

안티드론 재밍과 드론기술진화 관련성 연구

A Study on the Evolution of Drone Technology and Anti-Drone Jamming

김 형 주* · 김 범 모**

- I. 문제제기
- II. 이론적 배경
- III. 연구모형 설계 및 가설의 설정
- IV. 실증 분석
- V. 결 론

>> 국 문 요 약 <<

첨단기술의 융복합으로 나날이 드론기술이 진화되고 있음에 따라 본 연구는 안티드론 재밍 실증으로 획득한 데이터를 이용 드론기술진화와 재밍 관련성을 통계적 분석기법으로 분석기술한다.

연구방법은 기술진화가 이루어진 드론을 대상으로 재밍(전파교란 방식) 장비를 이용 모델별, 모드별 측정된 데이터를 ANOVA 기법으로 분석, 정보통신기술 고도화에 따른 드론기술진화와 재밍 관련성을 설명한다. 분석결과 A,B,C모델 재밍 관련성 평균이 0.96, 0.952, 0.95로 나타났으며, 풍속 중심의 재밍 관련성 평균 역시 이와 유사하게 나타나, 드론기술진화에 따른 재밍 관련성 평균의 차이는 미미하다 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 분산분석을 통한 사후분석으로 안티드론 재밍과 드론기술진화 관련성을 설명한다.

첫째, 드론기술진화에 따른 재밍 관련성 분산분석에서 모집단(ALL) 및 풍속 8% 이하 조건에서는 A,B,C모델의 유의확률 <0.05 로 나타나 분산이 동일하다할 수 있었으나, 풍속 8% 이상 조건에서는 B,C 모델의 유의확률 >0.05 로 나타나 분산이 동일하다할 수 없었다.

둘째, 분산분석에 기초한 드론기술진화에 따른 모델 간 및 재밍 모드 간 사후분석에서는 모든 조건에서 유의확률 >0.05 로 나타나 드론기술진화에 따른 재밍 관련성 차이를 확인 할 수 없었다.

그러나 분석결과를 구체화하면, A,B,C모델 간 평균의 차이는 미미하였으나, 표준편차의 차이로 보았을

* 단국대학교 공학혁신교육센터 교수, 제1저자

** (사)한국드론비즈니스포럼 객원연구원, 공동저자

때 미래 드론기술진화는 재밍에 영향을 미칠 것으로 예측되며, 모델 간 및 재밍 모드 간 사후분석에서는 A모델에서 C모델로 갈수록(드론기술의 진화) 평균의 차이가 좁혀지고 있어서 연구기간동안의 기술 진화는 재밍의 안정성을 높이는 방향으로 이루어졌음을 의미하고 있다.

본 연구는 첨단 정보통신기술이 드론 설계·제작기술과 융복합 되어 드론기술진화로 나타날 때, 안티드론 도입 및 운용 기획 수립에 기초자료로 활용을 목적으로 하고 있으므로, 경찰의 이 같은 실증에 참여는 불법드론으로부터 국민의 생명과 재산을 지키는데 기여할 것으로 본다.

● 주제어 : 안티드론, 드론, 기술진화, 재밍모드, 풍속

I. 문제제기

4차 산업혁명시대 신성장 동력 부분에 드론이 포함되면서(2017년), 국내 이동통신 3사는 5G 통신기술 적용을 목표로 국내외 드론 제조사 및 공공기관과 협력 기반구축을 위한 움직임이 활발해지기 시작하였다.¹⁾ 국내 이동통신 3사들의 이 같은 움직임은 드론에 5G 시대 통신기술 적용을 촉진하여 드론시장에 긍정적으로 작용할 것으로 예측되므로,^{2,3)} 본 연구는 정보통신기술과 융·복합되어 드론기술진화로 나타난 드론 중 표본을 선정, 10개월 동안 현장 실증 데이터를 분석함으로써 선행연구와 차별화 하였다.

1. 연구의 필요성 및 목적

드론이 이처럼 정보통신기술과 융·복합이 활발하게 논의되고 있음은 임무장비로 활용이 가시화 되고 있음을 의미함과 동시에 국가주요시설 침입드론이나, 범죄 및 테러 위협드론 등에 관심이 높아지고 있음을 의미한다. 이는 정보통신기술과 융·복합한 드론들이 새로운

1) 1세대 이동 통신망인 1G(음성통화), 2세대 이동 통신망인 2G(음성통화에 문자서비스), 3세대 이동 통신망인 3G(영상통화서비스), 4세대 이동 통신망인 4G(고화질 스트리밍 동영상 서비스, 게임, 화상통화가 보편화). 4G의 데이터 전송 속도가 1Gbps였다면 5G는 최대 20Gbps의 데이터 전송 속도로 다양한 서비스가 가능해졌다.
(http://www.breaknews.com/sub_read.html?uid=583803.)

2) 상용화된 5G 반응 속도가 최소 0.001초로 빨라짐에 따라, 드론·로봇 조정에 돌발 상황에 대응 및 급변하는 날씨에 대응으로 인명구조·군사·산업에 활용의 폭이 넓어질 것으로 예측되고 있다.

