

# 비행기의 비행경로 기록을 위한 GPS 적용

오 현식\*, 정 용복\*, 황 명신\*, 이 정모\*\*, 김 칠영\*\*, 이 경준\*

## Airplane Flight Path Recording using GPS

H.S Oh, Y.B. Jung, M.S. Hwang, J.M. Lee, C.Y. Kim, K.J. Lee

### 목 차

#### I. 서 론

#### II. GPS의 개요

1. GPS 위성
2. GPS 수신기
3. GPS 오차
4. GPS 장착

#### III. 측 정 비 행

#### IV. 결 론

\* 한국항공대학교 항공기계공학과

\*\* 한국항공대학교 항공운항학과

## 요 약

본 연구는 GPS와 노트북 PC를 이용하여 비행경로정보를 얻기 위한 것으로, 이들을 실제 비행기에 장착하여 위치(동경, 북위, 고도), 방위, 속도등의 비행경로정보를 기록하였다. 기록된 자료를 분석한 결과 실제 비행시의 자료들과 일치함을 보였다. GPS와 노트북 PC를 이용한 비행기록장치는 조종훈련생들의 항법교육 및 항법 능력 측정 자료로 이용 될 수 있을 것이다.

### I. 서 론

비행기는 한 지점에서 다른 지점으로 물건이나 사람을 이동시키는 수송 수단이다. 따라서 비행기가 현재 어떤 위치에 있으며 어떤 상태로 움직이고 있는지를 아는 것은 매우 중요하다. TACAN, RMI, HSI, DME, INS등의 여러 가지 종류의 항법 장치와 비행기 내의 고도계, 속도계 등을 이용하여 조종사는 자신의 위치를 알아 낼 수 있다. 그러나 이것은 순간적으로만 조종사가 알고 있을 뿐, 기록되지 않는 한 비행 후 비행중의 경로와 위치 등을 알아내는 것은 어렵다.

대형 비행기의 경우에는 디지털 비행기록장치(DFDR : Digital Flight Data Recorder)를 이용하여 비행 중 모든 상황을 기록하므로 비행 후 비행상태를 분석하는 것이 가능하지만 비행기록장치가 없는 소형 경비행기에서는 그러한 정보를 기록하고 분석하는 것이 현재까지는 불가능하다.

본 연구에서는 경량이면서 가격이 비교적 저렴한 GPS(Global Positioning System)와 노트북 PC를 이용하여 경비행기의 비행상태를 기록하고 후에 다시 분석할 수 있는 방법에 대하여 고찰하였다.

본 연구는 창공-91을 이용하여 황사가 불 때 황사측정을 위한 비행시 측정 비행기의 경로와 위치에 대한 정보를 얻기 위해 GPS와 노트북을 연결하여 위치 정보를 얻기 위한 생각으로 시작하였으며 실제 측정결과 비행 중 비행기의 항법장치의 출력과 비교하여 정확하게 기록되는 것을 확인할 수 있었다.

## II. GPS의 개요

### 1. GPS 위성

GPS는 미국국방성에서 1973년부터 개발을 시작하여 실용화하고 있는 운항 시스템으로 NAVSTAR/GPS(Navigation System with Time and Ranging/GPS)라고도 하는데 인공위성에서 보내오는 정보를 기반으로 하고 있다. 이 시스템은 지구주위 궤도를 돌고 있는 21개의 활동위성과 3개의 예비위성, 총 24개의 인공위성 군에 의존된다. 각 위성에는 루비듐과 세슘 원자시계가 각각 2개씩 장착되어 있고, 위성제어국에서는 각 위성들의 위치와 고도를 정해진 대로 항상 유지시켜주는 일을 한다. 인공위성들은 원궤도를 돌고 있으며 이 궤도의 반경은 약 26,500km, 지구표면에서는 약 20,000km이다. 각 위성들은 시계보정정보, 궤도정보, 위성의 건강 상태 등이 포함된 항법 메시지를 계속해서 송신한다. 송신 코드로는 C/A 코드와 P 코드 두 가지가 있다. C/A 코드는 Clean and Acquisition 또는 Coarse and Acquisition의 약자로서 표준측위용으로 사용되며 공개되어 있는 것이다. P 코드는 Precision 또는 Protect라는 의미로 고 정확도 측위에 이용되며 비공개 코드이다.

