

논문 2023-4-8 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2023.12.08>

# 몬테카를로 방법 기반 SEAMCAT을 활용한 첨단공항무선통신망과 드론 간 간섭 분석

박유한\*, 이일규\*\*†

## Interference Analysis between Advanced AeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communication Systems) and Drones Using SEAMCAT Based on the Monte Carlo Method

Yu-Han Bak\*, Il-Kyoo Lee\*\*†

### 요 약

코로나19의 증가추세가 완화되면서 전세계적으로 국가간 이동에 대한 수요가 증가하면서 항공교통량의 지속적인 성장 추세에 따라 항공 여객 및 이러한 수요를 수용하기 위한 공항 내 이동지역에서 요구되는 데이터 트래픽이 증가하고 있다. 이를 해결하기 위해 많은 국가에서는 첨단공항무선통신망(Aeronautical Mobile Airport Communication System, AeroMACS)을 도입하고 있다. 우리나라는 AeroMACS와 같은 5.1GHz 대역에서 소방재난 임무용 드론을 운용하고 있다. 따라서 본 논문에서는 AeroMACS와 드론 간 간섭분석을 통하여 두 시스템이 공존할 수 있는 이격거리를 도출하였다. 몬테카를로 방법은 간섭의 정도를 확률로 도출하는 유용한 접근 방법으로 이를 기반으로 하는 SEAMCAT(Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)을 활용하여 간섭분석한 결과, 수신감도 -107.37 dBm에서 최대 25.2km의 일정한 이격거리를 둔다면 두 시스템의 공존 가능성이 존재함을 확인하였다.

### Abstract

With the gradual alleviation of the COVID-19 pandemic, there is a global surge in demand for international travel, leading to a continuous growth trend in air traffic volume. In response to accommodating air passengers and addressing this escalating demand, airports are experiencing an increased need for data traffic in their movement areas. To tackle this challenge, many countries are adopting the Advanced Airport Wireless Communication Network (AeroMACS). In South Korea, drones dedicated to firefighting and disaster response operate in the same 5.1 GHz band as AeroMACS. Therefore, this paper conducts interference analysis between AeroMACS and drones to determine the optimal separation distance for coexistence. Leveraging the Monte Carlo method, a valuable approach for probabilistically assessing interference, and utilizing the Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool (SEAMCAT), The interference analysis results indicate that, with a consistent separation distance of up to 25.2 km, the coexistence of the two systems is confirmed at a receiver sensitivity of -107.37 dBm.

**한글키워드 :** 간섭분석, 첨단공항무선통신망, 드론, 시뮬레이션 툴, 몬테카를로 방법

**keywords :** Interference analysis, AeroMACS, Drones, SEAMCAT, Monte Carlo method

\* 한국정보통신기술협회 & 공주대학교  
전기전자제어공학과

\*\* 공주대학교 전기전자제어공학과

† 교신저자: 이일규(email: leeik@kongju.ac.kr)

접수일자: 2023.11.30. 심사완료: 2023.12.15.

게재확정: 2023.12.20.

