

## 예초기(Lawn mower)에 의한 항공이동통신시설 간섭 분석

# Interference Analysis of ATC System by Lawn Mower

이 두 현<sup>1\*</sup> · 강 영 흥<sup>2</sup>

군산대학교 전자정보공학부

군산대학교 컴퓨터정보통신공학부

Doo-Hyun Lee<sup>1\*</sup> · Young-heung Kang<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>School of Electrical & Information Engineering, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

<sup>2</sup>School of Computer, Information & Communication Engineering, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

### [요 약]

항공무선표지소는 항공이동통신시설(U/VHF송수신기) 및 다양한 항행안전시설을 통해 항공기에게 하늘길을 만들어 주고 안전하게 비행할 수 있도록 도와주는 역할을 하고 있다. 항공기에게 정확하고 안전한 신호를 끊임없이 제공해야 하기 때문에 주변의 큰 수목이나 잡초등을 제거할 필요가 있다. 조경시설의 효율적 관리를 위한 예초작업 중 예초기(Lawn Mower)에 의한 잡음 유입으로 관제업무에 지장을 초래하는 사례가 발생하고 있다. 이에 따라, 예초기가 항공이동통신시설에 어떤 영향을 주는지 분석하기 위해 4행정, 2행정, 배터리형 3가지 종류의 예초기를 대상으로 항공이동통신시설에 대한 간섭 영향 분석을 진행하였고 분석 결과 2행정 예초기가 항공이동통신시설에 크게 영향을 미친다는 점을 알 수 있었다.

### [Abstract]

The Air Radio Station plays a role in creating skyways for aircraft and helping them fly safely through aviation mobile communication facilities (U/VHF transceivers) and various navigation safety facilities. It is necessary to remove large trees and weeds around the aircraft because accurate and safe signals must be provided without interruption. During the mowing work for the efficient management of landscaping facilities, there have been cases in which noise is introduced by Lawn Mower, which hinders control work. Accordingly, in order to analyze how mower affects air mobile communication facilities, the interference effect on air mobile communication facilities was analyzed for four types of mower, two-stroke, and battery type. As a result of the analysis, it was found that the two-stroke mower greatly affects air mobile communication facilities.

**Key word** : ATC Communication System, Frequency Interference, Lawn Mowe.

<https://doi.org/10.12673/jant.2022.26.5.338>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 2 September 2022; Revised 5 October 2022

Accepted (Publication) 26 October 2022 (30 October 2022)

\*Corresponding Author; Doo-Hyun Lee

Tel: +82-43-290-2351

E-mail: LDH77@airport.co.kr

# 1. 서론

## 1-1 추진배경

항공무선표지소(이하 표지소)는 항공기가 출발해서 목적지 공항까지 안전하게 도착하기 위해 필요한 전방향무선표지시설(VOR), 거리측정시설(DME), 전술항행표지시설(TACAN) 및 항공이동통신시설(U/VHF 송수신기)을 관리하는 곳이다[1-2]. 이 시설들은 지상 고속도로의 이정표처럼 목적지의 방향과 거리를 항공기에게 알려주어 하늘길을 만들어 주는 역할과 조종사와 관제사간 의사소통을 위한 음성통신서비스를 제공하는 역할을 하며 항공기의 안전운항에 있어서 필수적인 시설이다. 한국공항공사는 전국 하늘길을 만들어주는 표지소를 전국에 10곳 운영하고 있다. 이러한 시설들의 무중단 운영을 위하여 각 표지소별 2~6명의 종사자가 근무하고 있다. 또한 표지소는 항공기에게 정확하고 안전한 신호를 끊임없이 제공해야 하기 때문에 대부분 장애물이 없는 산 정상에 위치하고 있다. 하지만 주변의 큰 수목이나 잡초등으로 인해 표지소 주변 전파환경이 영향을 받고 있어 조경시설의 효율적 관리와 제초작업 직접 시행에 따른 잠재적 위험성을 제거하기 위해 제초작업을 시행하고 있다. 그 과정에서 제초작업 중 예초기 사용에 의해 항공이동통신주파수 잡음 유입으로 관제업무에 지장을 초래하는 사례가 발생하고 있다.