3) 정부는 향후 드론 시장이 매년 29% 성장하여 2026년에는 88조6000억원의 시장 규모가 될 것으로 전망
(http://www.breaknews.com/sub_read.html?uid=583803.)

패러다임의 범죄 및 테러에 활용이 예측되고 있기 때문이다. 최근 발생한 드론 테러를 보도로 접한 국민들이 드론을 위협적인 디바이스(device)로 생각함에 따라,⁴⁾ 이를 우려한 소수의 연구자들은 드론관련 범죄예방은 물론 체포, 수사, 증거확보 등에 활용을 목표로 연구하고 있으나 아직은 제약이 많다.

가까운 미래에 정보통신기술 융·복합에 의한 드론기술진화가 우리 삶의 질에 유익하게 작용 할 것인지? 아니면 범죄와 테러로 위협이 될 것인지? 문제에 대해 본 연구는 첨단 정보통신기술이 드론 설계·제작기술에 융·복합되었을 때, 이 기술을 채용한 불법드론에 대응을 목표로 기술진화가 이루어진 드론을 대상으로 실증함으로써, 경찰 임무용 안티드론(anti-drone) 도입 및 운용 기획 수립에 기초자료로 활용을 목적으로 하고 있으며, 민·관 통합 실증을 통한 빅데이터 구축의 필요를 시사하고 있다.

2. 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 첨단의 정보통신기술이 드론 설계·제작기술과 융·복합을 시도한 것으로 볼 수 있는 시점,⁵⁾ 그리고 이 같은 기술을 상업용 드론에 본격 채용한 것으로 볼 수 있는 모델을 기준으로 하고 있으며, 글로벌 시장 점유율, 요소기술 진화, 기술 안정성 등의 기준을 충족하는 드론을 피 측정 드론으로 선정 하고자 하였다. 다행스럽게도 고도화된 정보통신기술을 채용한 드론의 기술 수명주기(life cycle)가 짧음에 따라 기술진화 또한 빠르게 이루어짐이 본 연구를 가능하게 하였다 할 수 있다.

본 연구는 상기 조건을 충족하는 드론 모델 선정과 함께, 휴대용 플로토 모델 안티드론으로 실증하였으며,⁶⁾ 이 같은 실증에서는 「전파법」 등 관련 법·규정 고려는 물론, 안전 계획 수립과 함께 약 10개월(4계절) 동안 연속진행 방식으로 다양한 시간대에 반복 측정하여 실증 데이터를 수집하였다. 그러므로 본 연구의 범위는 2015년에서 2016년 동안 시판되고 있는 드론을 대상으로 2017년(10개월간) 총 3,375회(모델별 각 1,125회) 측정한 데이터에

4) 2018. 8. 4. 니콜라스 마두로 베네수엘라 대통령의 드론 테러, 영국 개트윅 및 히드로 공항에서는 2018. 12. 19.과 2019. 1. 8. 정체불명의 드론 출현, 2018. 7. 12. 오후 6시 인천시 서구 가좌동 아파트 22층에 불법 드론 신고, 2015. 1. 26. 미국 워싱턴에서는 상업용 쿼드콥터가 백악관 건물에 부딪친 뒤 추락, 2015. 4. 22. 일본 총리관저 옥상에 떨어진 드론에서는 방사성물질이 검출, 우리나라 청와대 주변 비행금지구역에 드론의 비행은 2014년 12건에서 지난해 37건으로 증가하고 있다.

5) 3세대 고속데이터 전송 시대에서 4세대 초고속데이터 전송 시대로 전환(<https://jws2218.blog.me/221486649922>.)

6) 김형주 외, “경찰임무용 안티드론 실증 연구”, 치안정책연구소, 32(2), 2018. p.84.

의한 분석이며, 주변이 초지로 둘러싸인 개활지에서 IT, 무선 통신 등 생활전자파노이즈를 통제한 후 이루어진 실증연구이다.

따라서 본 연구는 고도화된 정보통신기술과 드론 설계·제작기술의 융·복합에 대응을 목표로 하며, 진화된 기술을 채용한 불법드론 비행 저지에 목표를 두고, 기술진화에 따른 모델별 비교와 풍속(드론 비행안전 권고 기준인 8%)을 기준으로 이상과 이하 조건에서 비교를 ANOVA기법으로 분석하여 안티드론 재밍 관련성을 설명한다.

II. 이론적 배경

드론은 운용주체에 따라 군사용과 민간용으로 구분되며, 드론기술은 군사용(공격용) 기술에서 디펜드(defend) 기술로 진화하고 있다. 이에 따라 시장보다 운용·기술 중심으로 드론 관련 정의가 이루어지고 있다 할 수 있으므로, 본 장에서는 드론 관련 정의와 그 해석 중심으로 상업용(임무용) 드론을 폭 넓게 살펴보고, 주변국의 드론 관련 법령 연구 현황, 그리고 악의적 드론에 대응하는 기술의 동향 등을 중심으로 접근하였다.