## 1. 서론

최근의 글로벌화 추세로 인해 국가 간 이동 수요가 늘어나면서 항공 교통량은 계속해서 성장하고 있다. 특히, 코로나19 완화 조치 이후 항공 교통량이 급증하면서 공항 운영을 위한 체계적이고 안전한 서비스가 필요해지고 있다. 이에 따라 공항 내 데이터 트래픽이 증가하고, 높은 전송률과 품질을 갖춘 통신망이 필수적으로 요구되고 있다. 이런 요구에 부합하여 항공기의 안전운항을 보장하고 원활한 항공교통 흐름을 유지하기 위한 항공 무선통신망 구축을 위해 UN 산하 유일 전기통신 분야 국제표준화를 관장하는 국제전기통신연합 전파통신부문(ITU-R)의 세계전파통신회의(WRC-07)에서 첨단공항무선통신 체계인 AeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communication System)에 할당된 주파수인 C-band의 5,091~5,150MHz 대역을 사용하도록 결의되었다[1]. '19년 기준으로 미국, 캐나다, 일본 등 11개국 50개 공항에서는 AeroMACS 인프라를 사용 중[2],[3]으로 우리나라도 2025년까지 AeroMACS 도입을 계획 중이다. 그러나 LTE를 주로 활용하나 특수지역 및 긴급상황 등을 고려하여 같은 5GHz 대역에서 보조대역으로 운용 중인 소방재난 임무용 드론으로 인해 상호 간의 간섭이 우려되어 공존을 위한 이격거리 산출이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 AeroMACS와 소방재난 임무용 드론 간의 최소 이격거리를 몬테카를로(MC: Monte Carlo) 방법을 활용하여 간섭분석을 수행한다[4]. 이를 위해 본 논문의 2장에서는 시뮬레이션을 위한 희생원과 간섭원을 설정하고 이를 기반으로 간섭 시나리오를 정의한다. 3장에서는 분석방법인 몬테카를로 방법을 통한 간섭보호기준을 마련하고 SEAMCAT에서 각 시스템의 성능 파라미터를 입력하고 시뮬레이션을 수행한다. 4장에서는 인접대

역과 동일대역에서 운영될 각각의 경우에 대한 간섭 분석 결과에 따른 이격거리를 제안하고, 마지막 5장에서 결론을 통해 드론으로부터 AeroMACS 운영에 지장을 주지 않기 위한 간섭 영향을 분석하여 두 시스템의 공존 방안을 제시한다.

## 2. 간섭 시나리오 개요

### 2.1 AeroMACS 개요

AeroMACS는 기존 항공 통신시스템의 혼란과 보안 취약성을 극복하여, 안전하고 효율적인 공항 이동 업무를 위한 핵심 기술로 급부상하고 있는 추세이다. 이 첨단 기술은 공항내 이동 지역(ramp)에서 사용자 간의 광범위한 이동 통신 네트워크를 통해 실시간 비디오, 그래픽, 음성 및 데이터 통신을 지원하며, 공항 장비의 원격 유지 관리와 공항 표면 움직임 모니터링 등 다양한 분야에서 서비스 불가 시 대체 가능한 시스템으로 활용된다.

이러한 AeroMACS는 2008년 국제민간항공기구(ICAO)에서 기술 표준을 승인한 후 2009년에 미국을 시작으로 캐나다, 일본 등 다양한 국가에서 널리 채택되었다. IEEE 802.16e 표준을 기반으로 하는 무선 통신 프로토콜로, 높은 데이터 전송 속도를 제공하여 공항 이동지역에서의 상황인식 부족으로 인한 사고를 예방하는 데 기여하고 있다. 우리나라도 인천공항에서 시범 서비스를 도입하며, 항공기 조정석 내 휴대용 태블릿을 통해 항공기의 위치정보, 이동경로 및 알람을 표출하는 기능인 AMMD과 램프버스 운행관리, FOD 탐지 시스템 등의 서비스를 제공할 예정이다[5]. AeroMACS는 2007년 ITU-R WRC-07에서 라이선스 없이 사용 가능한 ISM (Industrial, Scientific and Medical) 대역 중 하나인 C-band 내 5,091~

5,150 MHz 대역을 할당받아 국제적인 항공교통통신 분야에서 활용되고 있다.

표 1. AeroMACS의 특성  
Table 1. The parameter of AeroMACS

Item	Value
Frequency	5,091~5,150 MHz
Bandwidth	5 MHz
Power	27 dBm
Antenna height	13 m
Antenna pattern	MT-463029/NVH
Antenna gain	13.5 dBi
Antenna down tilt	-2°~+2°

간섭 시뮬레이션에 사용된 AeroMACS의 파라미터값은 표 1[6]과 같으며 시범적용했던 울진 비행장의 실제 운용 사양을 반영하여 설정하였다.