## 1-2 항공이동통신 시설 개요

항공이동통신시설은 항공교통관제업무를 지원하기 위한 기본적인 시설로서, 관제사와 조종사 간의 음성통신 또는 데이터 통신 서비스를 제공하는 시설이다. 사용용도에 따라 U/VHF, HF 대역의 주파수를 사용하며, 각기 다른 주파수를 가진 다수의 송수신기와 음성통신제어장치(VCCS), 그리고 녹음시설, ATIS, 비상송수신기등의 주변장치들로 구성되어 있다[3].

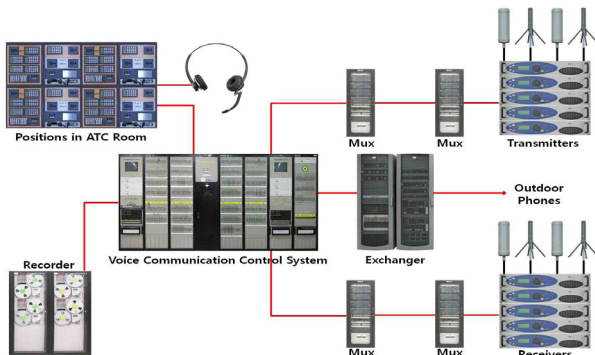


그림 1. 항공이동통신 시설 구성도  
Fig. 1. Air Traffic Communication(ATC) System.

일반적으로, UHF/VHF 대역의 송수신기는 수십 해리(Nautical Mile) 범위의 단거리 구역 내에 위치한 항공기와 통신

하는데 사용되어지며, 수백 또는 수천 해리 떨어진 장거리 구역에 위치한 항공기와는 HF 시설을 이용하여 통신한다. 음성통신제어장치(VCCS)는 관제사가 각기 다른 다수의 송수신기와 유선장치 등을 제어 할 수 있도록 다양한 기능을 제공하며, 모든 관제업무용 통신은 녹음장치에 저장되어진다. 출발과 도착 절차에는 UHF와 VHF 대역의 전파를 사용하여, 직접 전파를 송수신하는 방식을 사용한다[4]. 전파의 감쇄가 크기 때문에 단거리 통신에 사용되며, UHF 대역의 주파수는 군용 항공기 또는 헬리콥터와 같은 특수목적 항공기와의 통신에 사용하는 반면, 민간 항공기와의 통신에는 VHF 대역의 주파수를 사용하는데, 국제민간항공기구(ICAO)에서 사용 주파수 대역을 지정한다[5].

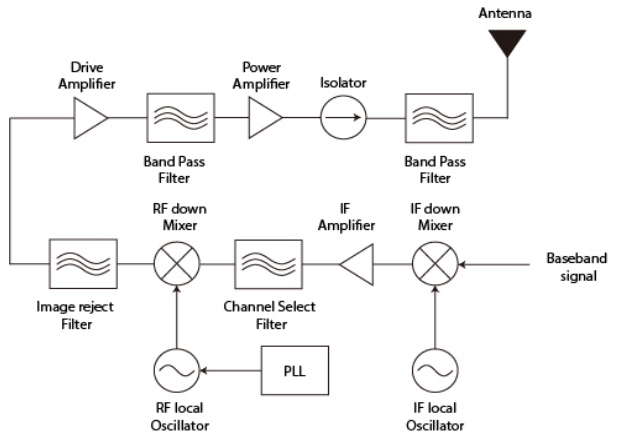


그림 2. 항공이동통신 시설 송신기  
Fig. 2. ATC System Transmitter.

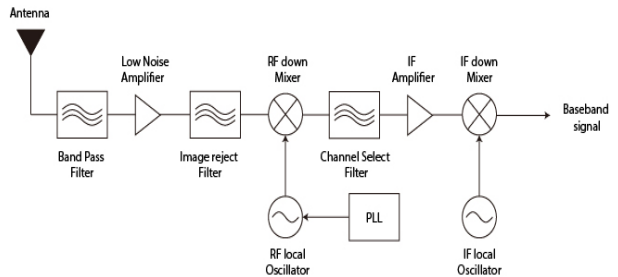


그림 3. 항공이동통신 시설 수신기  
Fig. 3. ATC System Receiver.

