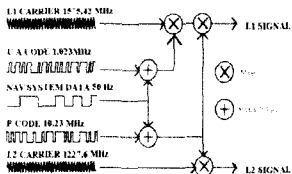


- ◆ 항후 계획
 - L5 signal : 항공용 BC 159 WG #1
 - L1/L2 중 M-code
- ◆ M-code
 - GPS Military Service를 의미

7

□ Carrier

- L1 : 1.57542GHz, C/A code, P(Y) code, Navigation Message
- L2 : 1.2276GHz, only P(Y)-Code



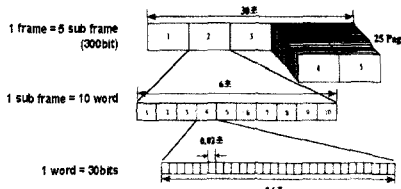
□ PRN (Pseudo-Random Noise)

Code	frequency	Chip rate	period	Application
C/A (coarse/acquisition)	L1	1.023Mbps	1ms	Moderate Accuracy 연결용
P (precise)	L1/L2	10.23Mbps	About 1 week	High Accuracy 군사용

8

□ Navigation Message (cont')

- Superimposed on both the P(Y) code and C/A-code
- 위성 시계 보정치, 전리층 지연 모델, 궤도 파라미터, 위성 상태 등의 정보
- 25 frame으로 구성(1,500bit)



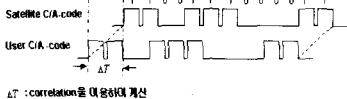
9

4. GPS 원리 (cont')

□ GPS Receiver Operation

- In order for the GPS receiver to calculate a PVT solution
- PVT Calculation

① User set matches the C/A-code : 같은 부분에 대하여 시간차 계산



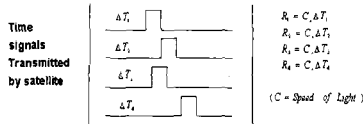
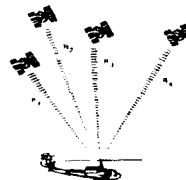
② Strips off the Data. HOW gives Address of P-code match



- ◆ TLM : Telemetry
- ◆ HOW : Hand Over Word

10

③ User obtains Pseudo Range Measurement (R_1, R_2, R_3, R_4) to 4 Satellite



11

④ User set performs the NAV Solution for position

Pseudo Range **Position Equations**

$$R_1 = C\Delta T_1 \quad (X_1 - U_x)^2 + (Y_1 - U_y)^2 + (Z_1 - U_z)^2 = (R_1 - C_b)^2$$

$$R_2 = C\Delta T_2 \quad (X_2 - U_x)^2 + (Y_2 - U_y)^2 + (Z_2 - U_z)^2 = (R_2 - C_b)^2$$

$$R_3 = C\Delta T_3 \quad (X_3 - U_x)^2 + (Y_3 - U_y)^2 + (Z_3 - U_z)^2 = (R_3 - C_b)^2$$

$$R_4 = C\Delta T_4 \quad (X_4 - U_x)^2 + (Y_4 - U_y)^2 + (Z_4 - U_z)^2 = (R_4 - C_b)^2$$

$R_i = \text{Pseudo Range } (i=1,2,3,4)$
 $X_1, Y_1, Z_1 = \text{Satellite Position } (i=1,2,3,4)$
 $U_x, U_y, U_z = \text{User Position}$
 $C_b = \text{User Clock Bias}$

Clock Bias
 Satellite clock bias : 300km(1ms)
 Receiver clock bias : 10m-100m
 (수신기 종류에 따라 다름)

12

5. GPS Time

- UTC (Universal Time Coordinated)
 - provide the capability for time synchronization of users worldwide

- GPS Time
 - satellite clock(원자 시계)로 GPS 계도 확인
 - cesium clock : long-term / rubidium clock : short-term performance
 - 위성국 지상국 간의 전체 clock을 의미 → UTC와 같이 않음

- GPS Time을 UTC(USNO)로 변환

$$t_{UTC} = t_B - \Delta t_{UTC}$$

$$\Delta t_{UTC} = \Delta t_{IS} + A_0 + A_1$$

Δt_{IS} : Leap seconds (GPS Time와 UTC간 차이 값)
 A_0 and A_1 : Navigation message에 의한 계수

USNO : United States Naval Observatory(미 해군천문대)

- 전세계 표준 시간을 유지하고 관리

13

6. GPS Services

- Standard Positioning Service (SPS)