1. 다양한 드론 관련 정의가 시사하고 있는 바

군사용 드론시장에서 상업용 드론시장으로 변화는 중소기업들에게는 드론 설계·제작 시장에 참여로 이어졌으며, 중소기업의 상업용 드론 연구·개발·생산·유지관리 시장에 참여는 관련 법·규정과 제도 연구의 정체로 이어졌다 할 수 있다. 하지만 미래 기술의 주제가 무인화에 맞추어지자 대기업들이 드론분야에 관심을 가지게 되었다. 그럼에도 불구하고 국내 드론 관련 기업들은 완성 기체 중심 연구에 몰두하고 있으므로, 본 장에서는 관련 법령과 그 해석 및 기술 동향 등에 초점을 맞추어 악의적 드론에 대응방안 논의에서는 관련 정의 및 법령이 시사하고 있는 바를 중심으로 논의하고, 안티드론 기술 동향 조사에서는 상업용 안티드론 연구의 필요를 시사 하는데 초점을 두고 있다.

가. 미국에서 드론 정의

미국 국방장관실(OSD, office of the Secretary of Defense)에서는 UAV로드맵 발표와

함께 미국 국방사전(DoD Dictionary)에 드론을 “A powered, aerial vehicle that does not carry a human operator, uses aerodynamic forces to provide vehicle lift, can fly autonomously or be piloted remotely, can be expendable or recoverable, and can carry a lethal or non lethal payload. Ballistic or semi ballistic vehicles, cruise missiles, and artillery projectiles are not considered unmanned aerial vehicles.”⁷⁾로 정의하였고, 미국 FAA(Federal Aviation Administration)는 “원격조종 또는 자율조종으로 육안으로 볼 수 없는 가시거리 밖 비행이 가능한 민간용 비행기로 스포츠 또는 취미 목적으로 운용되지 않으며, 또한 승객이나 승무원을 운송하지 않는다.” 것으로 드론을 정의하고 있다.

나. 국내 관련 법령에서 드론 정의

항공안전법 제2조3항에서는 “초경량비행장치”를 항공기와 경량항공기 외에 공기의 반작용으로 뜰 수 있는 장치로서 자체중량, 좌석 수 등 국토교통부령으로 정하는 기준에 해당하는 동력비행장치, 행글라이더, 패러글라이더, 기구류 및 무인비행장치 등으로 드론을 정의하고 있다. 그러나 김형주·이상원(2018)⁸⁾ “경찰 예방임무용 안티드론 활용방안에 관한 연구”에서는 허가 받은 내용과 승인 받은 내용을 준수하면서 비행하면 ‘드론’으로 정의하였고, 관련 법·규정에 있는 비행승인 내용 중 한 가지라도 준수하지 않으면 ‘악의적 드론’으로 정의하였으며, 김형주 외(2018)⁹⁾ “경찰 임무용 안티드론 실증연구”에서는 악의적 드론의 재밍 성공률에 기반 하여, 다양한 드론 모델별 및 재밍 모드별 실증으로 사생활 침해와 개인정보 침해 등에 대응함으로써, 경찰 임무에 유용성을 제공 할 수 있는 임무장비로 안티드론을 연구하였다.

다. 글로벌 기관이 내린 드론 정의에 대한 국내 기관의 해석

한국항공우주연구원은 미국 국방부 드론 정의에 대해 “조종자가 탑승하지 않는 동력항공기로 공기역학의 힘으로 동체를 띄우거나, 자체적으로 날거나 원격 조정이 가능하며, 소모품

7) DoD Dictionary에서는 “조종자 없이 공기역학적 원리에 의해 부양하여 자율적 혹은 원격조종에 의해 비행하며 무기 또는 일반 화물을 실을 수 있는 일회용 혹은 재사용 할 수 있는 동력 비행체를 의미하며, 탄도비행체, 준탄도비행체, 순항미사일, 포, 발사체 등은 포함되지 않는다.”

8) 김형주·이상원, “경찰 예방임무용 Anti Drone 활용 방안에 관한 연구” 한국치안행정논집, 제15권 제3호, 한국치안행정학회, 2018.

9) 각주6) 김형주 외, 전개논문, 2018.

이거나 재생할 수 있고, 살상 또는 비살상 탑재물을 실을 수 있다.”로 해석하고 있으며, 미국 FAA의 드론 정의에 대해서는 “조종사가 탑승하지 않고 공중 비행을 목적으로 사용되는 장치로 탑승 조종사가 없는 모든 종류의 비행기, 헬리콥터, 비행선 및 전이양력 항공기 포함.”으로 해석하고 있다.¹⁰⁾

그리고 드론을 혁신성장동력으로 보는 국내 다양한 부처 및 기관에서는 원격조종, 자동비행, 반자동비행체 및 이를 제어하는 지상통제장비, 통신장비, 지원장비 등을 포함하며,¹¹⁾ 핵심기술, 기반기술, 응용서비스기술, 인프라기술을 포괄하는 것으로 드론을 정의하고 있다.

이처럼 다양한 국가 및 기관들은 드론의 무인화, 드론 운용 형태, 비행기체의 기능과 역량 중심으로 드론을 정의하고 있으며, 이 같은 정의에서는 다양한 기술과의 융·복합에 의해 드론 기술의 고도화가 이루어질 수 있음을 의미하고 있다 할 수 있다.

