

# 가시선 데이터링크를 이용한 무인기 위치 추정에 관한 연구

박재수\* · 송영환\*\* · 이병화\*\*\* · 윤창배\*\*

A Study on Position Estimation for UAV using Line-of-sight Data-link System

Jae-Soo Park\* · Young-Hwan Song\*\* · Byoung-Hwa Lee\*\*\* · Chang-Bae Yoon\*\*

## 요약

무인기 시스템에서 전파방해로 인해 위성항법장치가 오동작하면 관성항법장치의 위치측정 오차는 지속적으로 증가한다. 이는 무인기의 안전한 비행과 임무를 불가능하게 한다. 만약 데이터링크시스템이 무인기의 위치정보를 주기적으로 알려줄 수 있다면 위성항법장치의 오동작 상황에서도 무인기를 정상적으로 운용할 수 있다. 본 논문에서는 가시선 데이터링크의 모노펄스 추적기능과 거리측정 기능을 활용하여 무인기의 위치를 추정하는 알고리즘을 소개한다. 또한 위치추정 정확도를 개선하는 방안을 제안하고, 그 방안이 무인기 시스템에 활용 가능함을 확인하였다.

## ABSTRACT

In the UAVs, the position error of the inertial navigation system is constantly increased when global positioning system goes wrong due to interference. It makes impossible to ensure mission and flight safety. If the data-link system provide the position of the UAV for inertial navigation system periodically, then the UAV may operate normally under malfunction of the global positioning system. In this paper, we introduce an algorithm for estimating the position of the UAV using the monopulse tracking and distance measurement of the line-of-sight data-link system. Also, we propose a method to improve the performance of position estimation. And we assured ourselves that this method can be applied in the UAVs.

## 키워드

UAV, Data-link, GPS, INS, Distance Measurement, Monopulse Tracking  
무인기, 데이터링크, 위성 항법 장치, 관성 항법 장치, 거리 측정, 모노펄스 추적

## 1. 서론

무인기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)는 안전한 비행과 신뢰성 있는 임무정보 획득을 위해 정확한 위치 및 자세정보를 요구한다. 관성항법장치(Inertial

Navigation System, INS)는 초기 위치 및 자세를 기반으로 가속도계와 자이로스코프를 이용하여 무인기의 위치, 속도 그리고 자세정보를 제공한다. 그러나 가속도계와 자이로스코프는 시간이 지남에 따라 그 오차가 계속 증가하여 무인기의 비행 및 임무를 위한

\* 교신저자: 한화시스템연구원

\*\* 한화시스템연구원(yh81.song@hanwha.com, changbae.yoon@hanwha.com)

\*\*\* 국방과학연구소연구원(lbh@add.re.kr)

• 접수일 : 2016. 09. 22

• 수정완료일 : 2016. 11. 13

• 게재확정일 : 2016. 11. 24

• Received : Sep. 22, 2016, Revised : Nov. 13, 2016, Accepted : Nov. 24, 2016

• Corresponding Author : Jae-Soo Park  
Hanwha Systems Co., Ltd.

Email : js2007.park@hanwha.com

충분한 수준의 정확도를 보장할 수 없게 된다[1-2]. 이를 보완하기 위해 위성항법장치(Global Positioning System, GPS)나 거리측정장치(Distance Measuring Equipment, DME)를 이용하여 주기적인 위치 및 자세보정을 수행하며, 차등위성항법장치(Differential Global Positioning System, DGPS)나 확장형 칼만 필터 알고리즘 등을 사용하여 더 정확한 위치를 예측하여 사용하기도 한다[3-7].

그러나 전장 환경에서는 적군의 GPS 전파 방해에 의해 주기적으로 또는 지속적으로 GPS 위치정보를 이용할 수 없는 경우가 발생한다. 적군은 항법방해(meaconing), 전파기만(spoofing), 전파방해(jamming) 등의 기법으로 무인기의 항법정보의 안정적인 획득을 어렵게 할 수 있다[8]. 이러한 경우에는 무인기의 임무 수행이 어려울 뿐만 아니라 안전한 귀환조차 불가능해질 수 있다.