### 2. GPS 수신기

GPS 수신기는 위의 코드들을 판독하여 필요한 정보를 얻는 회로가 구성되어 있다. 판독한 신호로부터 인공위성과 자신사이의 의사거리(Pseudorange)를 결정하고, 이를 계산하여 필요한 정보를 얻는다. 의사거리는 아래와 같은 식으로 나타낸다.

$$P_i = \rho_i + C \Delta T_b \text{ ----- (1)}$$

여기서

$P_i$  :  $i$  번째 위성과 수신기간의 의사거리

$\rho_i$  : 실제 거리

$\Delta T_b$  : 수신기 시간 바이어스

C : 빛의 속도( $3 \times 10^8$  m/sec)

그리고 GPS는 지구중심 고정좌표계를 사용하므로 식 (1)은 아래의 식으로 바뀔 수 있다.

$$P_i = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 + (z-z_i)^2} + C\Delta T_b \quad \text{-----} \quad (2)$$

여기서

$x, y, z$  : 수신기의 위치좌표

$x_i, y_i, z_i$  :  $i$  번째 위성의 위치좌표

$\Delta T_b$ 와  $x, y, z$ 은 미지수이고,  $x_i, y_i, z_i$ 는 위성의 궤도정보에 의해 이미 알고 있는 것이다. 이 식에서 보는 바와 같이 미지수가 4개이므로 식 4개를 얻기 위해 최소한 4개 이상의 인공위성의 정보를 받을 수 있어야 한다. 인공위성으로부터 정보를 받으면 수식으로 부터 수치계산법을 이용하여 미지수들을 구하거나 발생할 수 있는 여러 오차들을 고려한 Kalman Filter를 이용하여 수신기의 위치를 계산해 낼 수 있다.

### 3. GPS의 오차

GPS는 여러 가지 요소에서 오차를 발생시킬 수 있다. 먼저 가장 치명적인 원인은 지형 등 여러 이유에 의해 인공위성 4개를 포착하지 못하였을 경우인데 이때는 전혀 정보를 받을 수 없게 된다. 그러므로 포착한 4개의 위성은 안테나와 직선으로 마주 보고 있어야 한다. 나머지 주요 오차들은 다음과 같다.

i. 위성 내장 시계의 오차 : 10 m

- ii. 위성궤도에 의한 오차 : 10 - 80 m
- iii. 지구 전리층 통과시 : 5 - 150 m
- iv. 성층권, 대류권 통과시 : 2.3 - 20 m
- v. 수신기 내장 시계의 오차 : 10 - 100 m

수신기들은 이러한 오차들을 보정해주는 회로를 가지고 있다. 그리하여 오차들을 종합하여 보면, 문헌들마다 조금씩은 차이가 있지만 약 20 - 100 m 정도인 것으로 알려져 있다. 또한 S/A(Selectable Availability:선택사용)이라는 프로그램이 존재하는데 이는 미국의 군사적 목적에 의해 C/A코드에서 표준 측위의 정확도가 100m 보다 더 나쁠 확률이 95%가 되도록 잘못된 궤도 정보를 송신하거나 위성의 시계의 정확도를 떨어뜨리는 기능을 한다. 하지만 여러 가지를 종합하여 볼 때, GPS는 지금까지 개발된 여러 전파 항법장치 중 매우 좋은 성능의 것으로 알려져 있다.

#### 4. GPS의 장착

그림 1은 Trimble Navigation Limited의 TRANSPAK II와 노트북 PC로 이루어진 측정 시스템이고, 이를 그림 2와 같이 비행기에 장착하였다. TRANSPAK II는 최소한 4개의 GPS 인공위성을 포착하면 3차원의 비행정보를 계산하여 나타내며, 이를 PC에 즉시 저장할 수 있다. 받을 수 있는 정보는 시간, 위도, 경도, 고도, 속도, 방위 등이다.