〈표 1〉 글로벌 기구에서의 드론 정의

규 정	정 의
Chicago Convention (ANNEX II)	<ul style="list-style-type: none"> - Remote piloted aircraft(RPA) 원격조종스테이션에서 조종되는 무인항공기 - Remotely piloted aircraft system(RPAS) 원격조종항공기, 그 외 관련된 원격조종스테이션, 필요한 명령 및 컨트롤 링크, 그리고 기타 컴포넌트
ICAO Cir 328/AN/190	<ul style="list-style-type: none"> - Autonomous aircraft: 비행시 조종사의 간섭이 없는 무인항공기

출처 : 한국항공우주연구원 참조

2. 주변국 드론 관련 법령이 시사하고 있는 바

중국 드론관련 법령이 시사하고 있는 바는 글로벌 드론 시장에서 주도권 확보에 관심이 높는데, 반해 일본은 드론 산업 육성에 필요한 방안마련과 기술개발 및 투자지원 마련 등에 초점을 두고 있는 것으로 김지훈(2017)은¹²⁾ 보았으므로, 본 절에서는 관련 내용을 중심으로 논의를 하였다.

10) 한국항공우주연구원 검색.

11) 왕기철 외, “무인기 ICT 기술 개발 동향”, 정보통신기술진흥센터, 주간기술동향, 2018. pp.1-26.

12) 김지훈, “중국법상 무인기(드론) 규제 현황과 시사점”, 경희대학교 법학연구소, 52(3), 2017. pp. 233-278.

가. 중국의 드론 관련 법령

김지훈(2017)은 중국과 국내 드론 관련법령 비교 연구에서 드론 관련 규제 개선에 핵심 내용을 다음과 같이 보고하였다.

첫째, 중국법령에서는 드론 관련 개념 정의 및 분류가 명확하였으며, 규제 적용 대상 범위와 법규의 이해가 쉬웠다.

둘째, 드론 운용에 관한 규제에서 중국은 비행 안전이 더욱 요구되는 비교적 중량이 무거운 드론에 대해서는 전자방호벽 설치 및 드론 클라우드시스템 의무화 등으로 비행안전 확보와 사고 예방 등에 첨단 기술 활용의 필요를 법령에 담고 있다.

셋째, 드론 조종자 자격 관련 법령에서 중국은 비사업용 드론에 대해서도 일정 기준을 정하여 조종자 자격증명을 제도화하고 있다.

나. 일본의 드론 관련 법령

김지훈(2017)은 일본내 드론 관련 규제 내용 검토를 통해 국내 드론 관련 규제에 적용하여야 할 내용에 대해 다음과 같이 보고하였다.

첫째, 일본 항공법에서는 ‘무인항공기’에 대하여 명확하게 정의하고 있으며, 동법령에 ‘무인항공기’ 관련 특별 규정에서 드론의 개념 및 관련 규제 내용을 쉽게 이해 할 수 있었다.

둘째, 일본 항공법에서는 200g 미만의 초경량 드론 추락에 따른 피해는 매우 적을 것으로 판단하여 관련 규제를 적용하고 있지 않았다.

셋째, 안전을 위해 사람 또는 물건으로 부터 30m 이상의 거리를 두고 비행하도록 규제하고 있어 일본은 지상 피해 방지에 목표를 두고 있다 할 수 있다. 이는 드론 운용에 따른 인명이나 재산 피해 예방 또는 감소를 중요하게 생각하고 있음을 의미한다 할 수 있다.

드론산업 활성화화를 위한 규제완화에 역점을 두고 있는 주변국의 드론관련 법령 및 제도를 요약하면 <표 2>와 같다.

〈표 2〉 주변국 드론관련 법령 및 제도 비교

구 분	중 국	일 본	한 국
드론 개념 정의	드론 개념 정의 및 분류 명확함	드론 개념 정의 명확함	개념정의 및 분류 미흡
규제 부분	규제 항목 이해 쉬움	규제 항목 이해 쉬움	규제내용 복잡
	비행안전 중심 법규정	지상피해방지(인명, 재산) 중심 법규정	비행안전, 사고예방부분 보완 필요
	산업육성우선 사후규제 검토	200g미만, 초경량드론 규제에서 제외	규제완화 논의 중
조종자격	조종자격(비사업용까지 적용)	-	사업용 중 기체 무게중심 자격기준

출처 : 김지훈(2017) 연구내용 요약

3. 안티드론 관련 규정 및 기술 동향

안티드론 관련 기술에 높은 관심을 보이고 있는 군은 이스라엘 RADA사의 RPS-42, 영국 Blighter사의 AUDS(Anti-UAV Defence System) 등을 도입 운용 중인 것으로 알려져 있다. LIG넥스원은 최대 탐지거리 200 km급 중거리 레이더를 실전 배치 운용 중이며, 한화탈레스는 드론 탐지레이더를 개발한 것으로 알려지고 있다. 최근 이 분야 기술이 저고도 드론 탐지를 위한 안테나, 고효율 고출력증폭기, 저잡음증폭기, 위상천이기, 송수신핵심 모듈과 핵심칩 MMIC 설계 등의 분야로 확산되고 있으나, 아직 국내기술과 해외기술의 격차가 나타나고 있는 것으로 보고되고 있다.¹³⁾

세계 각국에서 안티드론 기술을 국방분야 중심으로 개발하고 있을 때 일본 경시청은 드론 운용전문부대 창설로 중요 시설 및 비행금지구역 침입 드론에 대응하며, 돌발 상황발생시 헬기가 긴급 출동하여 비행중지를 명령하고, 이에 불응 시 그물을 이용 프로펠러를 정지시키는 안티드론 시스템을 운용하고 있으며, 그 외 미국, 이스라엘, 스페인 등은 상업용 안티드론에 대한 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다.