## 1-3 해외 잡음 유입 사례

2001년 미국 마이애미 항로상에서 134MHz 대역에서 동작하는 항공이동통신시설에 대한 주파수 간섭 사례가 여러 차례 있었다. 이 간섭은 마이애미 지역과 바하마에서 나오는 신호로 인해 발생하였다. 조사결과, 이 간섭의 원인은 미국으로 수입된 ‘고출력 무선전화기’가 원인인 걸로 파악됐다. 미국에서는 이런 전화기의 사용을 금지하고 있지만 마이애미 지역에 있는 여러 제조업체와 수입업체가 최대 50 Km의 범위를 송출하는 무선 고출력 무선 전화기를 생산 및 판매한 것이다. 즉각적인 조

치를 위해, 미 연방항공청(FAA)는 민간 부문에 대한 정책을 수립하는 미국 무선 규제 기관인 연방통신위원회 집행국의 대표들을 만나 제조 및 판매 출처를 조사하고 간섭을 완화하기 위한 조치를 취했다[6].

**1-4 항공이동통신주파수 간섭 원인분석 시험의 필요성**

표지소에서 사용하는 예초기의 종류에 따라 어떤 예초기는 항공이동통신주파수에 대한 주파수 간섭원으로서 작용을 하고 다른 예초기는 그렇지 않은 경우가 발생하였다[7-10]. 따라서 종류별 예초기가 항공이동통신 주파수에 어떠한 영향을 미치는지 정확한 분석에 대한 필요성이 대두되었다. 현재 국내에서 사용되고 있는 예초기의 종류는 크게 2행정 예초기, 4행정 예초기, 배터리형 예초기 등의 3가지 형태였다.



그림 4. 예초기 종류(좌→우 ; 2행정, 4행정, 배터리형)  
 Fig. 4. Type of Lawn Mower (Left → Right; 2 stroke, 4 stroke, battery type).

표 1. 2행정 예초기 VS 4행정 예초기 VS 배터리 예초기 비교  
 Table 1. Two-stroke lawn mower vs four-stroke lawn mower vs battery lawn mower comparison.

Sort	Advangate	Disadvantage
2 Cycle	High Power, Simple Structure	High vibration, High sound
4 Cycle	Low Vibration, Stable Mechanism	Complex structure, Relative low power
Battery	Low Vibration, Simple Structure	Relative low power

- \* 2행정 예초기 : 소형/연료통이 상부에 위치
- \* 4행정 예초기 : 중형/연료통이 하부에 위치/숫자4마크 부착

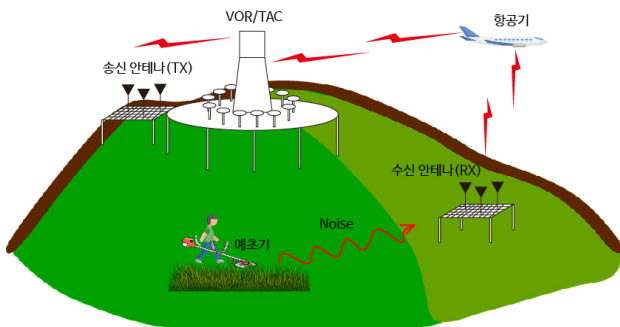


그림 5. 예초기에 의한 항공이동통신 주파수 잡음 유입 간략도  
 Fig. 5. A brief diagram of the interference of ATC frequency noise by mower.

**II. 본 론**

**2-1 항공이동통신주파수 간섭 원인분석 시험 환경구성**

실제 표지소에서 제초 작업하는 환경을 구성하기 위해 한국 공항공사 항공기술훈련원 운동장에 아래 그림처럼 항공이동통신시설 송수신기, 안테나 및 스펙트럼 분석기를 설치하고 거리 별로 잡음 유입 정도를 측정할 수 있도록 라바콘을 20 m 간격으로 설치하였다. 또한 예초기 대수별 잡음 유입 정도를 분석하기 위해 2행정 예초기 3대, 4행정 예초기 3대, 배터리형 예초기 한 대를 준비하였다.