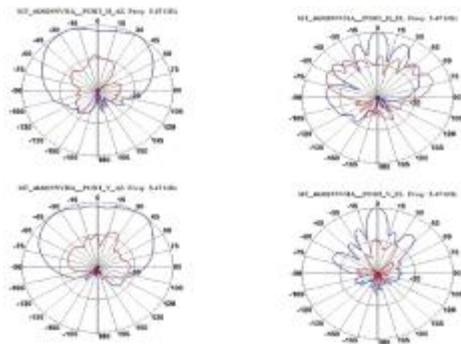


그림 1. AeroMACS BS의 안테나 패턴  
Fig. 1. The antenna pattern of AeroMACS BS

이때 AeroMACS 기지국(Base Station, BS) 안테나 패턴은 그림 1[7]과 같으며, 간섭 시뮬레이션 시 기지국 안테나 최대 이득 방향을 고려하여 수신되는 간섭의 크기가 제일 커지는 경우(worst case)는 BS 안테나 기준 방향(0°)과 무인항공기가 이루는 사이 각도가 -30°일 경우로 가정한다.

## 2.2 소방재난 임무용 드론 개요

소방재난 분야에서는 드론을 다양한 임무에 대한 대안으로서 주목받고 있다. 특히, 소방재난 임무용 드론은 기존의 무인항공기와는 다른 특화된 기능을 갖추고 있어, 소방공무원들이 직접적인 조종 없이도 신속하고 정확한 정보 수집 및 대응 작업을 수행할 수 있다.

표 2. 소방재난 임무용 드론의 특성  
Table 2. The parameter of fire and disaster response drone

Item	Value
Frequency	5,091~5,150 MHz
Bandwidth	5 MHz
Power	27 dBm
Antenna height	13 m
Antenna pattern	MT-463029/NVH
Antenna gain	13.5 dBi
Antenna down tilt	-2°~+2°

서울소방재난본부에서 운용 중인 소방재난 임무용 드론은 기본적으로 LTE 망을 사용하고 있지만, 특수 지역이나 긴급 상황을 고려하여 5,091~5,150 MHz 대역을 보조 대역으로 활용하고 있다. 특히, 국내 제조 제품은 이 대역을 활용하고 있으나, 외산 제품은 해당 대역을 사용하지 않고 있다. 표 2는 국내에서 사용되고 있는 소방재난 임무용 드론의 시스템 특성을 나타내고 있다.

## 2.3 간섭 시나리오 정의

무선 시스템 간 안정적인 서비스 운용과 유지를 위해 간섭분석은 간섭 링크의 간섭원에서 희생 링크의 희생원이 받는 간섭 정도를 분석하는 과정이다. 간섭원과 희생원은 각 통신 링크 내에 배치되어 있으며, 희생원의 서비스 반경 및 간섭원과의 거리에 따라 간섭 영향을 평가한다. 일반적인

간섭 분석 시나리오의 구성은 아래 그림 2와 같다.

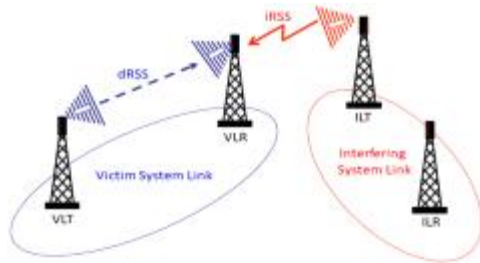


그림 2. 일반적인 간섭분석 시나리오 구성  
Fig. 2. Constructing a typical interference analysis scenario

이 중 ILT(Interfering Link Transmitter)와 ILR(Interfering Link Receiver), VLT(Victim Link Transmitter)와 VLR (Victim Link Receiver)는 각각 간섭 원과 희생 원의 링크에 구성된 송신기와 수신기로, 각 링크에는 전송 신호가 포함되어 있으며 희생 원인 VLR이 VLT로부터 받는 신호를 dRSS(desired Received Signal Strength)로 지칭하고 ILT로부터 받는 신호를 iRSS(interfering Received Signal Strength)로 표현한다.



