

논문 2015-52-6-5

무인항공기 탑재 안테나 간 간섭을 고려한 안테나 최적 위치 분석

(Analysis of Optimum Antenna Placement Considering Interference
Between Airborne Antennas Mounted on UAV)

최재원*, 김지훈*

(Jaewon Choi[©] and Jihoon Kim)

요약

본 논문에서는 무인항공기에 탑재된 안테나 간의 간섭을 고려한 안테나 최적 위치 분석에 대해서 서술하였다. 분석은 전방향성 안테나들 중 운용 주파수 대역이 인접하고, 상호 간 이격거리가 가까운 곳에 위치한 안테나들을 선정하여 수행하였다. 분석을 수행한 안테나는 제어용 데이터링크, TCAS(Traffic Collision & Avoidance System), IFF(Identification Friend or Foe), GPS(Global Positioning System)와 RALT(Radar ALTImeter) 안테나들이다. 안테나 최적 위치 분석은 세 단계로 구분된다. 첫 번째 단계는 안테나 용도, 형상 및 방사패턴을 고려한 안테나 초기 위치 선정 후 안테나 장착 시 무인항공기 구조물에 의한 안테나 방사패턴과 반사손실 특성 변화를 관찰하여 최적의 특성을 갖는 지점을 선정하는 것이다. 두 번째 단계는 안테나 간의 결합특성과 송신 안테나의 불요파 세기 및 수신 안테나의 최저수신감도를 고려하여 안테나 간 간섭 정도를 분석하는 것이다. 간섭이 발생할 경우, 간섭이 미발생하는 최소이격거리를 분석하여 간섭이 발생하지 않는 최적 위치를 선정한다. 마지막 단계는 안테나 간 추가 거리 이격으로도 간섭이 제거되지 않을 경우, 안테나 간 주파수 이격 분석을 통한 주파수 간섭 대책을 확정하는 것이다. 이러한 분석 과정은 개발단계에서 안테나 간 간섭을 예측하여 간섭이 발생하지 않는 안테나 최적 위치 선정에 유용하게 사용된다.

Abstract

In this paper, the optimum antenna placement is analyzed by considering the interference between airborne antennas mounted on the unmanned aerial vehicle(UAV). The analysis is implemented by selecting the antennas that the distance and operational frequency band between airborne antennas is close to each other among the omni-directional antennas. The analyzed antennas are the control datalink, TCAS(Traffic Collision & Avoidance System), IFF(Identification Friend or Foe), GPS(Global Positioning System), and RALT(Radar ALTImeter) antennas. There are three steps for the optimum antenna placement analysis. The first step is selecting the antenna position having the optimum properties by monitoring the variation of radiation pattern and return loss by the fuselage of UAV after selecting the initial antenna position considering the antenna use, type, and radiation pattern. The second one is analyzing the interference strength between airborne antennas considering the coupling between airborne antennas, spurious of transmitting antenna, and minimum receiving level of receiving antenna. In case of generating the interference, the antenna position without interference is selected by analyzing the minimum separation distance without interference. The last one is confirming the measure to reject the frequency interference by the frequency separation analysis between airborne antennas in case that the interference is not rejected by the additional distance separation between airborne antennas. This analysis procedure can be efficiently used to select the optimum antenna placement without interference by predicting the interference between airborne antennas in the development stage.

Keywords : Unmanned aerial vehicle(UAV), antenna, coupling, interference

* 정희원, 국방과학연구소 제 7기술연구본부 UAV 체계개발단
(Agency for Defense Development Unmanned Aerial Vehicle Systems PMO)

[©] Corresponding Author(E-mail: choijw@add.re.kr)

Received ; December 30, 2014 Revised ; April 27, 2015 Accepted ; May 26, 2015

I. 서론

무인항공기는 최근 무기체계의 무인화 추세에 맞추어 감시정찰, 전투 등 다양한 분야에서 활용 및 관심이 점차 늘어나고 있다. 무인항공기는 작전반경, 운용고도, 체공시간 등에 따라 저고도, 중고도, 고고도 무인항공기 등으로 분류한다. 군사적 용도로는 전술, 전략, 특수임무 무인항공기로 구분한다. 본 논문에서 분석된 무인항공기는 Predator, Grey Eagle과 같은 전술급 이상의 대형 무인항공기이다. 최근 무인항공기는 수많은 감시, 정찰, 통신 장비들을 장착하고 있고, 그 외에도 항법, 통신링크, 데이터링크, 이외의 다른 응용분야들을 위한 더 많은 장비들이 장착되어 있다. 이들 장비 중 안테나를 사용하여 신호를 송수신하는 장비의 사용 주파수는 100MHz 대역에서 수 십 GHz까지 다양하게 분포하며, 장비 사용 목적에 따라 모노폴 안테나, 다이폴 안테나, 패치 안테나 등의 전방향성 안테나와 슬롯/패치 배열 안테나, 혼 안테나, 반사경 안테나 등의 방향성 안테나 등 여러 종류의 수많은 안테나가 사용된다. 하지만 무인항공기들은 항공기 기체에 의한 안테나 방사패턴과 반사손실 등의 변화가 발생하고, 이를 고려한 안테나가 최적의 성능을 낼 수 있는 공간은 매우 제한적이다. 특히, 상대적으로 넓은 면적을 차지하고 우선적으로 위치가 선정되는 위성 안테나, 영상레이다(Synthetic Aperture Radar, SAR) 안테나, 임무영상 전송을 위한 가시선 데이터링크 방향성 안테나 등의 배치 위치를 제외하면, 더욱 더 제한된 공간에 전방향성 안테나들이 인접하여 배치된다. 이와 같이 제한된 공간에 위치한 전방향성 안테나들 간 커플링은 크게 발생하여, 안테나 간 간섭 발생의 원인이 된다^[1~3].