본 논문에서는 가시선 데이터링크의 모노펄스 추적 기능과 무선모뎀의 거리측정 기능을 이용하여 비행체의 위치를 추정하는 방식을 소개하고, 그 정확도를 향상시키기 위한 보정 방안을 제시한다. 본문에서는 가시선데이터링크를 이용한 위치 추정 방식을 소개하고 그 정확도를 개선하기 위한 방안을 제시한다. 2.1절과 2.2절에서는 모노펄스 추적방식을 이용한 방위각·고각 측정 방법과 그 한계를 기술하고, 측정 정확도 개선을 위한 방안을 제시한다. 2.3절에서는 무선모뎀의 RTT(: Round Trip Time) 알고리즘을 이용한 거리측정 방식과 그 개선 방안을 제시한다. 2.4절에서는 2.2절과 2.3절에서 제시한 개선 방안을 적용하여 개선된 위치 추정 결과를 확인한 후 결론을 맺는다.

## II. 본론

무인기 시스템은 임무지역의 감시 및 정찰을 위한 무인기와 이를 통제하고 임무에 대한 지휘·감독을 수행하는 통제장비, 그리고 무인기와 통제장비간의 통제 명령 및 상태 그리고 임무데이터를 송수신하는 데이터링크로 구성된다. 데이터링크는 무인기에 장착되는 탑재통신장비(Airborne Data Terminal, ADT)와 지상 통제장비에 설치되는 지상통신장비(Ground Data Terminal, GDT)로 구성된다.

가시선데이터링크는 통달거리의 확장을 위해 높은 이득의 지향성 안테나를 사용한다. 단말기간의 정확한 안테나 지향을 요구하는 지향성 안테나는 GPS를 기반으로 하는 GPS 추적방식과 RF 신호를 이용하는 모노펄스 추적방식을 이용하여 단말기간의 원활한 통신이 가능하게 한다.

지상통신장비가 RF 방식의 모노펄스 추적방식으로 동작하는 경우, GPS가 단절된 환경에서도 탑재통신장비를 정상적으로 지향할 수 있는 장점이 있다. 지상통신장비는 진북을 기준으로 하는 방위각과 지표면을 기준으로 하는 고각을 이용하여 지상통신장비에서 지향하는 탑재통신장비의 상대적인 방향을 정량화 할 수 있다. 또한 무선 모뎀의 거리측정 알고리즘을 이용하여 지상통신장비와 탑재통신장비 간의 통신거리를 추정할 수 있다.

그림 1은 모노펄스 추적과 무선모뎀의 거리측정 기능을 이용한 지상통신장비와 탑재통신장비의 상대적인 위치를 개념적으로 도시한 그림이다.

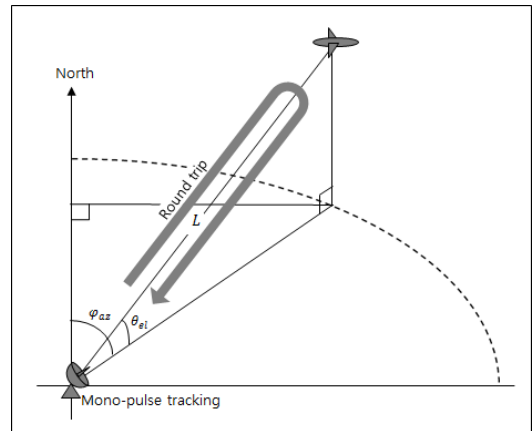


그림 1. 무인기 위치 추정 개념도

Fig. 1 The concept of position estimation for UAVs

상기 방법으로 지상통신장비를 기준으로 측정한 방위각( $\varphi_{az}$ )과 고각( $\theta_{el}$ ) 그리고 거리( $L$ )을 이용하여 무인기의 3차원 공간에서의 추정 위치를 산출할 수 있다.

### 2.1 방위각·고각 추정 방식

RF 신호를 이용한 모노펄스 추적 방식은 일반적으

로 4개의 혼안테나와 3-채널의 모노펄스 수신기를 이용한다.