4. 표본 선정에 기준 및 실증 운용

첨단화되고 있는 정보통신기술이 드론 설계·제작기술과 융·복합되었던 악의적 드론의

13) 권기범, “국의 드론(무인항공기) 규제현황 및 분석 최종보고서”, 산업통상자원부, 2017. 내용 재구성.

출현에 대비하기 위하여, 본 연구에서는 드론기술진화와 재밍 관련성 탐색을 연구목적으로 하는 안티드론 재밍 실증데이터의 분석을 위해 드론 모델 및 채용기술, 그리고 선정기준, 재밍 모드, 안티드론 모델 등에 대한 기준을 다음과 같은 정의하면서 실증을 준비하였다.

〈표 3〉 표본 선정 기준

드론 모델	선정기준	재밍 모드	안티드론 신호대역	비고
A모델(2015년)	시장 점유율	모드1 제자리 정지	안티드론(휴대용 재머) 〈Wi-Fi 신호대역〉 900-930Mhz(MAX30W) 1560-1610Mhz(MAX30W) 1200-1250Mhz(MAX30W) 2400-2500Mhz(MAX30W)	각종 FC 및 무선controller 대상. 개활지[주변에 건물 등이 없는 초지(경기도 화성)]에서
B모델(2016년)	요소기술 진화	모드2 영상송출 중단	〈영상신호 대역〉 5725-5875Mhz(MAX20W) 〈GNSS 신호 대역〉	ISM/GNSS 주파수 재밍
C모델(2016년)	기술 안정성	모드3 Wi-Fi RTH ¹⁴⁾	GPS L1&L2C&L5, GLONASS G1, COMPASS B1&B2	안테나 빔(방사각30°)

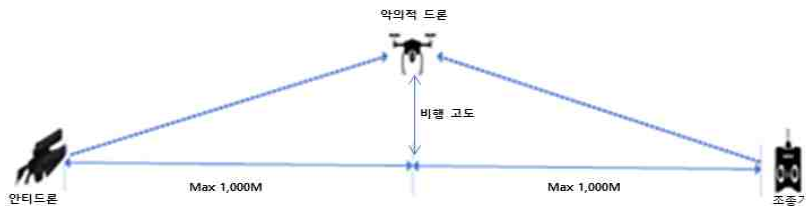
※ 실증데이터 측정 (2017년) 10개월간, 모델별 각 1,125회 측정, 총 3,375회 측정.

※ 3세대 고속데이터 전송에서 4세대 전위가 2015년 이루어졌으므로, 드론선정은 2015년 기준

※ 안티드론 운용 Wi-Fi 재밍(모드1,모드3), 영상신호 재밍(모드2), GNSS(GPS 신호재밍) 대역

〈표 3〉의 선정 기준에 준거하여 실증은 2017년 3월부터 4계절(봄, 여름, 가을, 겨울)에 걸쳐 개활지에서 이루어졌으며, 실증을 위한 안티드론은 〈그림 1〉과 같이 조종기와 드론 간 및 드론과 안티드론 간의 수평거리를 최대 1,000m로 운용하였다.¹⁵⁾

〈그림 1〉 드론 조종기 및 안티드론 배치 기준



14) 드론이 안티드론 재밍에 의해 이륙지점으로 되돌아오는 Return To Home 기능으로, RTH 기능의 재밍이 Wi-Fi (wireless fidelity) zone에서 이루어짐을 의미.

15) 각주6) 김형주 외, 전개논문, 2018, p.84.

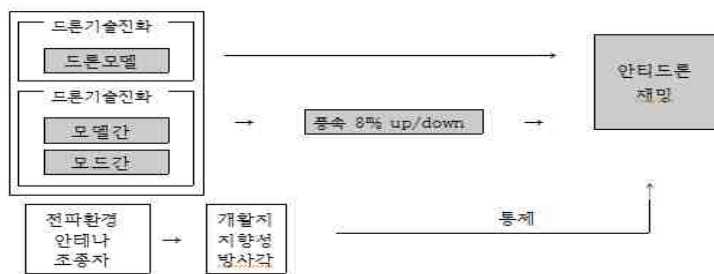
Ⅲ. 연구모형 설계 및 가설의 설정

본 장에서는 드론기술진화와 범죄, 테러 패러다임 변화를 예측하며, 악의적 드론에 대응이라는 연구목표 달성을 위하여 첨단 정보통신기술이 채용된 드론을 대상으로 드론기술진화와 재밍 관련성 탐색을 위하여 연구모형을 설계하고 이를 검증하기 위해 가설을 세운다.