전자기적 간섭은 불필요한 전자파 신호에 의해 원하는 신호의 탐지 및 해석에 간섭을 초래하거나 장비의 성능을 저하시키는 현상으로 전자장비 사용 시 항상 고려하여야 한다. 특히, 안테나를 사용하는 탑재장비 간의 전자기적 간섭은 한 장비 송신부에서 발생한 불오파가 다른 장비의 수신부에 들어가서 영향을 미치는 경우이다. 이를 방지하기 위해서는 일차적으로 사용 주파수를 서로 다르게 하고 주파수를 충분히 이격시켜야 한다. 하지만, 운용을 위해 사용 장비가 정해지므로 주파수 이격은 제한이 있으며, 할당된 주파수에서 간섭을 피할 수 있는 방법을 찾아야 한다. 또 다른 방법인 탑재 장비

성능 개선을 통한 간섭 회피 방법은 비용 및 중량 증가가 필연적이고, 추가 부품 설치를 위한 공간이 필요하기 때문에, 장비 설계 단계에서 안테나 간 간섭을 예측하여 간섭이 발생하지 않는 안테나 간 이격거리를 분석한 후 무인항공기 안테나 배치에 반영하는 것이 효율적이다.

본 논문에서는 무인항공기에 탑재된 안테나 간의 간섭을 고려한 안테나 최적 위치 분석에 대해서 서술하였다. 분석은 전방향성 안테나들 중 운용 주파수 대역이 인접하고, 상호 간 이격거리가 가까운 곳에 위치한 안테나들을 선정하여 수행하였다. 분석을 수행한 안테나는 제어용 데이터링크, TCAS(Traffic Collision & Avoidance System), IFF(Identification Friend or Foe), GPS(Global Positioning System)와 RALT(Radar AL-Timeter) 안테나들이다. 본 논문에서 제시한 분석 과정을 통하여 개발단계에서부터 안테나 간 간섭을 예측하여 간섭이 발생하지 않는 안테나 최적 위치 선정에 유용하게 사용 될 수 있다.

II. 본론

본 논문에서 분석을 위해 사용된 무인항공기 전체 모델이 그림 1에 나와 있다. EM 분석을 위해 형상을 단순화시켰다. 그림 2는 안테나 최적 위치 분석 과정을 보여준다. 우선, 개별 안테나 모델링을 수행하고, 안테나의 설계 목적에 적합한 성능을 발휘하기 위해 필요한 장착 조건을 고려하여 안테나 초기 위치 선정을 수행한다. 선정된 위치에서 무인항공기 기체 영향에 의한 방사패턴 및 반사손실 등의 안테나 특성 변화 분석을 수행한다. 특성이 불만족할 경우, 안테나 특성 변화 분석 결과를 반영하여 안테나 위치 재선정을 수행하고, 특성이 양호할 경우, 안테나 간 간섭분석을 수행한다. 간섭

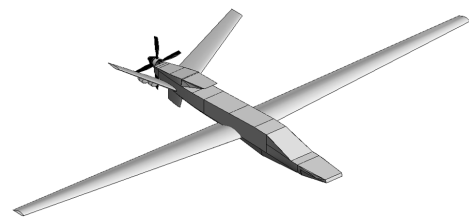


그림 1. 분석을 위한 무인항공기 전체 모델
Fig. 1. Unmanned aerial vehicle (UAV) full model for analysis.