모노펄스 추적 방식은 레이더시스템에서 주로 사용하는 알고리즘으로써 단일 펄스가 4개의 안테나로 입력될 때, 그 신호의 세기를 합과 차로 구분하여 3개의 수신 채널로 처리하는 방식이다. 만약 탑재통신장비가 지상통신장비 안테나의 지향 방향의 중심으로부터 멀어진다면 합신호와 차신호의 차이가 작아질 것이고, 지향 방향의 중심에 가까워질수록 합신호와 차신호의 차이는 커질 것이다. 그림 2는 일반적인 모노펄스 시스템의 구조를 보여준다[9-10].

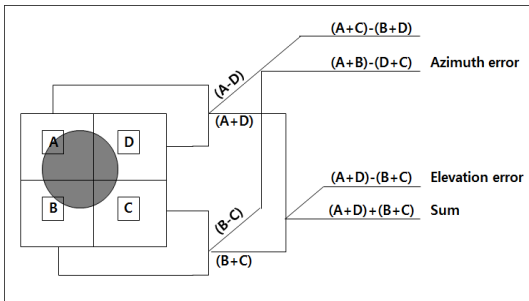


그림 2. 모노펄스 시스템 구조  
Fig. 2 Monopulse system configuration

모노펄스 추적 정확도는 안테나의 빔폭과 감쇄기를 이용한 합신호와 차신호 간의 수신신호세기 차이 등에 영향을 받는다. SNR이 충분히 보장된 환경에서의 가시선 통신이라면 차신호의 감쇄기를 조정하여 매우 정확한 방위각 및 고각 획득할 수 있다.

그러나 모노펄스 추적의 결과로 획득되는 방위각과 고각은 다음과 같은 추적 오차 성분을 포함하고 있다.

- 안테나 자세 정확도(Heading/pitch/roll 정확도)
- 기구물 제작 공차에 따른 지향 오차
- 주파수별 지향 오차

먼저 안테나 자세 정확도는 지상통신장비의 설치 시 원점 방향이 진북을 기준으로 얼마나 정확하게 측정되는지에 대한 Heading 정확도와 지상통신장비의 설치 자세에 기인한다.

일반적으로 단일 플랫폼 내에 설치가 가능한 동시

에 Heading 및 자세정보 획득 필요한 시스템에서는 2개의 안테나를 내장하고 있는 벡터형 GNSS( Global Navigation Satellite System)를 많이 활용한다[11]. 그러나 벡터형 GNSS는 Heading 정확도는 비교적 우수한 반면에 자세(pitch & roll) 정확도는 매우 낮은 편이다. 지상 및 해상용으로 많이 사용하는 Hemisphere 사의 고성능 GNSS 수신기인 Vector VS330의 경우에도 Heading 정확도는 약  $0.01^{\circ} \sim 0.17^{\circ}$ 로 우수한 반면에 pitch와 roll 정확도는 약  $1^{\circ}$  RMS 수준이다.(여기서 Heading 정확도는 내장된 2개의 안테나 사이의 이격 거리에 의존한다.) 만약 pitch와 roll에 대해서  $1^{\circ}$  RMS 오차를 가지는 수신기로 지상통신장비를 설치하는 경우 안테나 자세에 의한 고각 오차는 아래의 그림 3과 같으며 방향에 따라 최대  $1.414^{\circ}$ 의 오차까지 발생시킬 수 있다.