PC에 저장되는 자료의 한 예를 다음에 나타내었다.

```
#GXGXP,121811,3736.123,N,12648.610,E,43,M
#GXSOG,121811,6.66,k,155,M
#GXGXP,121812,3736.123,N,12648.610,E,43,M
#GXSOG, . . . . .
```

여기서

```
#          : 시작 표시
GX         : TRANSPAK II를 나타냄.
```

- GXP : 시간과 위치,  
121811 : 12시 18분 11초  
3736.123,N : 북위 37도 36.123분(cf. S:남위)  
12648.610,E : 동경 126도 48.610분(cf. W:남위)  
43,M : 고도 43 meters(cf. F:feet)  
SOG : 속도와 방위  
6.66,k : 대지속도가 6.66 km/hr  
(cf. K:Knots, M:Miles/hr)  
155,M : 자북 155도(cf. T:진북)

### III. 측정비행

창공 91을 이용하여 서해안 지역의 황사분포 측정을 위한 비행에서 비행기내에 GPS와 노트북을 사용하여 정보를 저장하였다. 그림 3, 4, 5는 약 3시간 정도 황사측정을 위해 비행한 경로에 대해 저장된 자료를 나타낸 것이다. 실제로 지구는 거의 구형이어서 위도와 경도가 그림처럼 직사각형 격자를 이루지는 않지만 실제 비행한 거리가 지구반경에 비하면 매우 적으므로 지구표면을 평면으로 가정하여 나타낸 것이다.

그림 3에 나타낸 것처럼 비행기는 한국항공대학교 비행장을 이륙 서쪽을 향해 동경 125도 50분 까지 비행 후 서해안을 따라 내려가다가 동쪽으로 방향을 틀어 전주방향으로 들어와 다시 북상한 것을 알 수 있다. 또한 남쪽으로 갈 때는 약 2000 m의 고도로, 북상할 때는 약 1000 m의 고도로 비행한 것을 알 수 있다.

## IV. 결 론

본 연구에 사용된 GPS는 민간용으로, 정상 작동의 경우 약  $\pm 100\text{m}$  정도의 오차를 포함하지만, 100 Kt로 비행하는 비행기의 속도와 비교할 때 매우 좋은 성능을 보였다고 할 수 있다. 본 연구에서 사용된 GPS의 활용은 GPS의 이용의 한 경우이지만, 앞으로 이의 이용은 상당히 증대할 것으로 보인다. 특히 경비행기 등의 교육비행 등에 사용될 경우, 교육생의 단독 비행시 비행 항법 능력 등을 검증할 수 있는 장비로 사용가능할 것이며, 엔진 계기와 조종면 등에 몇 가지 센서들을 장착하여 노트북에 연결하여 GPS의 출력과 동시 측정할 경우 대형기에만 장착되어 있는 비행기록 장치에 대신하는 장비로도 사용가능할 것이다.

### ■ 참 고 문 헌

1. Ivan Catchpole, Peter Upton, "Wide Area Differential GPS Field Study", The Journal of Navigation Vol. 47 No. 2, The Royal Institute of Navigation Cambridge University Press, May 1994.
2. John J. Dougherty, Hossny El-Sherief, "Use of Global Positioning System for Evaluating Inertial Measurement Unit Errors", AIAA Journal of Guidance, Control and Dynamics vol. 17 No. 3 May-June 1994.
3. Young C. Lee, "Ground Monitoring Schemes for GPS Integrity Channel", IEEE Transaction on Aerospace and Electronic System Vol. 26 No. 3 May 1990.
4. A. L. Satin and C. T. Leondes, "Ensembling Clock of Global Positioning System", IEEE Transaction on Aerospace and Electronic System Vol. 26 No. 1 January 1990.
5. "TRANSPAK II: Operation & Maintenance Guide", Trimble Navigation Limited, U.S.A, June 1991.
6. 이 영재, 지 규인, 이 장규, "GPS원리, 응용 및 활용전망", 춘계학술발표회 논문집, 한국항공우주학회, 1994.
7. 박 선호, "GPS와 네비게이션 시스템", 전자과학, 1992 4월호.