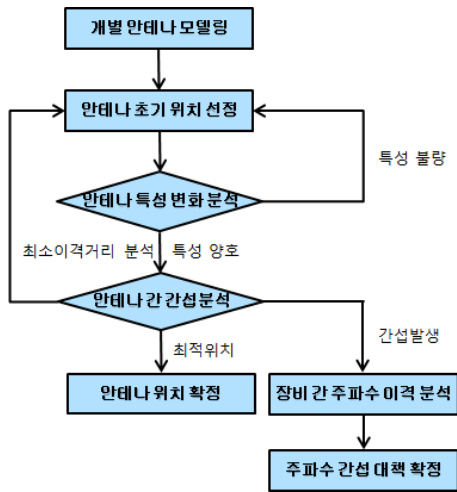


그림 2. 안테나 최적 위치 분석 과정
Fig. 2. Optimum antenna placement analysis procedure.

분석을 수행한 안테나들 사이에 간섭이 없을 경우, 안테나 최적 위치 분석을 완료하고, 간섭이 발생하는 안테나들은 상호 간에 간섭이 미발생하는 최소이격거리 분석을 수행하여, 위치 조정을 수행한다. 이 단계에서 무인항공기의 제한된 공간으로 최종 위치 선정이 불가능할 경우, 안테나 간 주파수 이격 분석을 통한 주파수 간섭 대책을 확정/수립한다. 안테나 초기 위치 선정, 무인항공기 기체 영향에 의한 특성 변화 분석 및 안테나 간 간섭분석은 제어용 데이터링크, TCAS(Traffic Collision & Avoidance System), IFF(Identification Friend or Foe), GPS(Global Positioning System)와 RALT(Radar ALTimeter) 안테나들을 대상으로 수행하였다.

1. 안테나 초기 위치 선정 및 특성 변화 분석

안테나 초기 위치는 장비의 용도를 고려한 장착 요구 조건과 위성 안테나, SAR 안테나, 가시선 데이터링크 방향성 안테나의 장착 위치를 고려하여 비행체의 상부와 하부에 그림 3과 같이 선정하였다. 제어용 데이터링크 안테나는 비행체의 제어명령, 상태정보 등의 송수신을 위한 것이므로, 비행체의 기동 조건을 고려하여 기동 시에도 통신이 원활하게 이루어지게 하기 위해서 상부와 하부에 배치하였다. TCAS 안테나는 타 비행체와의 충돌 방지를 위한 것이고, IFF 안테나는 피아식별을 위한 것이므로 제어용 데이터링크 안테나와 동일하게 비행체의 상부와 하부에 배치하였다. GPS 안테나는 GPS 위성으로부터 데이터 수신에 용이하여야 하므로 비행체

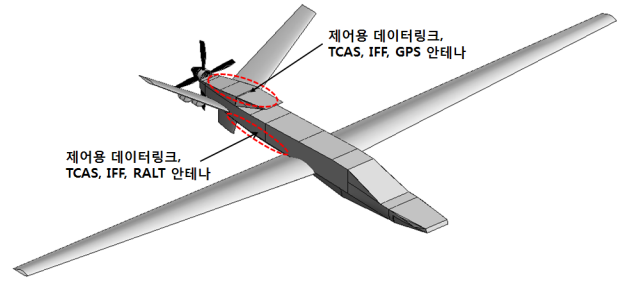
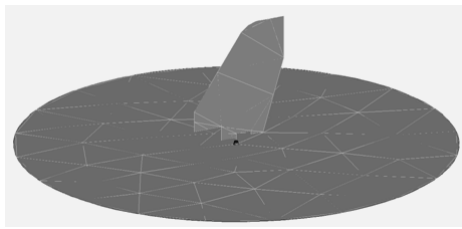


그림 3. 안테나 초기 위치
Fig. 3. Initial antenna position.

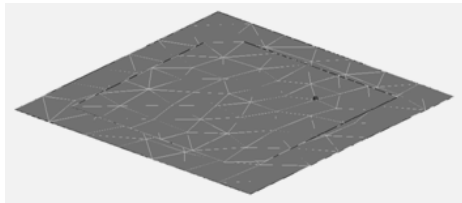
상부에 Clearance 확보가 원활한 곳에 배치하였다.

RALT 안테나는 송수신 신호를 통해서 비행체의 고도를 측정하는 것이므로 비행체 하부에 Clearance 확보가 원활하고, 각각의 송수신 안테나가 이격 요구조건을 만족시킬 수 있는 위치에 배치하였다.