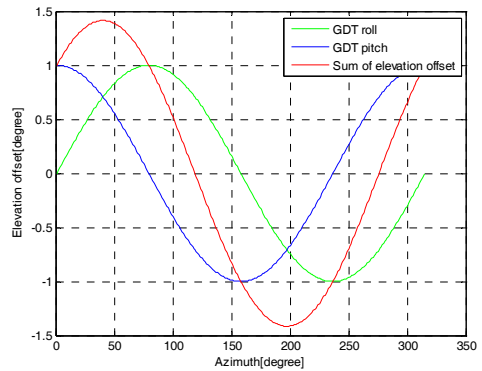


그림 3. 지상통신장비 자세에 따른 고각 오차  
Fig. 3 Elevation error from altitude of GDT

기구물의 제작 공차에 따른 지향 오차는 급전혼, 반사판 및 구동부 기구의 가공 중 발생하는 공차와 조립 시 발생할 수 있는 오차를 포함한다. 그림 4는 Ku대역에서 약  $0.4^{\circ}$ 의 빔폭을 가지는 파라볼릭 안테나의 Azimuth 방향 방사 패턴에 대한 측정 결과를 보여준다. 이는 4개의 서로 다른 시체에 대해서 Azimuth 방향의 방사 패턴을 측정된 결과이다. 각 시체별로 서로 다른 3개의 주파수에 대한 측정된 결과는 동일한 색상으로 함께 표현하였다. Azimuth 방향 방사 패턴의 침두치는 시체별로 약  $0.0913^{\circ}$  RMS 오차를 가지며, Elevation 방향 방사 패턴의 침두치는

시제별로 약 0.1190° RMS 오차를 가짐을 확인하였다. 반면에 주파수별 편차는 Azimuth 방향으로 0.024° RMS, Elevation 방향으로 0.033° RMS 수준으로 매우 작음을 확인하였다.

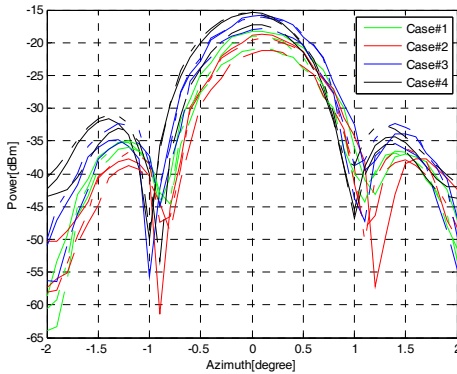


그림 4. 안테나 방사 패턴(Azimuth)  
Fig. 4 Antenna beam pattern(Azimuth)

상기에서 측정 결과로부터 모노펄스 추적을 이용하여 지상통신장비에서 측정하는 비행체의 상대적인 방향은 제작 및 조립 상의 공차로 인한 시제별 오차는 매우 큼을 확인하였다. 반면에 주파수별로는 이득의 차이는 다소 발생함에도 불구하고 지향 방향의 오차는 크지 않음을 확인하였다.

2.2 방위각·고각 보정 및 개선 방안

방위각·고각에 대한 추적 오차를 줄이는 일은 비행체의 좌표를 정확하게 추정하기 위해서 가장 중요한 일이다. 기존의 시스템은 GPS수신기와 신호송신기로 구성된 보정장치를 이용하여 장비의 초기 설치 시 지상통신장비의 자세오차와 안테나 지향 오차를 보정한다. 그러나 기존의 방식은 보정장치의 이격거리와 좌표정보의 정확도 등에 기인하는 오차에 대한 보정 능력에 큰 한계를 가지고 있다. 특히 안테나 장치의 설치 자세로부터 발생할 수 있는 방향별 고각 오차를 보정하기 위해서는 여러 방향의 고각 오차 보정 값이 필요하다. 비록 보정장치를 이용하여 여러 방향으로 보정 절차를 수행함으로써 지상통신장비의 Roll과 pitch에 의한 고각 오차를 감소시키고자 하더라도, 야전이나 중계소의 상황에 따라 보정장치를 설치하기

위한 사방으로 노출된 공간이 필요하다는 제약을 가지고 있다. 특히 기존의 방식은 비행체의 위치를 추정하기 위한 방식이 아니라, 운용자가 지상통신장비의 안테나 구동부가 정상적으로 동작하는지를 확인하기 위한 참고 값으로만 사용하였으므로 정확한 방위각·고각 값을 요구하지 않았다.

상기의 문제를 해결하기 위해 비행하는 무인기를 이용하여 추적 오차 성분의 감소를 위한 보정을 수행함으로써 충분한 이격거리에서의 보정을 수행함과 동시에 비행경로의 누적에 따라 여러 방향에 대한 고각 오차를 획득하고 그 성능을 계속적으로 향상시킬 수 있는 적응형 방안을 제시한다.