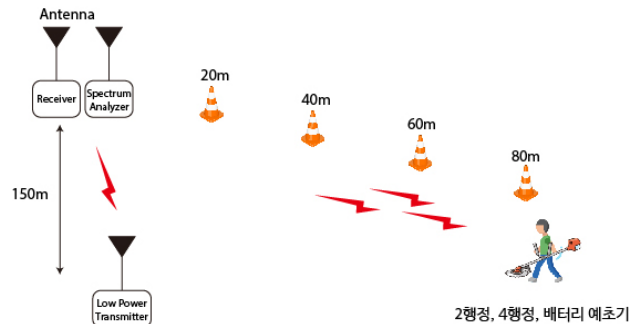


그림 6. 예초기에 의한 잡음 영향 환경 구성도  
 Fig. 6. Configuration diagram of noise impact environment by mower.



그림 7. 실제 시험환경 구축 및 예초기 동작  
 Fig. 7. Real data measurement & The action of a lawn mower.

항공이동통신업무에 사용되는 항공이동통신시설(U/VHF 송수신기)은 AM(Amplitude Modulation) 방식을 사용하며 PTT(Push to Talk)에 의한 1:1 음성통신 방식을 사용한다. 시험 환경을 만들기 위해 송신기는 한국공항공사 항공기술훈련원의 신형 PAS송신기를 사용하였으며 표지소에서 수신하는 신호레벨 (RSSI) -85 ~ -95 dBm이 되도록 감쇄기를 이용하여 출력을 설정하였다. 수신기는 표지소에서 사용하는 모델인 PAS 예비품을 활용하였고 Squelch레벨은 전국 표지소에서 운영하는 평균 셋팅값인 -103dBm으로 설정하였다. 원인분석은 예초기 미작동시 수신기의 음성수신 감도 측정 후, 예초기를 최대 출력으

로 작동시켜 수신기에서의 잡음 유무 및 음성수신 감도를 분석하였다. 예초기 종류는 크게 2행정, 4행정, 배터리형 3가지를 사용하였으며, 거리(10, 20, 40, 60, 80m)에 따른 분석결과를 도출하였다.

**2-2 2행정 예초기 거리별 및 대수별 분석 결과 요약**

2행정 예초기 사용의 경우 항공이동통신 주파수 대역(VHF)에서 잡음이 수신되었고, 다수의 예초기를 동시 사용했을 때 잡음이 심해짐을 알 수 있었다. 특히 10 m 이내에서 2대 혹은 3대를 사용 할 시 수신기가 전혀 동작하지 않음을 알 수 있었다. 거리는 약 40 m까지 잡음이 수신됨을 알 수 있으며, 60 m 이상에서는 영향이 거의 없음을 알 수 있었다.

표 2. 2행정 예초기 1대 작동 시 분석 결과

Table 2. Analysis results of one two-stroke lawn mower.

Dist(M)	Freq.(MHz)	Noise	Note
10 M	119.325	O	Very strong noise
20 M	119.325	O	Strong noise
40 M	119.325	O	Slight noise
60 M	119.325	X	No noise
80 M	119.325	X	No noise

표 3. 2행정 예초기 2대 작동 시 분석 결과

Table 3. Analysis results of two two-stroke lawn mower.

Dist(M)	Freq.(MHz)	Noise	Note
10 M	119.325	O	Receiver shutdown
20 M	119.325	O	Strong noise
40 M	119.325	O	Strong noise
60 M	119.325	X	No noise
80 M	119.325	X	No noise

표 4. 2행정 예초기 3대 작동 시 분석 결과

Table 4. Analysis results of three two-stroke lawn mower.