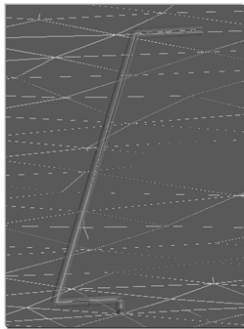
안테나 장착 위치에서의 안테나 특성 변화 분석을 위한 EM 분석은 FEKO를 이용하여 수행하였다. 시뮬레이션의 복잡도를 줄이고 분석시간과 메모리 이용도를 최소화하기 위하여 비행체의 복합체 구조를 레이돔 구조를 제외하고 PEC 모델로 간략화 하였다. 무인항공기가 전기적으로 매우 큰 모델이기 때문에 Multilevel Fast Multipole Method (MLFMM) 방식을 사용하여 분석하였다^[4~6]. 그림 4는 무인항공기 탑재 안테나 간 간섭 분석을 고려한 안테나 최적 위치 분석에 사용된 제어용 데이터링크, TCAS, IFF, GPS, RALT 안테나들의 FEKO에서의 형상을 보여준다. 제어용 데이터링크와 IFF 안테나는 블레이드 타입이고, TCAS와 GPS 안테나는 패치 타입이다. RALT 안테나는 1 X 2 패치 배열 안테나이다. 그림 5는 그림 4의 다섯 가지 안테나의 단품 방사패턴을 보여준다. 다섯 가지 안테나 모두 xz-plane(phi = 0도)과 yz-plane(phi = 90도)의 방사패턴을 보여준다. 그림 6은 장착 위치에 따른 특성 변화 분석을 위한 제어용 데이터링크 안테나의 장착 위치를 보여준다. 비행체 후방 하부에 총 열 가지 경우에 대해서 분석을 수행하였다. 그림 7은 비행체 후방 하부에 장착된 제어용 데이터링크 안테나의 장착 위치 별 평균 이득과 이득 편차를 보여준다. 평균 이득과 이득 편차는 통신 영역인 $90 < \theta < 150$ 와 $210 < \theta < 270$ 에 포함된 값을 기준으로 계산하였다. 그 결과 Case 1이 가장 큰 평균 이득과 가장 작은 이득 편차를 보였지만, Case 1의 위치 부근에 다른 용도의 안테나가 위치하고 있어서 Case 1으로의 위치 선정은 배제하였다. Case 1



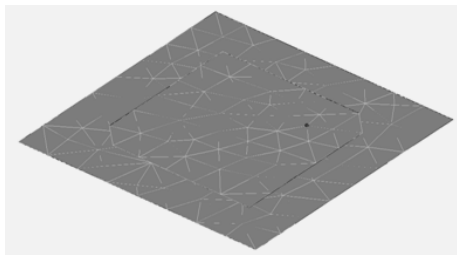
(a)



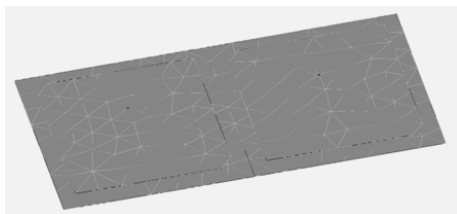
(b)



(c)



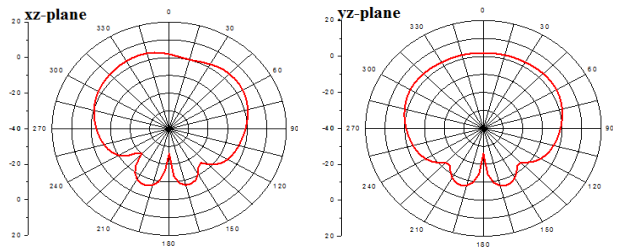
(d)



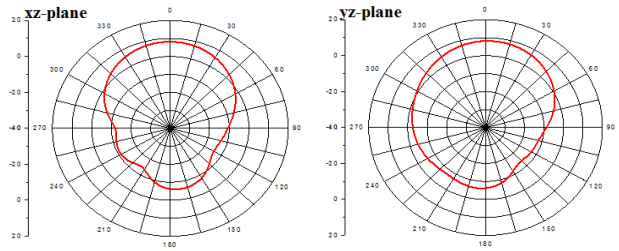
(e)

그림 4. 안테나 형상 (a) 제어용 데이터링크 안테나, (b) TCAS 안테나, (c) IFF 안테나, (d) GPS 안테나, (e) RALT 안테나

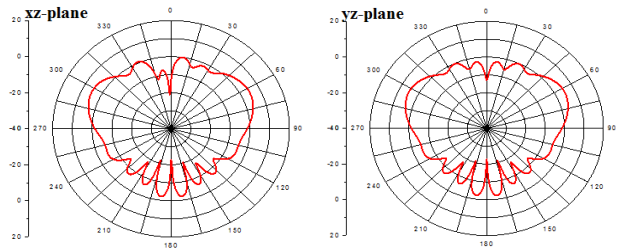
Fig. 4. Antenna configuration (a) Control datalink antenna, (b) TCAS antenna, (c) IFF antenna, (d) GPS antenna, (e) RALT antenna.