1. 드론기술진화와 재밍 관련성¹⁶⁾ 연구 모형

드론 기술 선도국들에 의해 저고도 무인비행장치 연구가 시작되자, 국내에서도 저고도 무인기 항공교통관제 시스템 연구가 시작되었다. 그러나 이 같은 시스템들은 드론 위치와 상태 추적 및 불법 행위 탐지에 목표를 두고 있다할 수 있다. 이로 인해 드론이 악의적으로 활용되었을 때, 이에 대응의 필요가 논의되기 시작하였다. 이에 따라 김형주·이상원(2018)의 “경찰 예방임무용 안티드론 활용방안 연구”에서는 악의적 드론에 대응방안을 논의하였으며, 이에 본 연구는 전자파 교란기술을 안티드론에 채용하여 실증연구를 한 김형주 외(2018)의 “경찰 임무용 안티드론 실증연구”에 준거하여,¹⁷⁾ 드론기술진화에 따른 재밍 실증 연구에서 획득한 데이터의 분석으로 그 관련성을 탐색하고자 다음과 같이 연구모형을 설계하였다.

〈그림 2〉 연구모형



16) 드론기술진화와 재밍 관련성 연구는 기술진화요인과 재밍요인 간의 관계를 실증데이터에 기초하여 기술과 시간을 축으로 하는 비교 탐색 연구로, 인과관계 연구와 차이를 가진다 할 수 있다.

17) 각주8) 김형주·이상원, 전계논문, 2018, pp.99 - 101. ; 각주6) 김형주 외, 전계논문, 2018, pp.80-85.

드론 설계, 제작, 유지보수 기업들은 안티드론 기술 실증연구를 지켜보면서 악의적 드론 정의에 대해 제조상 문제가 아닌 것으로 판단하였다. 이에 안티드론 관련 전문가들은 불법 드론의 비행과 드론 제어 전용주파수의 국제표준화 및 통신네트워크 기술의 고도화에 따른 논의의 필요를 언급하면서 드론 관련 국제 표준화 재정에 악의적 드론 탐지, 추적, 재밍, 포획, 체포, 증거확보, 검증 등의 프로세스 개발의 필요에 대해 논의하기 시작하였다. 이에 따라 본 절에서는 악의적 드론 대응프로세스를 <그림 3>과 같이 제안하고 있다.

<그림 3> 악의적 드론 대응 프로세스



2. 드론기술진화에 따른 재밍 관련성 가설

드론 제작기술이 취미, 오락 중심에서 최근 물류, 기상, 재해, 공간정보 등으로 확장되고 있다. 이 같은 확장은 무인 비행체라는 점과 도심비행, 손쉬운 조종, 저고도 비행 등의 속성에 따른 것으로 볼 수 있다. 또한 이 같은 속성들은 사생활 침해 및 범죄로 이어질 수 있으므로, 이에 대응할 수 있는 안티드론 연구로 범죄 및 테러 예방에 관심을 가져야 할 것으로 보고 있다. 이와 유사한 선행연구에서는 다양한 비행 정보를 바탕으로 실정법을 위반하면서 비행하는 드론에 대하여 다양하게 접근하기 시작하였으므로,¹⁸⁾ 본 절에서는 드론을 이용한 범죄, 테러 및 해킹 등에 의한 국민의 생명과 재산을 위협 할 수 있음을 엄중하게 받아들이고, 이에 대한 논의에서 임무용으로 준비를 위해 드론기술진화에 따른 재밍 관련성을 논의하고자 한다.

이는 드론이 시스템 중심으로 운용되며 무선 조종 비행과 자율 비행이 가능하기 때문이다. 이로 인해 최근 감시, 관심지역 정보수집, 촬영 등으로 드론 활용이 확대되면서 민간 수요의 증가로 이어지고 있으므로, 드론기술과 정보기술(Information Technology, IT) 및

18) 경순채, “4차 산업혁명의 요소기술이 융합된 드론의 보안규제 및 영상추적에 대한 연구”, 서울과학기술대학교 대학원, 정보통신미디어공학전공, 2017, 박사학위논문.

통신기술(Communication Technology, CT)의 융·복합이 이루어짐을 확인시켜줌과 동시에 정보수집, 생산, 가공, 보존, 전달 등의 연구로 확장을 의미하고 있다.¹⁹⁾ 이에 따라 임무용 드론 자율비행이 미래에는 보편화 될 것으로 예측되나, 상당기간 동안은 드론 조종자에 의한 임무용 드론 조종이 유지될 것으로 보이므로,²⁰⁾ 전술한 미래 IoT기술들이 드론 설계·제작에 채용되어질 것으로 보인다. 그러므로 앞으로도 상당기간 동안은 드론기술진화가 이루어져도 조종기에 의해 드론비행이 이루어질 것으로 예측하여 다음과 같이 가설을 세웠다.

가설 1, 드론기술진화에도 재밍 관련성의 차이는 동일하다.

3. 드론 모델 및 재밍 모드 간의 관련성 가설

드론 연구·개발 방향이 비행 안전의 확보와 함께 정보통신기술과 융·복합하여 비행드론의 인식, 탐지, 자율비행, 감시 및 통제 운용 등을 중심으로 하는 플랫폼 연구로 이어질 것이며, 이 같은 운용을 위하여 일대일 전송 및 일대다 전송 체계의 무선통신기술의 활용과 링크 기술의 활용을 위한 연구가 가속화 될 것으로 예측된다.