무인기의 GPS 좌표정보 획득이 가능한 상황에서는 지상통신장비에서 비행체를 바라보는 방위각과 고각을 산술적으로 정확하게 연산할 수 있다. 이 때 안테나가 모노펄스 추적모드로 비행체를 지향하면, GPS 좌표를 이용하여 연산한 방위각·고각과 모노펄스 추적 방식으로 지향하고 있는 방위각·고각 사이의 차이를 획득할 수 있다. 이 차이는 비행체의 좌표 추정 오차를 의미한다. 비행 중 추정된 오차를 방위별로 획득하여 누적하면 높은 수준의 좌표 추정 결과를 얻을 수 있다.

그림 5는 무인기의 비행 중 Azimuth 및 Elevation 방향으로의 보정테이블을 갱신하기 위한 알고리즘을 도시한 것이다.

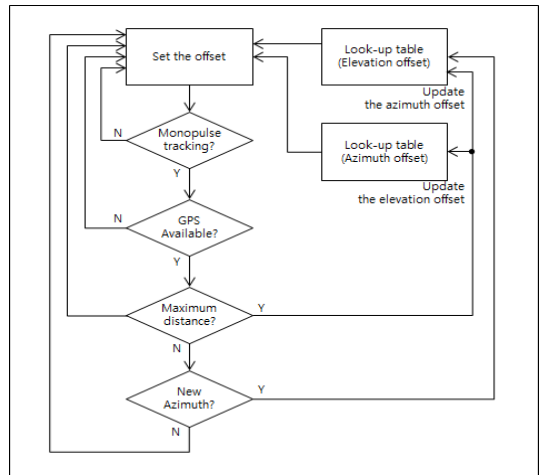


그림 5. 오차 보정 알고리즘 개념  
Fig. 5 The concept of error correction algorithm

무인기의 비행경로가 누적됨에 따라 좌표 추정 오차를 줄이기 위한 보정 값은 점차 정확해진다. 이 때 보정 오차는 무인기와 지상통신장비의 운용 거리가 멀수록 작아지므로 최대 거리로 운용되는 조건이 확인되면 방위각·고각 보정 값을 갱신한다. 방위각에 대한 보정 값과는 달리 고각에 대한 보정 테이블은 방위별로 관리되어야 한다. 왜냐하면 지상 안테나의 Pitch와 Roll에 의해 발생하는 오차는 방위별로 달라지기 때문이다.

### 2.3 거리 추정 방식 및 정확도 개선 방안

무인기의 거리 추정은 무선모뎀의 RTT를 이용한다. 탑재통신장비는 지상통신장비로부터 수신한 모뎀 프레임을 이용하여 송신 신호의 타이밍을 결정한다. 탑재통신장비의 수신부는 가드너 방식의 Timing error detector와 Loop filter 그리고 Interpolator로 구성되는 타이밍 동기부를 이용하여 프리앰블(Preamble)로부터 수신 타이밍 트리거를 획득한다. 이렇게 획득한 수신 타이밍 트리거로 송신부 프레임의 생성 시간을 결정한다.

그림 6은 무선모뎀 RTT를 이용한 거리측정 방식을 설명하는 개념도이다.

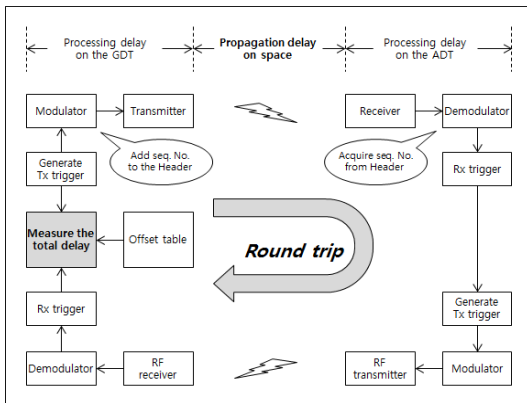


그림 6. Round trip을 이용한 거리 측정  
Fig. 6 Distance measurement using Round trip

가시선데이터링크는 전송률에 따라 가변적으로 무선모뎀의 웨이브폼(Waveform)과 대역폭을 변경하는 기능을 보유하고 있다. 그런데 전송률 변경은 탑재통신장비와 지상통신장비의 내부 처리 지연의 변화를

유발한다. 따라서 각 전송률별 오프셋 시간을 추출하여 RTT 측정 결과에 보정함으로써 무선 공간에서의 전파 지연을 더 정확하게 추정할 수 있다.