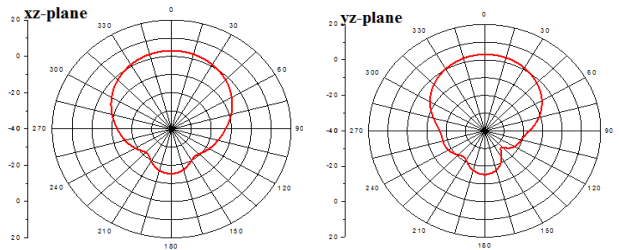
(a)



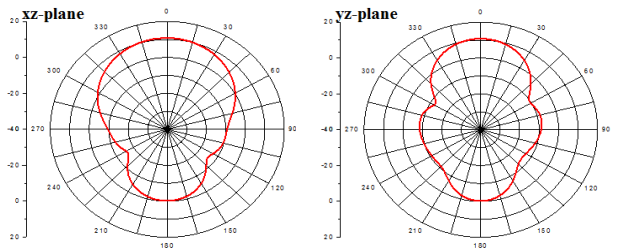
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 5. 안테나 방사패턴 (a) 제어용 데이터링크 안테나, (b) TCAS 안테나, (c) IFF 안테나, (d) GPS 안테나, (e) RALT 안테나

Fig. 5. Antenna radiation pattern (a) Control datalink antenna, (b) TCAS antenna, (c) IFF antenna, (d) GPS antenna, (e) RALT antenna.

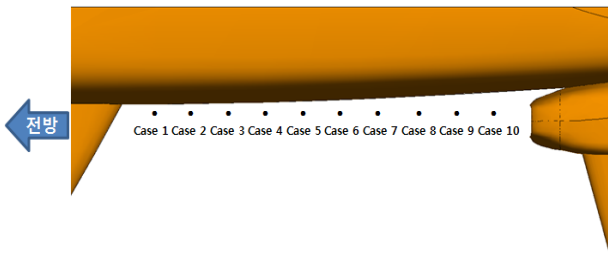
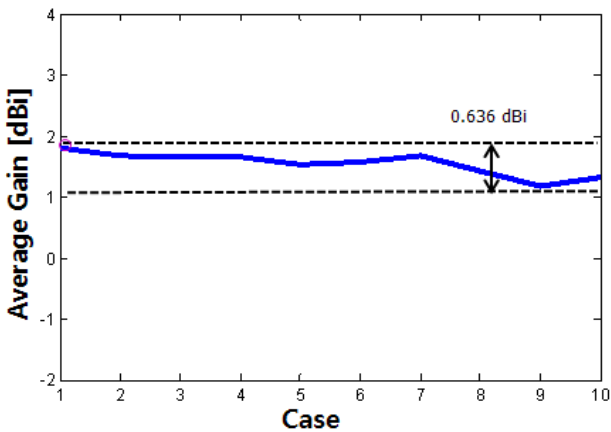
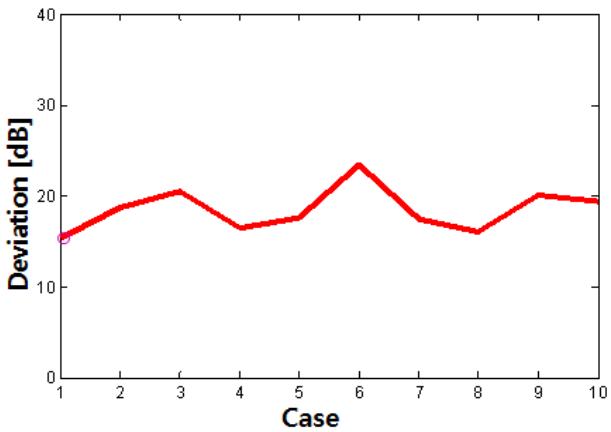


그림 6. 장착 위치에 따른 특성 변화 분석을 위한 제어용 데이터링크 안테나의 장착 위치

Fig. 6. Mounted position of control datalink antenna for analysis of property variation as mounted position.



(a)



(b)

그림 7. 제어용 데이터링크 안테나의 장착 위치에 따른 특성 변화 분석 결과 (a) 평균 이득, (b) 이득 편차

Fig. 7. Analysis results of property variation as mounted position of control datalink antenna (a) Average gain, (b) Gain deviation.

을 제외할 경우, Case 4와 Case 7이 평균 이득과 이득 편차 관점에서 가장 우수한 위치이며, 타 안테나와 관

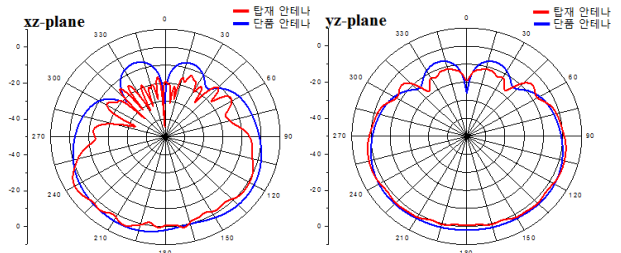


그림 8. Case 7 위치에 탑재된 경우와 단품일 때의 제어용 데이터링크 안테나의 방사패턴

Fig. 8. Radiation pattern of control datalink antenna in case of mounting Case 7 position and not mounting on vehicle.