아울러 드론 기술과 정보통신기술의 융·복합은 다양한 임무용 드론으로 발전을 목표로 비행안전 확보에 초점을 맞출 것으로 보인다. 따라서 정보통신기술과 융·복합을 위한 다양한 센싱기술 그리고 어플리케이션 기술의 활성화와 함께, 하드웨어기술과 소프트웨어기술 등으로 미래 드론기술진화가 이루어질 것으로 보이므로, 비행안전에 필요한 요소기술 및 비행 간섭 배제 관련 기술 중심으로 전개와 함께 할 것으로 예측되어 드론기술의 진화는 정보통신기술의 진화와 맥을 같이한다 할 수 있다.

이처럼 드론 기술이 첨단 소재 및 센서, 그리고 어플리케이션 기술로 융·복합이 뚜렷해 지자, 드론 ICT 분야 글로벌 기술과 국내 기술 간의 수준 차이에 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 국내 드론 ICT기술 수준과 글로벌 기술 수준 비교연구에서 ETRI(한국전자통신연구원)는 <표 4>와 같이 보고하였으며, 동 연구에서는 통신기술 부분 중 전송 속도 및 링크 가용률 부분은 선도국인 미국과 큰 차이를 보이지 않으나, 인식 및 탐지 기술부분 선도국인

19) 정보 기술(Information Technology, IT)과 통신 기술(Communication Technology, CT)의 합성어로 정보기기의 하드웨어 및 이들 기기의 운영 및 정보 관리에 필요한 소프트웨어 기술을 이용하여 정보를 수집, 생산, 가공, 보존, 전달, 활용하는 기술로 정보통신기술이 여러 사물에 융합되어 데이터를 주고 받는 기술로 확장되고 있다.

20) GPS 신호에 의존하지 않고, 지도 정보를 자체 탑재 한 자율비행시스템 관련기술은 특수용도로 제한되고 있으며, 일반적인 자율비행은 GPS 신호 송수신에 의해 비행할 것으로 예측된다.

중국과는 차이가 있는 것으로 보고하고 있다.²¹⁾

따라서 본 장에서는 인식, 탐지 다음 단계 기술인 재밍 관련 선도기술국으로 도약을 목표로 선도국 기술 수준에 의해 설계·제작된 드론을 중심으로, 그리고 진보된 정보통신기술이 채용 여부 등을 선정기준으로 하여, 드론기술진화에 따른 재밍 관련성을 집단 간 그리고 집단 내로 구분 탐색하여 기술진화에 따른 재밍 관련성을 확인하고자 다음과 같이 가설을 세웠다.

가설 2, 드론기술진화를 중심으로 집단 간 및 집단 내로 구분하였을 때 재밍 관련성의 차이는 동일하다.

가설 2.1. 드론기술진화를 중심으로 드론모델 간의 재밍 관련성 차이는 동일하다.(집단 간 가설)

가설 2.2. 드론기술진화를 중심으로 재밍 모드 간의 재밍 관련성 차이는 동일하다.(집단 내 가설)

IV. 실증 분석

상업용 드론(센서 드론)의 상품화는 대략 2012년으로 보고 있으나, 진화된 정보통신기술의 본격 채용은 2015년으로 보아야 한다.²²⁾ 이에 따라 안티드론 재밍 실증 연구에서는 드

21) <표 4> 국내 드론 ICT 기술 수준 대비 세계수준 비교 조사

드론ICT기술	선도국	세부기술	기술수준	국내기술수준	격차(년)
드론통신기술	미국	전송속도	34.5kbps	34.5kbps	1
		동시조종드론수	24	24	
		링크가용률	99.8%	99.8%	
인식 및 탐지	중국	드론위치인식	수평:1cm 수직:2cm	DRTK, GNSS/INS결합 기반 정밀 측위	5
	독일	드론탐지	거리:25m, 빔조향 범위:40도	개념연구단계	2
자율비행 및 임무수행	미국	자율비행	20%	핵심기술개발단계	3.2
		편대비행	1.218대	핵심기술개발단계	3.6
감시 및 통제운용	이스라엘	드론감시	360도 감시 RCS:0.01	탐지거리3km, RCS 0.01 최대탐지거리:5km	2
	미국	통제운용드론수	VLOS:2대 BVLOS:4대	VLOS4대 시험예정(2018)	4
드론 플랫폼기술	미국	생체모사형드론	중량:19g 속도:10%	멀티콥터 드론 정밀 제어연구	4
		드론시뮬레이터	HLS/SLS 지원머신링 기능	다중 다시점 시뮬레이션, 현실감 있는 3D map	2

출처: ETRI(한국전자통신연구원) 참조

22) 안티드론 재밍 관련성 연구의 초점을 정보통신기술 진화로 접근하면, 3세대 고속데이터 전송 시대에서 4세대 초고속데이터 전송 시대로 전환이 드론에 미친 영향을 고려(2015년 이후 생산 모델을 기준). 이동통신기술의 세대

론기술진화를 정보통신기술 채용 여부를 기준으로 하였다.