→ all GPS users
 L1 carrier 사용 : 전리층 지연 보상에 불리
 수평 거리 오차 : 100m

- Precise Positioning Service (PPS)

→ only to authorized users, military purposes
 L1/L2 carrier 사용 : 전리층 지연 보상
 SPS 보다 정확(수평 거리 오차 : 약 18m)

14

7. GPS 오차(cont')

오차 발생 요인	내 용	일반적인 거리 오차의 크기(m. 1σ)
위성 계도 오차	• 항법 메시지는 추정된 값이므로 오차 존재	0.57
위성 시계 오차	• SA 제거 이후 가장 큰 오차 요인	1.43
전리층 지연	• SA 제거 이후 가장 큰 오차 요인 • L1, L2 주파수의 반송파 도착 시간의 차이와 이종 주파수 수신기를 이용하여 단축으로 오차 보정 가능	7.0
대류층 지연	• 기압, 온도, 습도 등의 상태에 따라 전파의 속도가 변함으로 발생하는 오차	0.25
다중 경로 오차	• 전파가 주변 장애물로 인한 반사와 회절을 통해 여러 경로로 도달함으로써 발생하는 오차	1.5
수신기 관련 오차	• Thermal noise, inter-channel bias, 소프트웨어상의 오차	0.8
Selective Availability	• 2000년 5월 1일 백악관 발표와 함께 제거됨 • 제거 이전 가장 큰 오차	0.0

SA 제거 이후 오차
 # 전리층 : 80-1000km
 (대류층 : 50km 까지)

15

- SA (Selective Availability)

- 미국방성에서 SA 라는 고의 잡음(위성 계도, 위성 시계 정보)을 위성에 삽입
- SA를 볼 수 있는 암호는 승인된 사람만인 허가된 용도로 쓸 수 있도록 관리
- SA를 통해 일반 사용자는 위치 측정 오차 범위를 96% 확률로 최대 100m 나게 함으로 정확도를 낮춤
- 2000년 5월 1일 미국방성에 해제 함으로 지구 전역에서 GPS 정확도가 현저하게 향상되는 효과가 나타남

- A-S (Anti-Spoofing)

- P(Y) code 를 암호화 하여 무자격자의 이용을 방지
- DGPS로도 극복 불가능

16

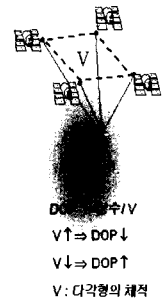
- DOP (Dilution of Precision)

- 위성 배치의 고른 정도를 의미
- GPS 측위의 정확도를 가능케 하는 지수

DOP 값	효용성
<2	매우 우수
2-3	우수
4-5	보통
>6	효용까지 없음

- DOP 종류

- GDOP (Geometric DOP)
- PDOP (Positional DOP)
- HDOP (Horizontal DOP)
- VDOP (Vertical DOP)
- TDOP (Time DOP)



17

8. GPS 용도

- 항법(Navigation) 분야
 - 측지(Surveying) 분야
 - 정밀 시각 동기 (Precise Timing) 분야
 - 자세 결정(Attitude Determination) 분야
 - 선박 항법 : 아군 추적, 정상 운항 항로, 조난 신호, 항만 접근
 - 항공기의 항행 : 정밀 착륙, 항공 교통 관제, 항로 비행
 - 광범위한 차경 항법 시스템 : 교통 정보, 구급차, 배달 위치 정보, 지능형 교통
- 시스템 차경 추적
- 우주 항법 : 위성 궤도 결정, 위성 자세 결정, 반대 비행
 - 지리 정보 : 전자 지도, 지하 매설물 지도, 측지, 지진(화)산 감시
 - 일반 재재 : 등산, 낚시, 조난
 - 기타 : 산림 관리, 정밀 농업, 준설, 채광

18

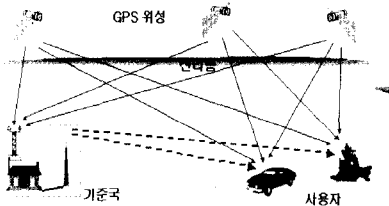
◇ DGPS

1. DGPS 정의
2. DGPS 현황
3. DGPS System
4. DGPS 설계
5. DGPS 망 구성
6. DGPS Coverage
7. DGPS 정밀도

19

1. DGPS 정의

- GPS의 오차를 보다 정밀하게 보정하여 이용자에게 제공하는 위성항법 보정장치
- 기준국에서 GPS 위성 신호를 수신하여 계산한 위치 값과 이미 알고 있는 위치 값을 비교 하여 오차 보정 값을 계산함
- 무결성(Integrity) 기능으로 위성 상태 정보를 즉위 이용자에게 제공