계를 고려하여 Case 7으로 위치를 선정하였다. 그림 8은 Case 7 위치에 탑재된 경우와 단품일 때의 제어용 데이터링크 안테나의 xz-plane(phi = 0도)과 yz-plane(phi = 90도)의 방사패턴을 보여준다. 제어용 데이터링크 안테나를 제외한 나머지 네 가지의 안테나들에 대해서도 안테나 초기 위치 선정과 장착 위치 변화에 따른 특성 변화 분석의 동일한 과정을 통하여 위치 선정을 수행하였다.

2. 안테나 간 간섭분석

안테나 간 결합은 어느 한 안테나에서 방출된 에너지가 인접한 다른 안테나에 간접 혹은 직접적으로 유입되는 에너지 교류현상으로 결합계수로 표현된다. 안테나 간 결합계수는 안테나 간 이격거리가 원거리 조건을 만족하고 자유공간일 경우에 송신 대 수신 출력 비에 의해서 식 (1)과 같이 Friis 전송 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$S_{21} = \frac{P_r}{P_t} = \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_r G_t \quad (1)$$

식 (1)에서 G_r 은 수신 안테나 이득, G_t 는 송신 안테나 이득, R 은 송수신 안테나 간 이격거리, P_r 은 수신 전력, P_t 는 송신 전력을 나타낸다. 식 (1)에서 보듯이, 안테나 간 전력 전달 비는 안테나 간 이격거리(R)와 안테나 이득(G)에 영향을 받는다.

안테나 간 간섭에 의한 영향을 분석하기 위해 간섭분석이 필요한 개별 안테나의 등가모델링을 만들었으며, 이를 이용하여 무인항공기의 간섭 분석을 수행하였다. 간섭분석에서 사용된 무인항공기 탑재 안테나의 종류와 탑재 통신 장비의 성능은 표 1에 나와 있다. 안테나 간

표 1. 각 안테나의 탑재 통신 장비 특성
Table 1. Properties of airborne communication equipment of each antenna.

구분	제어용 데이터 링크	TCAS	IFF	GPS	RALT
주파수 (MHz)	xxx	10xx	10xx	12xx	4xxx
안테나 종류	블레이드	패치	블레이드	패치	1 X 2 패치배열
최저파 세기 (dBm)	-90	-73	-73	-	-100 (제어용 데이터 링크) -86 (TCAS, IFF) -89 (GPS)
최저수신 감도 (dBm)	-115.57	-77.00	-76.00	-130.00	-110.00
구분	송수신	송수신	송수신	수신	송수신

간섭분석을 위한 EM 분석은 FEKO를 이용하여 수행하였으며, 분석 조건 및 방법, 비행체 형상 조건 등은 안

테나 장착 위치에서의 안테나 특성 변화 분석과 동일하게 수행하였다. 표 2는 제어용 데이터링크, TCAS, IFF, GPS, RALT 안테나들 사이의 결합계수를 보여준다. TCAS 하부 안테나와 제어용 데이터링크 하부, IFF 하부, RALT 안테나들 사이의 간섭분석은 미수행하였다. 이는 TCAS 하부 안테나가 비행체 전방에 장착되어 있으므로, 비행체 후방에 장착되어 있는 제어용 데이터링크 하부, IFF 하부, RALT 안테나와의 이격거리가 충분히 멀기 때문이다. 또한, 상부와 하부에 장착된 안테나들 간의 간섭분석도 상부에서 하부로, 하부에서 상부로 전달되는 안테나 이득(에너지)이 매우 작으므로 미수행하였다. 이는 안테나가 장착된 비행체 외부 면이 접지면으로 설계되어 있기 때문이다. GPS 안테나는 수신만 하기 때문에 GPS 안테나에 의한 간섭영향 분석은 미수행하였다. 표 2에서 분석된 결합계수는 탑재 안테나 간 이격거리와 주파수 이격이 가깝고, 송수신 안테나 이득이 크면 커진다. 송수신 안테나 이득은 비행체 구조물에 의한 간섭과 비행체의 제한된 면적으로 인한 접지면적 차이로 인하여 비행체에 장착되었을 때와 단품일 때 서로 차이가 발생한다. 그러므로 식 (1)의 Friis 전송 방

표 2. 탑재 안테나 간 결합계수(단위 : dB)
Table 2. Coupling coefficient between airborne antennas(Unit : dB).