표 1은 웨이브폼별 심볼 시간과 LUT의 오프셋 설정 값을 보여준다.

표 1. 심볼 시간과 오프셋 시간  
Table 1. Symbol time and offset time

Band width	Symbol time	Offset
3MHz	4.34E-04 ms	0x9F9C
6MHz	2.17E-04 ms	0xA840
16MHz	8.68E-05 ms	0xCB58
30MHz	4.34E-05 ms	0xEE73

각 전송률별 오프셋은 지상통신장비 변조부와 송신기, 탑재통신장비의 수신기와 복조부의 처리 지연을 의미하여 심볼 시간 단위로 설정할 수 있다. 따라서 각 전송률별 거리측정 오차는 심볼 시간의 크기에 의존한다. 측정된 거리와 이론적인 예상 오차는 아래의 수식으로 표현할 수 있다.

$$L = \frac{t_{RTT} - (t_{Mod} + t_T + t_{Dem} + t_R)}{2} \times c$$

$$L_{error} = t_{symbol} \times c$$

여기서  $t_{RTT}$ 는 RTT 시간,  $t_{Mod}$ 는 변조부 처리시간,  $t_T$ 는 송신기 처리시간,  $t_{Dem}$ 는 복조부 처리시간,  $t_R$ 는 수신기 처리시간,  $t_{symbol}$ 는 심볼 시간 그리고  $c$ 는 광속을 의미한다.

### 2.4 성능 측정 결과

앞서 기술한 좌표 추정 개선 방안을 적용하여 실제 무인기의 좌표 추정 결과를 시뮬레이션하기 위해 그림 7과 같은 환경을 구성하여 추적 시험을 진행하였다. 제안된 지상통신장비에 대한 안테나 보정은 탑재통신장비의 이동 경로 상의 중간 저점에서 수행하였다.

그림 7과 같이 고정된 지상통신장비를 기준으로 약 9.55km 떨어진 위치 A지점에서 출발한 탑재통신장비가 출발지로부터 약 3.44km 떨어진 위치 B지점을 향해 시속 80km로 직선 이동하는 경우를 모의하였으며, 대역폭 30MHz를 사용하는 웨이브폼으로 설정하여 시

험을 진행하였다. 여기서 이동하는 탑재통신장비는 Hemisphere사의 V103을 이용하여 비행체의 복합항법 장치를 모의하였으며 그 성능 규격은 다음과 같다.

- Horizontal accuracy : 0.6m° @ 95%
- Message period : 20Hz

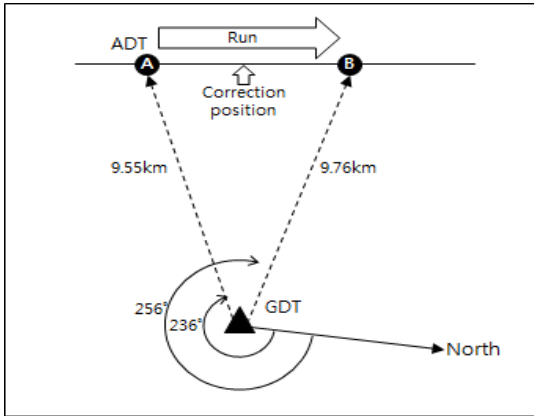


그림 7. 시험 구성 조건  
Fig. 7 Test condition

GPS에서 획득된 탑재통신장비의 위치정보는 데이터링크를 통해 지상통신장비로 전송된다. GPS로 측정된 위치정보와 모노펄스 추적모드에 의해 지향된 방위각·고각 결과를 서로 비교하여 추정된 값의 오차를 확인하였다. 그림 8은 탑재통신장비의 GPS 위치정보를 이용하여 연산된 실제 방위각·고각·거리와 모노펄스 추적 및 무선모뎀 거리추정 기능을 이용하여 추정된 방위각·고각·거리를 함께 도시한 것이다.