20

2. DGPS 현황

- 미국
 - 1999.3.15 : 해상용 DGPS 운용을 선언
 - 2002년 : 내륙용 DGPS 망 구축(65~75개 기준국)
 - 2003년 : DGPS(NDGPS) 이용범위의 2중화 완성(125~136개 기준국)
- 일본
 - DGPS center : 1국(해상보안정 본청 소재)
 - DGPS Site : 27개국
 - 유효 범위 : 각국에서 200km 이내의 해상
 - 전송 포맷 : ITU-RM.823-1(RTCM SC-104)
 - 전송 속도 : 200bps
 - Message type : type 3, 5, 6, 7, 8, 16

21

□ 대한민국

- DGPS 기준국 망 설치 사업의 시행 - 1998~2003년
- DGPS 중앙 관리 사무소 - 대전 1개소
- DGPS 기준국 - 11개소
 - 팔미도, 여청도, 마라도, 거문도, 영도, 주문진, 호마곶, 울릉도, 소청도, 소록산도, 지진
- 원격 감시국 - 8개소
 - 밀도, 홀도, 기사도, 소라도, 서이말, 죽변, 옹도, 당사도
- NDGPS 기준국 사업 - 2003~2005년 예정
 - 기준국 : 무주 외 4개소

22

3. DGPS System

- 보정 정보 형식
 - RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) SC-104
 - RTCA (Radio Technical Commission for Aviation Services) Standard
- DATA Link
 - 지상파를 이용 : 30~3000KHz, 지구 표면을 따라 전파, 전리층 반사
 - 좁은 coverage 영역을 갖기 때문에 보정 정보 전송에 알맞음
- ◆ RTCM SC-104 권고
 - 데이터 포맷뿐만 아니라 각 항법 시스템 및 DGPS 해상, DGPS 수요, DGPS 시스템 구성 과 그 설계 요건등 DGPS 기술 요건 전반에 관한 내용

23

4. DGPS 설계

□ DGPS의 정확도

- 항법 지원 이용 범위 내 < 10m
- 항만준설 및 해양도목을 위한 측위 < 1m
- 기준국 중 GPS 수신기 : 2주파 수신기
 - 측지 측량 및 일반 측량 목적으로 이용 가능
 - L1 및 L2 관측데이터(GPS Observables) 제공

□ 실시간 무결성(Integrity) 체크

- 무결성 여간 시스템을 항법에 사용할 수 없을 정도의 성능으로 저하 되었을 때, 사용자에게 즉시 이통 경보 하는 시스템 기능을 말함

□ 해상 중파 비콘(무선 표지) 이용

- 사용 주파수 : 285-323KHz
- MSK 변조 : DGPS 보정지 - 주 반송파로 방송
Radio Beacon - 무 반송파로 방송
- 전송 속도 : 200bps
- 송신기 출력 : 300-500W

□ 송신 메시지(RTCM SC-104)

포맷 번호	메시지 내용	메시지 계획
3	기준국 파라미터	메시 15분과 45분에 방송
5	궤도상 위성 상태	메시 5분과 15분에 방송
7	비콘책(Radio Beacon Almanac)	메시 7분과 그로부터 15분에 방송
9	의사 거리 보정치	가능한 자주 방송, 대략 15초마다
16	특별 메시지	필요 시 방송

#비콘책: 비콘국의 위도, 경도, 홍일 거리, 주파수, 국ID, 비트 속도에 대한 정보를 가짐

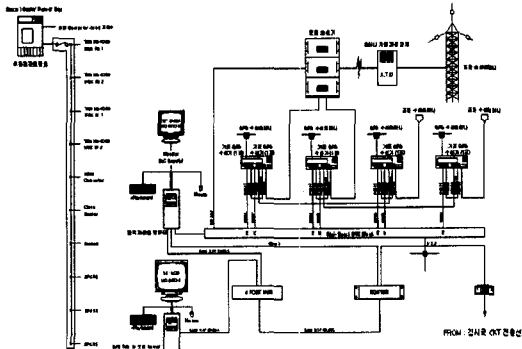
□ 이용 범위

- 해상 : 100해리
200bps로 전송
연평균 대기 잡음 상태를 기준 99.7%의 확률에서 100uV/m (40dBuV/m)의 신호강도
- 육상 : 최대 120km
도시 건물 및 산악 때문에 실 이용 범위는 축소
이용 불능 지역 발생