수신	제어용 데이터링크 (상부)	제어용 데이터링크 (하부)	TCAS (상부)	TCAS (하부)	IFF (상부)	IFF (하부)	GPS	RALT
송수신								
제어용 데이터링크 (상부)	-	-	-50.31	-	-26.13	-	-56.57	-
제어용 데이터링크 (하부)	-	-	-	미수행	-	-22.79	-	-52.28
TCAS (상부)	-57.94	-	-	-	-54.27	-	-66.29	-
TCAS (하부)	-	미수행	-	-	-	미수행	-	미수행
IFF (상부)	-43.69	-	-61.17	-	-	-	-62.96	-
IFF (하부)	-	-41.55	-	미수행	-	-	-	-64.72
GPS	-	-	-	-	-	-	-	-
RALT	-	-76.38	-	미수행	-	-58.82	-	-

표 3. 탑재 안테나 간 수신전력(단위 : dBm)

Table 3. Receiving power between airborne antennas(Unit : dBm).

송신 \ 수신	제어용 데이터링크 (상부)	제어용 데이터링크 (하부)	TCAS (상부)	TCAS (하부)	IFF (상부)	IFF (하부)	GPS	RALT
최저 수신감도	-115.57		-77.00		-76.00		-130.00	-110.00
제어용 데이터링크 (상부)	-	-	-140.31	-	-116.13	-	-146.57	-
제어용 데이터링크 (하부)	-	-	-	미수행	-	-112.79	-	-142.28
TCAS (상부)	-130.94	-	-	-	-127.27	-	-139.29	-
TCAS (하부)	-	미수행	-	-	-	미수행	-	미수행
IFF (상부)	-116.69	-	-134.17	-	-	-	-135.96	-
IFF (하부)	-	-114.55	-	미수행	-	-	-	-137.72
GPS	-	-	-	-	-	-	-	-
RALT	-	-176.38	-	미수행	-	-144.82	-	-

정식을 이용하여 안테나 간 결합계수를 정확하게 예측하는 것은 불가능하다. 그러므로 비행체 장착 시 생기는 기체 영향에 따른 안테나 특성 변화를 반영할 수 있는 전자장 수치해석 기법을 이용한 결합계수 분석이 반드시 필요하다. 표 3은 표 2에서 분석된 탑재 안테나 간 결합계수에 표 1에 나와 있는 송신 장비의 불요파 세기를 합한 값을 보여준다. 이 값은 수신 장비의 동작 주파수에 해당하는 송신 장비의 불요파가 수신 안테나에 수신된 값이다. 이 값을 수신 장비의 최저수신감도와 비교하여 탑재 안테나 간 간섭 발생여부를 판단할 수 있다. 수신 장비의 최저수신감도 보다 수치가 클 경우 간섭이 발생하는 것으로 판단할 수 있다. 제어용 데이터링크 하부와 IFF 하부 안테나 간 간섭분석에서 제어용 데이터링크 하부 안테나의 수신 전력과 최저수신감도는 -114.55dBm과 -115.57dBm이다. 수신 전력이 최저수신감도 보다 약 1dB 크므로, 제어용 데이터링크 하부 안테나가 IFF 하부 안테나에 의해 간섭 영향을 받는 것으로 판단할 수 있다. 이외에 다른 안테나들 사이에는 간섭 영향이 없는 것으로 분석되었다. 그림 2에 설명되어진 안테나 최적 위치 분석 과정에 따라 간섭이 발생하는 제어용 데이터링크 하부와 IFF 하부 안테나 사이

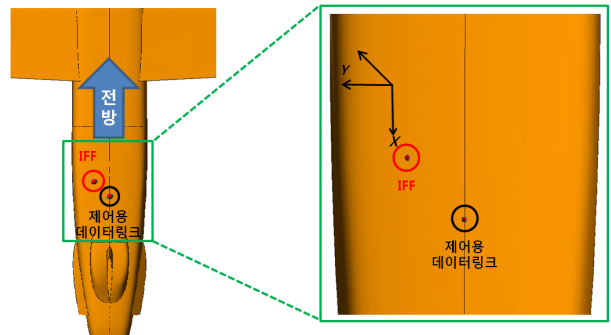


그림 9. 제어용 데이터링크 하부와 IFF 하부 안테나 간 간섭 미발생 최소이격거리분석을 위한 안테나 배치 형상

Fig. 9. Configuration of antenna placement for minimum separation distance analysis without interference between control datalink and IFF bottom antennas.