그림 3. 간섭 시뮬레이션 시나리오  
Fig. 3. Simulation scenarios

그림 3과 같이 5 GHz 대역에서 소방재난 임무용 드론은 간섭원(ILT)의 역할을 하며, 동 대역의 AeroMACS는 희생원(VLR)으로 작용한다. 본 연구의 간섭분석은 AeroMACS와 소방재난 임무용 드론이 함께 공존하기 위한 최소 이격 거리를 도

출하는 것이다. 따라서 현장 환경에서의 실제 수치들을 간섭분석 시에 반영하고자 한다.

### 3. 간섭 분석방법 및 시뮬레이션

#### 3.1 몬테카를로 분석방법

몬테카를로 방법은 다양한 무선 시스템 관점에서 간섭의 정도를 확률적으로 정확하게 도출할 수 있는 수치학적이고 통계학적으로 유용한 접근 방법이다. SEAMCAT(Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)은 이 몬테카를로 방법을 기반으로 하여 간섭 분석을 위한 최적화된 프로그램으로 개발되었다. SEAMCAT을 통해 다양한 무선 시스템과 환경에서의 잠재적인 전파간섭과 그 원인을 분석할 수 있다[8].

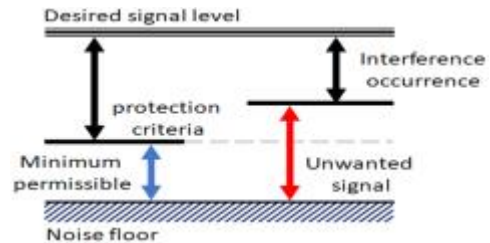


그림 4. 간섭보호기준에 따른 허용할 수 있는 간섭신호세기  
Fig. 4. Allowable interference signal strength according to interference protection criteria.

이때, 간섭의 정도는 iRSS와 dRSS 또는 iRSS와 잡음의 비로도로 분석되지만, 본 논문에서는 그림 4와 같이 희생원의 수신기를 대상으로 간섭 영향을 평가하는 요소 중 간섭신호를 얼마나 허용할 것인지를 고려하는 간섭 보호 기준을 반영한다. AeroMACS의 수신기가 간섭신호를 감지할 때, 그 간섭신호의 세기가 간섭 보호 기준치 이하로 수신된다면 수용할 수 있는 간섭 신호 세기로 간주된다. 따라서 간섭 보호 기준치에 따라 평가

결과값이 달라지며, 본 논문의 간섭 분석 시나리오에서는 SESAR 문서[9], SNR, I/N(Interference-to-Noise Ratio)을 고려하여 반영한다.

### 3.2 SEAMCAT 시뮬레이션 파라미터 정의

SEAMCAT 시뮬레이션 시 3.1장에서 언급한 SESAR 문서를 기반으로하는 수신기의 수신감도에 사용되는 파라미터는 표3과 같다. 표의  $F_s$ 는 샘플링 주파수(Hz),  $N_{FFT}$ 는 FFT 크기,  $N_{used}$ 는 사용된 부반송파의 수(FFT 크기에서 가드밴드 부반송파 수와 DC 캐리어값을 뺀 수치), ImpLoss는 채널 추정 오류, 양자화 오류 및 위상 잡등 등 비이상적 수신기 손실을 포함하는 구현 손실, NF는 수신기 잡음 지표, R은 반복 요소,  $SNR_{RX}$ 는 수신기의 신호 대 잡음을 의미한다.

이때, 전파환경이 최악일 경우를 가정하기 때문에 수신기의  $SNR_{RX}$ 값은 표4에 따라 5로 설정한다.