Dist(M)	Freq.(MHz)	Noise	Note
10 M	119.325	O	Receiver shutdown
20 M	119.325	O	Strong noise
40 M	119.325	O	Slight noise
60 M	119.325	X	No noise
80 M	119.325	X	No noise

**2-3 2행정 예초기 거리별 및 대수별 분석 결과 고찰**

그림 8의 2행정 예초기 거리별 잡음레벨 측정 결과를 통해 수신기로부터 약 10 m인 경우 -120 dBm 근처, 20 m의 경우 -128 dBm 근처까지 잡음이 발생함을 확인할 수 있고, 60 m 이상부터는 큰 영향이 없는 것을 알 수 있다.

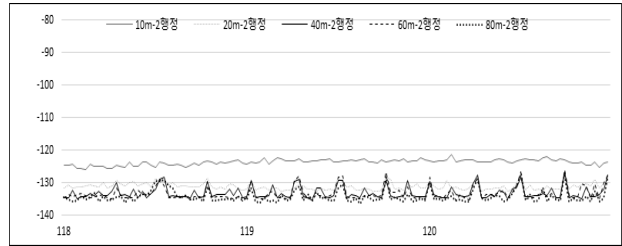


그림 8. 2행정 거리별 잡음 측정 결과 (X축 : dB, Y축 : 주파수)  
Fig. 8. Measurement results of noise level by distance of two-stroke lawn mower (X axis : dB, Y axis : freq.).

그림 9의 2행정 예초기 사용 대수에 따른 잡음레벨 측정 결과를 통해 약 20 m거리에서 예초기 3대를 동시에 사용 시 약 -116 dBm까지 잡음이 발생함을 확인 할 수 있고, 실제로 2대 이상 동시 사용 시 수신기가 미작동하여 음성 복조가 불가능을 알 수 있었다. 이로써 2행정 예초기의 경우 항공이동통신시설 수신기에 지대한 잡음간섭 영향을 미친다는 점을 확인할 수 있었다.

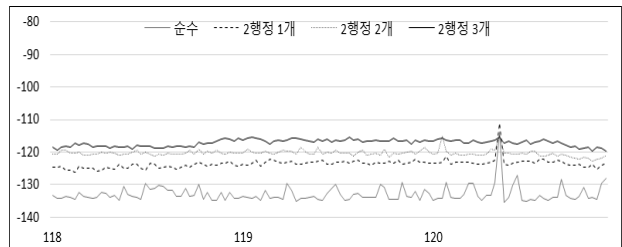


그림 9. 2행정 대수별 잡음 측정 결과 (X축 : dB, Y축 : 주파수)  
Fig. 9. Measurement results of noise level by number of two-stroke lawn mower (X axis : dB, Y axis : freq.).

**2-4 4행정 예초기 거리별 및 대수별 분석 결과 요약**

4행정 예초기의 경우 표 5~7 에서 보는바와 같이 예초기의 동작 대수 및 거리와 관계없이 잡음이 거의 발생하지 않았다.

표 5. 4행정 예초기 1대 작동 시 분석 결과

Table 5. Analysis results of one four-stroke lawn mower.

Dist(M)	Freq.(MHz)	Noise	Note
10 M	119.325	X	No noise
20 M	119.325	X	No noise
40 M	119.325	X	No noise

표 6. 4행정 예초기 2대 작동 시 분석 결과

Table 6. Analysis results of two four-stroke lawn mower.

Dist(M)	Freq.(MHz)	Noise	Note
10 M	119.325	X	No noise
20 M	119.325	X	No noise



표 7. 4행정 예초기 3대 작동 시 분석 결과

Table 7. Analysis results of three four-stroke lawn mower.

Dist(M)	Freq.(MHz)	Noise	Note
10 M	119.325	X	No noise
20 M	119.325	X	No noise

2-5 4행정 예초기 거리별 및 대수별 분석 결과 고찰

4행정 예초기의 경우 그림 10에서 보는 것처럼, 약 20 m 거리에서 측정하였을 때 사용 대수가 많아지더라도 잡음 강도가 -135 dBm 근처에서 크게 변하지 않음을 확인 할 수 있었고, 해당 잡음 레벨은 수신기에 크게 영향을 미치지 않는다는 점을 확인 할 수 있었다.