에 간섭이 미발생하는 최소이격거리분석을 수행하였다. 그림 9는 제어용 데이터링크 하부와 IFF 하부 안테나 간 간섭이 미발생하는 최소이격거리분석을 위한 안테나 배치 형상을 보여준다. 제어용 데이터링크 하부 안테나는 기존 위치에 고정시켜놓고, IFF 하부 안테나를 x축, y축, 대각선 방향으로 추가 이격시켜서 간섭 여부를 분

표 4. 추가 이격거리에 따른 제어용 데이터링크 하부와 IFF 하부 안테나 간 수신전력(단위 : dBm)

Table 4. Receiving power between control datalink and IFF bottom antennas as additional separation distance (Unit : dBm).

x축 \ y축	0mm	-20mm	-30mm	-40mm	-50mm
0mm	-114.55	-114.64	-115.23	-115.35	-115.61
20mm	-115.41	-115.82	-	-	-
30mm	-115.83	-	-116.46	-	-

석하였다. 표 4는 추가 이격거리에 따른 제어용 데이터 링크 하부와 IFF 하부 안테나 간 수신전력을 보여준다. 표 4에서 보듯이, x축 방향으로 -50mm 추가 이격, y축 방향으로 30mm 추가 이격, 대각선 방향으로 x축 -20mm, y축 20mm 추가 이격시켰을 때, 제어용 데이터 링크 장비의 수신전력이 최저수신감도인 -115.57dBm 보다 작아져서 간섭이 없어진다. 이와 같이 간섭이 발생한 탑재 안테나 사이에 간섭이 미발생하는 최소이격거리분석을 수행하고 비행체 구조와의 장착성을 고려하여 최종적인 안테나 최적 위치를 선정할 수 있다. 간섭이 발생한 탑재 안테나 간 추가 이격을 통해서도 간섭을 제거할 수 없을 경우에는 송신 장비의 종단에 들어가는 필터의 특성 개선을 통하여 불요파 세기를 감소시켜서 간섭을 제거하는 방법이 있다. 즉, 안테나 간 거리 이격이 아닌, 시스템 성능 개선을 통하여 간섭을 제거하는 것이다. 또는, 수신 장비의 최저수신감도를 키우는 방법이 있지만, 이 경우 시스템에서 요구하는 BER를 만족시키지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 무인항공기에 탑재된 안테나 간의 간섭을 고려한 안테나 최적 위치 분석에 대해서 기술하였다. 전방향성 안테나들 중 운용 주파수 대역이 인접하고, 근거리에 위치한 안테나들을 선정하여 분석을 수행하였다. 안테나 용도, 형상 및 방사패턴을 고려하여 안테나 초기 위치를 선정하였고, 선정된 초기 위치를 기

준으로 장착 위치를 변화시키면서 최적 위치를 선정하였다. 이때, 안테나 장착 시 무인항공기 구조물에 의한 안테나 방사패턴과 반사손실 특성 변화 등이 고려되었다. 탑재 안테나 하나만을 고려한 최적 위치 분석 후, 안테나 간 간섭분석을 수행하였다. 이때, 안테나 간의 결합특성과 송신 안테나의 불요파 세기 및 수신 안테나의 최저수신감도 등이 고려되었다. 간섭이 미발생하는 최소이격거리 분석도 수행하였으며, 이를 통하여 간섭이 발생하지 않는 최적 위치를 선정하였다. 본 논문에서 제시한 분석 과정을 통하여 개발단계에서부터 안테나 간 간섭을 예측하여 간섭이 발생하지 않는 안테나 최적 위치 선정에 유용하게 사용 될 수 있다.

REFERENCES

- [1] A. Ramirez, "A discussion on system design and operations," NTSB Forum on Safety of Unmanned Aircraft Systems, pp. 6-23, 2008.
- [2] I. Walter, E. Arnold, "Antenna coupling on electromagnetic large objects," GeMiC, pp. 172-175, 2005.
- [3] H. Yanchun, "Analyzing and calculating isolation between antenna on airplane wireless system," International Symposium on Electromagnetic Compatibility(EMC), pp. 378-381, 2007.
- [4] J. Choi, J. Kim, and E. Chung, "Optimum placement and shape of UHF monopole antenna mounted on UAV," Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 50, no. 9, pp. 2290-2295, 2013.
- [5] J. Kim, J. Choi, and E. Chung, "Placement optimization of airborne line-of-sight datalink directional antenna in UAV," Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 51, no. 4, pp. 694-700, 2014.
- [6] S. D. Keller, W. O. Coburn, S. J. Weiss, "Efficient electromagnetic modeling of bent monopole antenna on aircraft wing using FEKO," European Conference on Antenna and Propagation, pp. 2226-2228, 2009.

저 자 소 개



최 재 원(정회원)
 2006년 숭실대학교 정보통신
 전자공학부 학사 졸업.
 2008년 숭실대학교 정보통신
 공학과 석사 졸업.
 2011년 숭실대학교 전자공학과
 박사 졸업.

2012년~현재 국방과학연구소 선임연구원.
 <주관심분야 : UAV 데이터링크, RF 회로, 안테
 나, 메타물질, 무선 전력 전송>



김 지 훈(정회원)
 1996년 숭실대학교 정보통신
 공학과 학사 졸업.
 1998년 숭실대학교 전기공학과
 석사 졸업.
 2001년~현재 국방과학연구소
 선임연구원.

<주관심분야 : UAV 데이터링크, 안테나, 네트워크>