표 3. AeroMACS 수신감도의 특성  
Table 3. The parameter of AeroMACS sensitivity.

Item	Value
$F_s$	$5.6 \times 10^{-6}$
$N_{used}$	420
$N_{FFT}$	512
ImpLoss	5
NF	8 dB
R(repetition factor)	2
$SNR_{RX}$	5 dB

표 4. AeroMACS 수신기의 SNR  
Table 4. SNR of AeroMACS receiver.

Modulation	Coding rate	SNR(dB)
QPSK	1/2	5
QPSK	3/4	8
16-QAM	1/2	10.5
16-QAM	3/4	14
64-QAM	1/2	16

### 3.3 SEAMCAT 시뮬레이션 수행

SEAMCAT 시뮬레이션은 2장과 3장의 각 시스템 및 수신감도 특성을 고려하여 희생원 파라미터, 간섭원 파라미터, 희생원과 간섭원 간의 시나리오 설정, 간섭수행 횟수 및 간섭분석에 적용할 간섭기준 설정, 간섭결과 도출 및 분석의 순서로 수행하게 된다. 간섭원과 희생원의 파라미터 설정 시 주파수, 수신기, 송신기, 송·수신기 링크를 각각 설정하게 된다.

먼저 희생원 파라미터 값으로 주파수 설정을 그림 5와 같이 General에서 Default Frequency (=5,100MHz)로 중심주파수에 맞춰 설정한다.

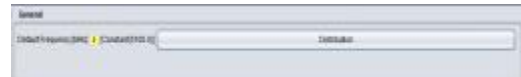


그림 5. 희생링크 주파수 설정  
Fig. 5. Setting the Victim Link Frequency

그리고 그림 6, 7과 같이 수신기의 안테나 높이 (=13 m), 안테나 이득(=13.5 dBi), 채널 주파수 대역(=5 MHz)로 설정하고 Sensitivity, C/I 값 등 간섭기준은 설정 기준에 맞춰 수행한다.

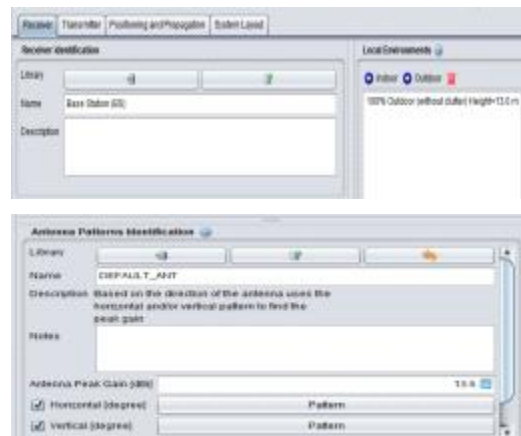


그림 6. 희생링크 수신기 높이 및 이득 설정  
Fig. 6. Setting the Victim Link Receiver Height and Gain



그림 7. 희생링크 수신기 수신 특성 및 간섭 기준 설정  
Fig. 7. Setting Receiver Characteristics and Interference Criteria for the Victim Link Receiver

희생링크의 송신기는 그림8과 같이 송신기의 안테나 높이(=1.5 m), 방사 특성( =33 dBm)을 설정하고, 그림 9와 같이 Propagation Model에서 Library 내에 존재하는 자유 공간 모델(Free Space)[10]을 불러와 설정한다.



그림 8. 희생링크 송신기 높이 및 방사특성  
Fig. 8. Setting the Transmitter Height and Radiation Characteristics for the Victim Link



그림 9. 희생링크 송·수신기 간 전파모델 설정  
Fig. 9. Setting the Propagation Model between the Transmitter and Receiver of the Victim Link

다음으로 간섭원의 경우 희생링크처럼 주파수 설정을 그림 5와 같이 General에서 Default Frequency (=5,100MHz)로 중심주파수에 맞춰 설정하되, 인접대역에서 시험 할 경우 중심주파수를 변경하여 반영한다.