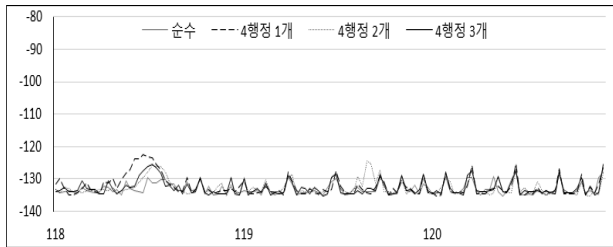


그림 10. 4행정 대수별 잡음 측정 결과(X축 : dB, Y축 : 주파수)  
Fig. 10. Measurement results of noise level by number of four-stroke lawn mower (X axis : dB, Y axis : freq.).

2-6 배터리형 예초기 거리별 및 대수별 분석 결과 및 고찰

배터리형 예초기의 경우 표 8에서 보는바와 같이 예초기를 1대만 동작시켜 시험하였으나 거리에 관계없이 항공이동통신 시설에 영향을 미치는 잡음이 거의 발생하지 않아 수신기에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

표 8. 배터리형 예초기 1대 작동 시 분석 결과

Table 8. Analysis results of one battery type lawn mower.

Dist(M)	Freq.(MHz)	Noise	Note
10 M	119.325	X	No noise
20 M	119.325	X	No noise
40 M	119.325	X	No noise

2-7 예초기 종류별 종합 분석 결과 고찰

그림 11은 약 20 m 거리에서 예초기 종류별 잡음레벨을 측정 한 결과이다. 예초기 미 작동 시 순수잡음은 -130 ~ -135 dBm 이었고, 2행정 예초기 사용 시 -120 ~ -125 dBm의 잡음이 거의 전 대역에 걸쳐 발생함을 알 수 있었다. 이는 미 작동 시 혹은 4행정 예초기 및 배터리형 예초기 작동 시 보다 약 10 dBm 높은 수치임을 알 수 있다. 이를 통해 2행정 예초기가 수신기에

영향을 주고 4행정 예초기와 배터리형 예초기는 항공이동통신 시설 수신기에 크게 영향이 없다는 사실을 확인 할 수 있었다.

본 연구의 검증을 위해 국토교통부 항공교통본부와 합동으로 한국항공공사 대구항공무선표지소에서 4행정 예초기(블로워 포함) 및 배터리형 예초기를 사용하여 잡음 유입여부를 확인한 결과 수신기에는 이상이 없는 것을 확인하였다.

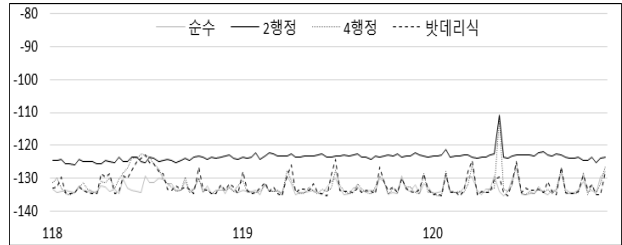


그림 11. 예초기 종류별 잡음 측정 결과(X축 : dB, Y축 : 주파수)  
Fig. 11. Measurement results of noise level by type of lawn mower (X axis : dB, Y axis : freq.).

III. 결 론

항공기의 안전운항에 필수적인 표지소의 항공이동통신주파수의 안정성을 확보하기 위해 예초기로부터 발생하는 간섭현상을 분석하여 대책을 수립할 필요가 있다[11]. 이에, 실제와 같은 시험환경을 구축하여 예초기로부터 발생하는 간섭신호를 면밀히 측정된 결과 2행정 예초기의 동작이 실제로 항공이동통신주파수에 영향을 미친다는 사실을 국내 최초로 검증하였다. 또한 측정결과를 볼 때, 수신기에서의 잡음은 캐리어 상·하 사이드 주파수 구간  $F_c + 4 \text{ KHz}$ (음성구간)에 예초기에 의한 잡음이 혼합되어 발생하는 것으로 판단되고, 결론적으로 예초기 잡음에 의해서 수신기가 직접 동작하지는 않으나 항공기 신호 수신시 수신기가 동작하는 시간 동안 예초기에 의한 잡음이 측대과 주파수 구간 ( $F_c + 4 \text{ KHz}$ )의 음성과 섞이면서 잡음으로 영향을 초래하는 것으로 판단된다.