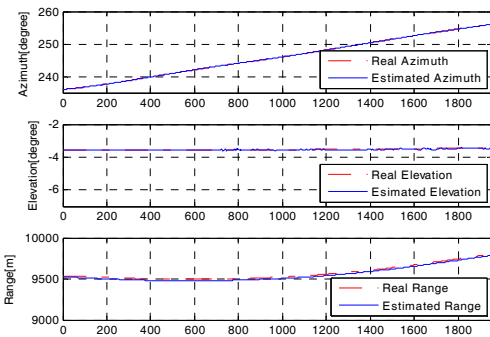


그림 8. 무인기의 위치 추정 결과  
Fig. 8 Result of Estimated Position for UAV

약 3.4km 떨어진 두 지점을 지나는 동안 전체 구간에서의 방위각 추정 오차는 약 0.0163° RMS, 고각 추정 오차는 0.0272° RMS, 거리 추정 오차는 약 17.79m RMS로 확인되었다. 거리 측정 오차는 표1의 심볼 시간을 이용한 동일 조건에서의 이론적인 계산 결과인 13.05m와 유사함을 확인하였다. 이 측정 결과를 이용하면 3차원 공간에서의 위치 추정 결과를 SEP(Spherical Error Probable)로 표현 할 수 있다. 아래의 수식은 직교좌표상의 3차원 공간에서 무인기가 50% 확률로 존재하는 구의 반경을 표현한 식이다.

$$SEP = 0.513(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$$

$$\approx 0.513(\sigma_\varphi + \sigma_\theta + \sigma_L)$$

SEP는 3차원 직교 좌표계에서의 각 축에 대한 오차를 이용하지만 운용 거리(L)가 멀어지는 경우 극좌표계의 결과를 이용하여 근사화 할 수 있다.

그림 9는 근사화 된 SEP를 도시한 것이다.

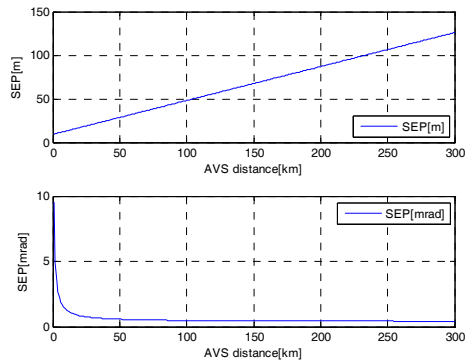


그림 9. 운용거리별 SEP  
Fig. 9 SEP by operating distance

시험 결과로부터 무인기가 약 10km 거리에서 비행하는 도중에 보정을 수행하는 조건하에서 새로운 보정 값의 갱신 없이 최대 300km까지 비행할 경우, 방위각 ±10° 범위 내에서 그림 9와 같은 수준의 SEP 성능을 보장할 수 있음을 알 수 있다. 무인기가 지상통신장비로부터 약 150km 거리에 있을 경우에는 약 68m, 300km 거리에 있는 경우에는 약 126m의 SEP 성능을 가짐을 확인하였다.

### III. 결 론

무인기 제작에 있어서 제한된 크기와 무게에 대한 제약 때문에 경량화 제작이 매우 중요하다. 따라서 내외적인 영향으로 1 nm/month 이하의 고성능 INS나 기지국을 이용하는 DME(Distance Measuring Equipment)와 같은 장치의 적용이 불가할 경우, 데이터링크를 이용한 비행체의 위치 추정 기능을 적용하면 무인기 위치 획득의 한계를 극복하는 데 활용될 수 있다.

본 논문에서는 지상통신장비의 모노펄스 추적 기능을 통해 획득한 방위각·고각 정보와 무선모뎀의 RTT 기능을 통해 획득한 거리 정보를 이용하여 무인기의 위치를 추정하는 방안을 제시하였다.