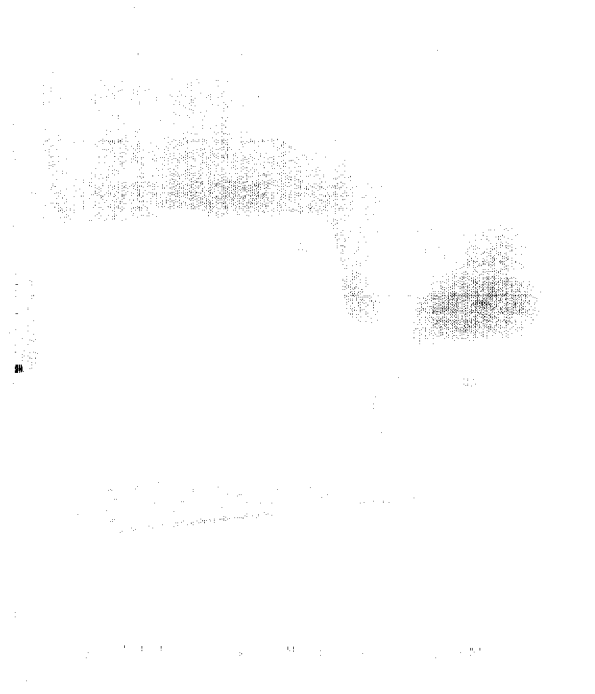


그림 1. TRANSPAK II 와 노트북 PC

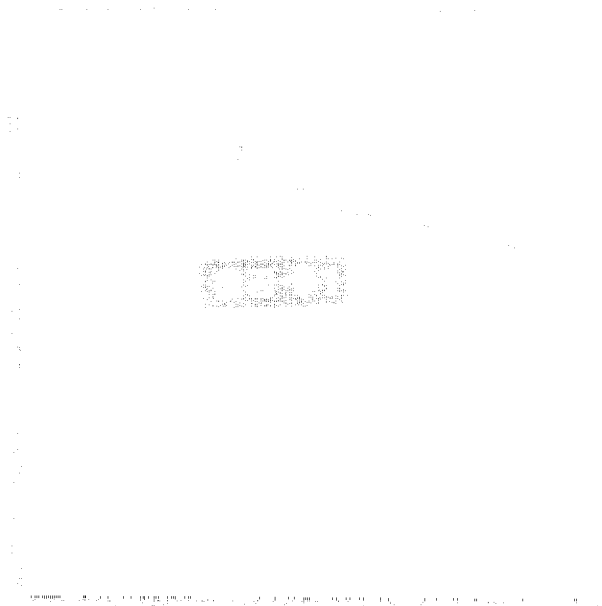


그림 2. 창공 91에 장착된 GPS