희생링크와 같은 방법으로 수신기의 안테나 높이, 안테나 이득, 채널 주파수 대역, Sensitivity, C/I 값등을 표2에 맞춰 설정하여 수행한다.

그 다음 간섭원에 따른 간섭 영향 분석은 그림 10과 같이 Relative Positioning에서 Mode (=Standard)를 설정한 후, Reference component(=ILT), Position relative to(=VLR) 및 Delta X(=0 km), Y(=0 km)를 설정한다. 'None' Configuration에서 Simulation radius(=200 km)로 설정한다.

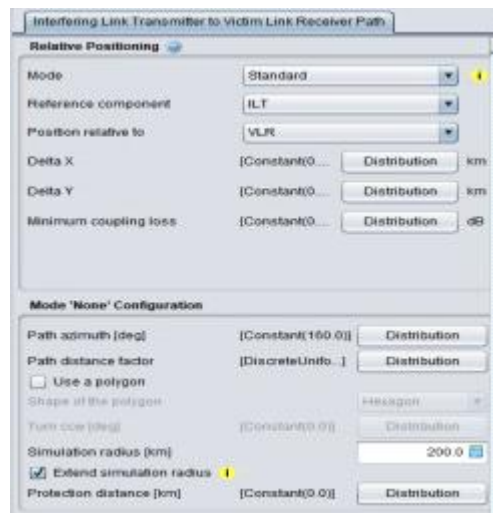


그림 10. 간섭원에 따른 간섭 시나리오 설정  
Fig. 10. Setting Interference Scenarios Based on the Interfering Source

그림 11과 같이 Propagation Model에서 Library 내에 존재하는 Free Space를 불러온다.



그림 11. 희생링크와 간섭링크 간 전파모델 설정  
Fig. 11. Setting the Propagation Model

#### 4. 간섭 분석 결과

##### 4.1 인접대역에서 운용되는 경우

AeroMACS 주파수 대역인 5,091~5,150 MHz에서 운용 중인 것을 전제로, 이 대역과 이웃한 주파수 대역에서 소방재난 임무용 드론을 운용한다고 가정한다. ICAO 정보 문서에 따르면, 인접대역(5 MHz offset)에서의 간섭 허용 수준은 -35 dBm으로 설정되어 있다. 이는 AeroMACS 대역 폭 내의 전력이 아닌, 이웃 채널에서 드론의 대역 폭 내의 전력을 나타낸다. AeroMACS 기지국 안테나의 주 방향(0°)과 드론의 top-view 각도가 -30°(최악의 경우)인 상황에서 SEAMCAT을 활용한 간섭 시뮬레이션 결과는 그림 12와 같이 0~1,000m의 지상 거리에서 모든 간섭 허용 수준을 만족한다는 결론을 도출했다.

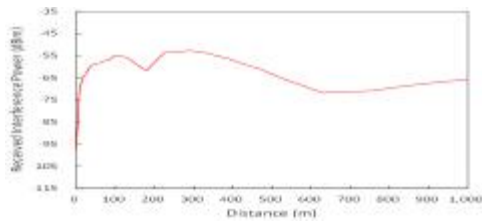


그림 12. 인접대역 운용 시 간섭분석 결과  
Fig. 12. Interference analysis result when operating adjacent band

##### 4.2 동일대역에서 운용되는 경우

최악의 무선통신 환경을 고려하기 위해 동일대역에서 두 시스템을 운용하였을 때 몬테카를로 방법을 통한 간섭분석 결과는 다음과 같다.