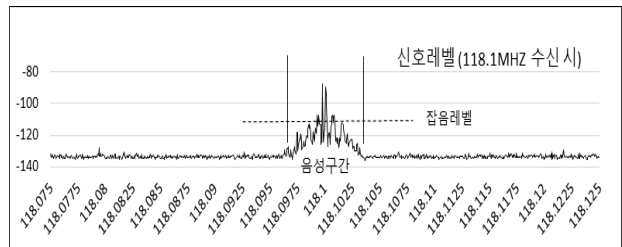


그림 12. 수신기 동작 시 측대과 구간에서 예초기에 의한 잡음 영향  
Fig. 12. Noise Effects by Mower in Side Band During Receiver Operation.

이번 연구의 분석결과와 현장검증을 근거로 하여 향후 항공무선표지소에서 제초 작업 시행 시 2행정 예초기의 사용을 엄격하게 금지하고 4행정 예초기 및 배터리형 예초기를 사용할 것을 적극 권고하고자 한다.

**References**

- [1] International Civil Aviation Organization, Aeronautical Telecommunications Annex10, Volume I, RADIO NAVIGATION AIDS, pp. 22-27, Jan. 2003
- [2] Installation and Technical Standards of Navigation Safety Radio Facilities : Ministry of Land, Infrastructure and Transport
- [3] International Civil Aviation Organization, Aeronautical Telecommunications Annex10, Volume III, Part II Voice Communication systems, pp. 339, May. 2004
- [4] International Civil Aviation Organization, Aeronautical Telecommunications Annex10, Volume III, Part II Voice Communication systems, pp. 340-347, May. 2004
- [5] International Civil Aviation Organization, Aeronautical Telecommunications Annex10, Volume V, Chapter 4, pp. 1-7, Nov 2001
- [6] AMCP WORKING GROUP, Interference Impacting Aeronautical Air Traffic Control Frequencies caused by Unauthorized high power cordless Telephones, pp. 1-2, Nov. 2001
- [7] H. G. Yoon, B. J. Jang, “Frequency Interference, Analysis Method, and Application Examples of Sub-GHz frequency Band,” THE JOURNAL OF KOREAN INSTITUTE OF ELECTROMAGNETIC ENGINEERING AND SCIENCE , Vol. 32, No. 1, pp. 3-5, Jan. 2021
- [8] J.D. Laser, J.H. Reed. Interference rejection in wireless communications, IEEE Communications Magazine 14, pp. 37-62. 1997.
- [9] The Ministry of National Defense Report. A study on the frequency effect analysis of military wireless systems over the international frequency allocation policy, Korea, Dec. 2009.
- [10] ETRI Report, A study on transmission capacity of public wireless system links, Korea, Nov. 2009.
- [11] ITU, Rec. ITU-R P.1546-4, Method for point-to-area prediction for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz, P Series, Geneva, Switzerland, 2009.



**이 두 현 (Doo-Hyun Lee)**

2004년 8월 : 군산대학교 전자정보공학부 (공학사)  
 2009년 2월 : 한국항공대학교 대학원 기술경영학과 (공학석사)  
 2020년 2월 : 군산대학교 전자정보공학부 박사과정 수료  
 2016년 6월 ~ 현재 : 한국공항공사 항공기술훈련원 교수  
 ※ 주 관심분야 : 항행안전시설, 드론



**강 영 흥 (Young-Heung Kang)**

1984년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과 (공학사)  
 1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 1993년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)  
 1988년 3월 ~ 1990년 2월 : 한국항공대 통신공학과 조교  
 1995년 8월 ~ 1996년 8월 : 일본 오사카대학 개원교수  
 2003년 8월 ~ 2005년 2월 : 영국 York대학 방문교수  
 1990년 4월 ~ 현재 : 군산대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수  
 ※ 주 관심분야 : 위성통신, 이동통신, 전파공학, 표준화