또한 운용 중인 비행체를 이용하여 방위각·고각 측정 정확도를 개선하는 방안과 전송률별로 데이터링크 내부 처리 지연을 보정함으로써 거리 측정 정확도를 개선하는 방안을 제시하였다. 개선된 모노펄스 추적 및 거리측정 기능을 통해 획득한 위치 추정 결과를 활용한다면 GPS 전파장애 환경에서도 무인기의 비행 및 임무 수행을 유지할 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 논문은 국방과학연구소의 지원으로 수행되었음.

### References

- [1] M. Srewal, L. Reill, and A. Pndrews, *Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration, Second Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- [2] J. Kim and J. Lyou "Research on the Method of a Composite Navigation Algorithm Using Aircraft Recorder Data," *Int. J. Aeronautical and Space Sciences*, vol. 36, no. 5, May 2008, pp. 462-471.
- [3] H. Yu, C. Kim, K. Yoo, Y. See, and H. Park, "An Attitude Error Estimation Performance Comparison of Tightly Coupled INS/GPS Navigation System using Different Measurements," *J. of the Korea Institute of Military Science and Technology*, vol. 14, no. 1, Feb. 2011, pp. 49-54.
- [4] S. Kumar and M. Suganthi, "Design of Accurate Navigation System by Integrating INS and GPS using Extended Kalman Filter," *Int. J. of Engineering Research & Technology*, vol. 4, issue 05, May 2015, pp. 803-808.
- [5] D. Gebre-Egziabher, J. Powell, and P. Enge, "A DME based area navigation systems for GPS/WAAS interference mitigation in general aviation applications," *IEEE Position Location and Navigation Symp.*, San Diego, USA, Mar. 2000, pp. 74-81.
- [6] Y. Jeon, "Extended Kalman Filtering for I.M.U. using MEMs Sensors," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 4, Apr. 2015, pp. 469-476.
- [7] H. Seo, S. Jung, M. Oh, D. Park and C. Sim, "A Study on DGPS Framework and Performance Evaluation for High-Accurate Localization based on GPS/AGPS," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 8, Sept. 2014, pp. 927-938.
- [8] K. Kim, "Analysis of Anti-Jamming Techniques for Satellite Navigation Systems," *J. of Korean Institute of Communications & Information Sciences*, vol. 38C, no. 12, Dec. 2013, pp. 1216-1227.
- [9] B. R. Mahafza, *Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2000.
- [10] H. Kwon, Y. Lee, and J. Jung "A Study on 1-Channel Monopulse Receiver," *J. of The Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 51, no. 1, Jan. 2014, pp. 71-76.
- [11] J. Park, and K. Choi, "Overview of sensor fusion techniques for vehicle positioning," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 2, Feb. 2016, pp. 139-144.

## 저자 소개



### **박재수(Jae-Soo Park)**

2008년 성균관대학교 정보통신학부  
졸업(공학사)

2008년 ~현재 한화시스템 선임연구원

※ 관심분야 : 데이터링크 시스템, 무선통신



### **송영환(Young-Hwan Song)**

2007년 숭실대학교 정보통신전자공  
학부(공학사)

2009년 숭실대학교 대학원 전자공  
학과(공학석사)

2009년 ~현재 한화시스템 선임연구원

※ 관심분야 : 데이터링크 시스템, 음성신호처리



### **이병화(Byoung-Hwa Lee)**

2006년 고려대학교 전자공학과 졸  
업(공학사)

2008년 고려대학교 대학원 전자공  
학과 졸업(공학석사)

2008년 ~현재 국방과학연구소 선임연구원

※ 관심분야 : 무인기 통신시스템



### **윤창배(Chang-Bae Yoon)**

1997년 한국해양대학교 전자통신공  
학과 졸업(공학사)

2002년 성균관대학교 전자공학과  
졸업(공학석사)

2009년 ~현재 한화시스템 수석연구원

※ 관심분야 : 데이터링크 시스템