희생원의 수신 감도는 -92.37 dBm이며, 수신기의 신호 대 잡음 비는 표4를 참고하여 QPSK 변조, 1/2 코딩 비율에서 5 dB로 설정하였다. 또한, ITU에서 규정한 통신 시스템 간섭 분석에서는 일반적으로 간섭 신호가 잡음 신호보다 6 dB, 10 dB 더 낮은 값을 나타내는 I/N= -6 dB와

I/N=-10 dB 기준을 활용하여 수신 감도에 대한 이격 거리를 고려하여 SEAMCAT을 이용한 몬테카를로 방식의 간섭 분석은 수신 감도 -92.37 dBm을 기준으로 수신기의 신호 대 잡음 비, I/N을 고려하여 시뮬레이션을 수행했다.

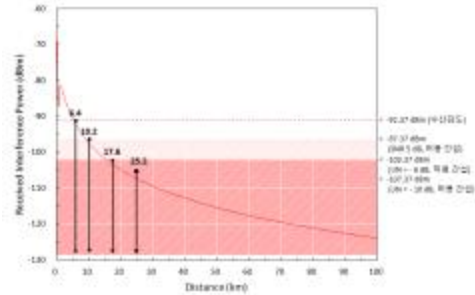


그림 13. 동일대역 운용 시 간섭분석 결과  
Fig. 13. Interference analysis result under Simultaneous Frequency Operation

분석 결과는 그림 13과 같이 나타났으며, AeroMACS와 소방재난 임무용 드론이 동일 주파수 대역 중심 주파수 5,100 MHz에서 운용할 경우 허용 간섭 I/N이 -10 dB에서 최소 25.2 km 이상의 보호 이격 거리가 필요함을 확인했다.

#### 5. 결론

AeroMACS는 공항 이동지역(ramp)에서 차량, 장비, 공항 종사자, 항공기 등 다양한 위협에 대응하기 위해 국내외에서 활용되고 있는데, 이는 높은 품질의 고속 통신, 시스템 호환성, 우수한 시스템 보안으로 공항 운영 성능을 향상시키고 기상 악화 또는 상황인식 부재로 인한 안전 위협을 극복하는데 기여하고 있다. 한국 또한 인천공항 등에서 AeroMACS의 시범 서비스를 도입하고 있으며, 주변이나 동일한 주파수를 사용하는 무선통신 시스템이 있다면 전파간섭이 발생할 수 있는 가능

성이 있다. 본 논문에서는 AeroMACS와 인근 또는 동일 주파수 대역에서 운용 중인 드론과의 간섭분석을 수행하였다. 몬테 카를로 방법을 기반으로 하는 SEAMCAT 시뮬레이션을 이용하여 AeroMACS 기지국 안테나 이득이 최대인 방향에 드론이 존재하는 최악의 경우에서의 간섭 분석 결과, 인접 대역에서 0~1,000m 내에서는 모든 간섭 수준이 -35 dBm의 간섭 허용 수준을 만족시켰으며, 인접 대역 사용 시에는 간섭이 없음을 확인하였다. 동일 대역에서 최소 수신 감도인 -92.37 dBm에서의 최소 이격 거리는 6.4 km이며, 추가적인 간섭 허용치 10 dB까지 고려할 때, 수신 감도가 -107.37 dBm에서의 최소 25.2 km 이상의 보호 이격 거리가 요구되어짐을 분석 결과로 확인하였다. 또한, 최악의 경우는 AeroMACS 지향성 안테나가 무인 항공기 신호를 정면에서 수신하는 상황으로, 무인 항공기의 이동성을 고려하면 확률적인 간섭 발생 가능성은 극히 미미할 것으로 예상된다. 이러한 간섭 분석 결과를 통해 일정한 이격 거리 기준을 마련할 때 AeroMACS와 무인 항공기 간의 공존 가능성을 확인하였다.