5. DGPS 망 구성

- 기준국 (Reference Station)
추적 가능한 모든 위성의 의사 거리 보정치 등을 계산하여 송신국에 전달
- 중앙 관리소(Control Center)
기준국, 송신국(MSK Station), 감시국의 운영 상태를 원격 감시 및 통제
- 감시국(Coverage Monitor Station)
DGPS 보정 정보가 기준지를 벗어날 경우 메시지를 중앙 사무소에 전달
- 통신망 (Communication Network)
기준국, 송신국, 감시국의 정보 전송을 위한 통신망 시스템으로 PSTN 전용 회선

□ 기준국 및 송신국의 구성 (우주 기준국 설계 기준)



□ 기준국 및 송신국의 설치 장비



<기준국>

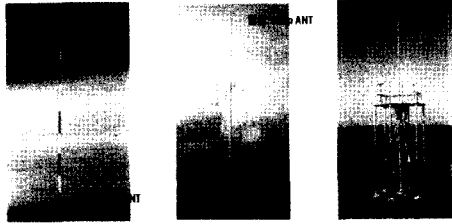
- GPS 수신기
- 4000MSK RS
- 4000 IM
- 중파 송신기
- RSIM 용 워크스테이션

<송신국>

- 중파 송신기
- 자동응용 이중송신기
- 2835-325KHz
- 300W 출력
- RSIM 인터페이스
- IDF Toning 모드

IDF (intermediate distribution frame)

□ 기준국 중파 안테나

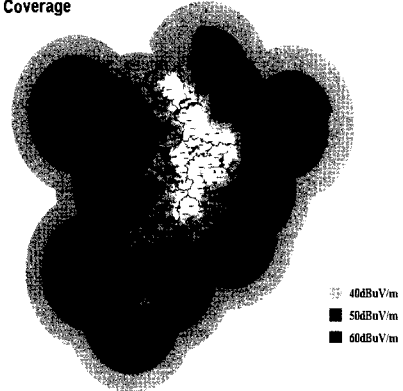


<송신 안테나>

<수신 안테나>

30

6. DGPS Coverage



31

7. DGPS 위치 정밀도

□ 위치 정밀도

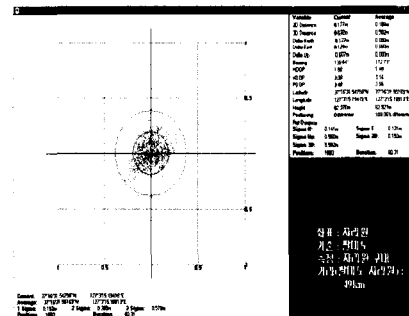
- 60km 이내에 25cm(1 sigma) 이하 오차 목표
- 수평 : 25cm 1시그마
- 수직 : 70cm 2시그마
- 3D : 1.4m 3시그마

◇ Sigma : 산포의 척도 중 하나인 '표준 편차'라는 의미를 가짐

Sigma	품질 수준
1 sigma	67%
2 sigma	69%
3 sigma	93%

32

□ 팔마도 기준국 보정치를 지리원에서 측정



33

□ 정밀도 분석 방법

- DGPS 기준국의 RTCM 보정치를 수신하여 얻은 위치 값으로 부단 2차원 및 3차원상에서 거리 차를 비교하고, 그 중 25cm(1 시그마) 이내에 몇 개가 들어오는지 계산
- 사용 장비
GPS 수신기 : 4000DS (Trimble)
비콘 수신기 : Navbeacon XL (Trimble)
- 실험 방법
국립 지리원내 WGS-84 기준점에 GPS 안테나 설치
팔마도 및 여청도 기준국의 DGPS 신호를 수신
측정 좌표값을 지리원 기준점(VLBI값)과 비교

◇ VLBI : Very long baseline interferometer

□ 2, 3차원 정밀도 분석 계산

- 기준점과 관측된 좌표 간의 거리
 $d = ((x-x_0)^2 + (y-y_0)^2)^{1/2}$ (2차원)
 $d = ((x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2)^{1/2}$ (3차원)
(x,y,z = 관측치의 좌표값, x0,y0,z0 = 기준점의 좌표값)
- 1관측 확률 오차

$$r = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} \quad (cm)$$

(d = 기준점과 관측된 좌표간의 거리 차이, n = 총 관측횟수)

34

35