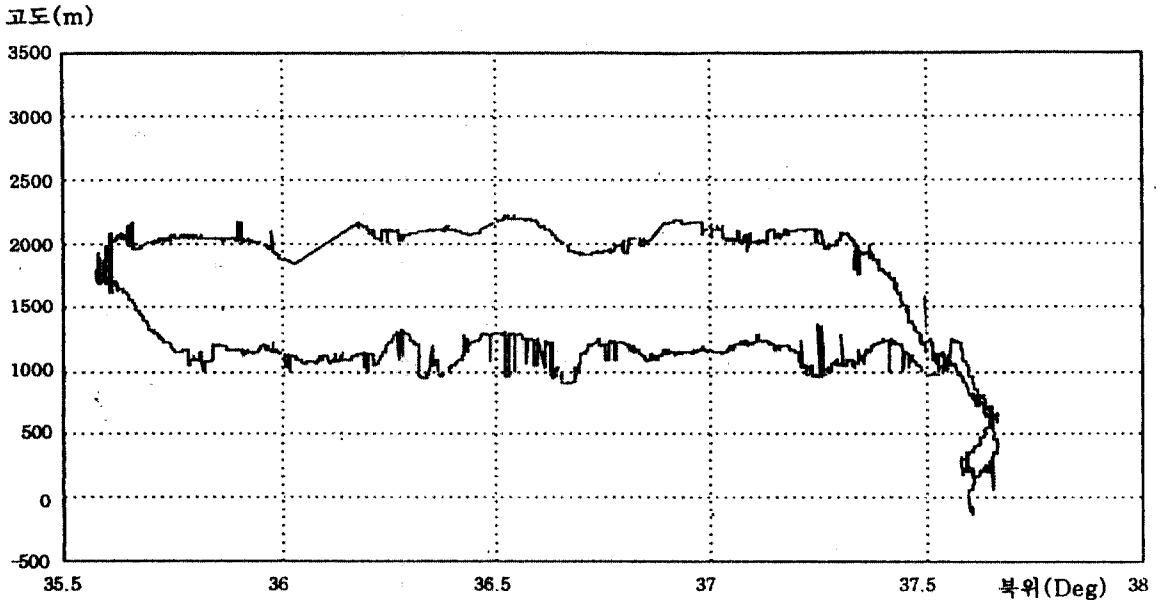


그림 3. 비행경로(북위 대 고도)

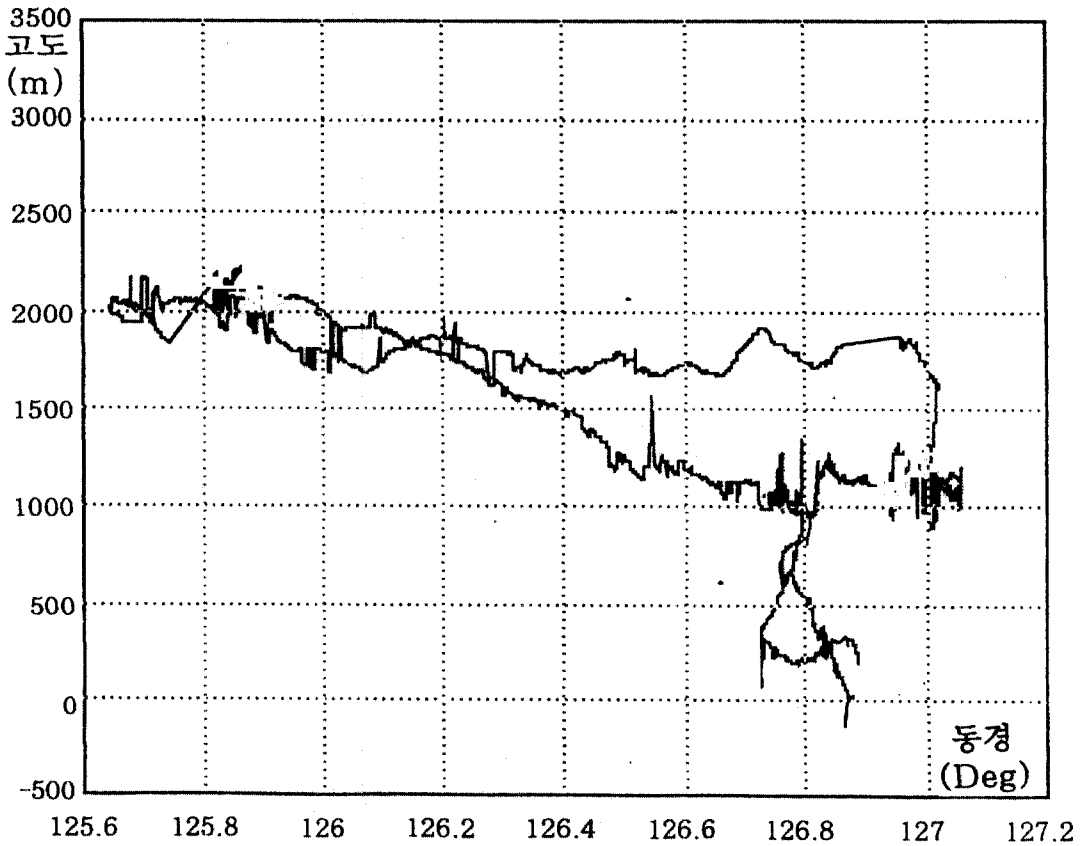


그림 4. 비행경로(동경 대 고도)