### 참 고 문 헌

- [1] ITU. (2007). Considerations for Use of the Band 5,091~5,150 MHz by the Aeronautical Applications. FINAL ACTS WRC-07. (pp. 422-423). Geneva : ITU.  
[https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/act/R-act-WRC.8-2007-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-act-WRC.8-2007-PDF-E.pdf)
- [2] K. Y. Sohn, Y. O. Park. (2012, Apr.). Technology trends on AeroMACS system. Electronics and Telecommunications Trends, vol. 27, no. 2. (pp. 11-20). Daejeon : ETRI.  
[https://ettrends.etri.re.kr/ettrends/134/0905001700/27-2\\_011-020.pdf](https://ettrends.etri.re.kr/ettrends/134/0905001700/27-2_011-020.pdf)
- [3] I. K. Lim, J. Y. Kang. (2019, Oct.). Utilization of AeroMACS infrastructure for airports and airlines. Journal of Advanced Navigation Technology, vol. 23, no. 5 (pp. 373-379).  
<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtoView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART002523007>
- [4] European Communications Office. (2010). SEAMCAT® (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool). Europe : ECO <http://www.ero.dk/seamcat>
- [5] Y. H. Bak. (2023). A study on the coexistence of Aeronautical Mobile Airport Communication Systems and Unmanned Aerial Vehicles in the 5 GHz Band. JKIEES, vol. 34, no. 7, pp. 497~504. DOI: <https://doi.org/10.5515/KJKIEES.2023.34.7.497>
- [6] N. Yonemoto, N. Kanada, A. Kohmura, S. Futatsumori, K. Morioka, and Y. Sumiya. (2014). Interference evaluation from adjacent channel in 5 GHz band.. USA : ICAO.  
<https://www.icao.int/safety/acp/ACPWGF/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2fsafety%2facp%2fACPWGF%2fACP%2dWG%2dF%2d31&FolderCTID=0x012000C5EA3D5EC521BD4EB177DB3692EE06C1004AE5E3CA4B43024983D017A05C27C82C>
- [7] Wireless Edge. (2020). MT-463029 / NVH, 4.9 - 5.95 GHz 13 dBi 120° Dual Pol Sector Antenna. Wireless Edge.  
<https://www.mtiwe.com/wp-content/uploads/pdf/MT-463029NVH.pdf>, 2020.
- [8] ITU. (2017, Jun.). Monte Carlo Simulation Methodology for the Use in Sharing and Compatibility Studies between Different Radio Services or Systems(Recommendation ITU-R SM.2028-2).  
<https://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2028-2-2017>
- [9] ALBERTO MARTINEZ ALBACETE. (2010). AeroMACS system requirements document. SESAR Joint Undertaking.



[https://www.icao.int/safety/acp/acpwgf/acp%20s%20test/aeromacs\\_system\\_requirements\\_document\\_v1.0.pdf](https://www.icao.int/safety/acp/acpwgf/acp%20s%20test/aeromacs_system_requirements_document_v1.0.pdf)

- [10] ITU-R. (2019, Aug.). Calculation of Free-Space Attenuation(Recommendation ITU-R P.525-4).  
"https://www.itu.int/dms\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.525-4-201908-I!!PDF-E.pdf", Aug. 2019.

— 저 자 소 개 —



박유한(Yu-Han Bak)

2013.8 인하대학교 정보통신공학부 졸업  
2016.2 인하대학교 정보통신공학과 석사  
2016.8-현재 : 한국정보통신기술협회 책임  
2019.3-현재 : 공주대학교 전기전자제어공  
학과 박사과정  
<주관심분야> 잔파간섭, 이동통신 시스템



이일규(Il-Kyoo Lee)

1992.2 충남대학교 전자공학과 졸업  
1994.2 충남대학교 전자공학과 석사  
2003.2 충남대학교 전자공학과 박사  
1997-2004 ETRI 선임연구원  
2012-2013 : 미국 조지아텍 교환교수  
2004-현재 : 공주대학교 전기전자제어공학  
부 교수  
<주관심분야> RF 시스템, 스펙트럼 공학,  
이동통신 시스템