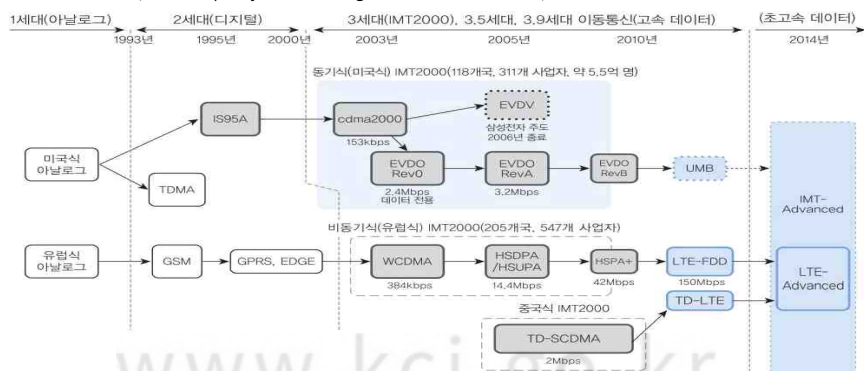
1. 기술통계량 분석

실증연구 대상 모델 선정은 <표 3>에서 논의한 바와 같이 글로벌 시장 점유율, 기술 진화가 뚜렷한 시기에 생산된 기종 등으로 하였으며, 이를 대표하는 3개의 모델을 중심으로 드론기술진화와 안티드론 제밍 관련성을 분석한다.

<표 5> 기술통계량 분석

모델 / 모드		개수	평균	표준편차	95% 신뢰구간	
					최소값	최대값
ALL						
A_모델	1	375	.97	.176	.95	.99
	2	375	.96	.196	.94	.98
	3	375	.94	.240	.91	.96
	Tol	1,125	.96	.206	.94	.97
B_모델	1	375	.949	.2196	.927	.972
	2	375	.963	.1874	.944	.982
	3	375	.942	.2315	.919	.966
	Tol	1,125	.952	.2136	.939	.964
C_모델	1	375	.96	.202	.94	.98
	2	375	.95	.208	.93	.98
	3	375	.93	.250	.91	.96
	Tol	1,125	.95	.221	.94	.96

별 통신방식별 비교(출처: <https://jws2218.blog.me/221486649922>).



모델 / 모드		개수	평균	표준편차	95% 신뢰구간	
					최소값	최대값
풍속 8% 이하 조건						
A_모델	1	265	.99	.106	.98	1.00
	2	265	.97	.161	.95	.99
	3	265	.97	.181	.94	.99
	Tol	795	.98	.153	.97	.99
B_모델	1	265	.966	.1815	.944	.988
	2	265	.985	.1222	.970	1.000
	3	265	.963	.1875	.940	.986
	Tol	795	.971	.1664	.960	.983
C_모델	1	265	.98	.136	.96	1.00
	2	265	.98	.136	.96	1.00
	3	265	.95	.208	.93	.98
	Tol	795	.97	.164	.96	.98
풍속 8% 이상 조건						
A_모델	1	110	.92	.275	.87	.97
	2	110	.93	.261	.88	.98
	3	110	.87	.335	.81	.94
	Tol	330	.91	.292	.87	.94
B_모델	1	110	.909	.2888	.855	.964
	2	110	.911	.2836	.857	.965
	3	110	.893	.3085	.834	.951
	Tol	330	.904	.2931	.873	.936
C_모델	1	110	.90	.301	.84	.96
	2	110	.89	.313	.83	.95
	3	110	.88	.324	.82	.94
	Tol	330	.89	.312	.86	.92

(주1) A_모델(2015년 출시): 모드1:제자리 정지, 모드2:영상송출 중단, 모드3:Wi-Fi RTH, B_모델(2016년 초 출시): 모드1:제자리 정지, 모드2:영상송출 중단, 모드3:Wi-Fi RTH, C_모델(2016년 말 출시): 모드1:제자리 정지, 모드2:영상송출 중단, 모드3:Wi-Fi RTH,

〈표 5〉의 기술통계량 분석에서 모집단(ALL)은 A,B,C모델 모두를 의미하며, 동일한 안티드론으로 반복 측정(모델별 각 1,125회)한 결과로 A,B,C모델 재밍 관련성 평균은 각각 0.96, 0.952, 0.95로 나타나, 기술진화에 따른 재밍 관련성의 차이는 미미하다 할 수 있다.

그러나 A,B,C모델에서의 표준편차가 0.206, 0.2136, 0.221로 나타나, 드론기술진화에 따른 재밍 관련성 차이 분석결과가 의미하는 바가 크다 할 수 있다. 특히 A모델 제자리 정지 모드에서 표준편차가 0.176임에 반하여, C모델 RTH모드에서 표준편차가 0.25로 나타난 것은²³⁾ 가까운 미래에 드론기술진화가 재밍 모드별 관련성의 커다란 변화를 예측하게 하고 있다.

이 같은 편차는 드론 송수신 관련 기술 및 어플리케이션 기술진화 혹은 고도화에 따라 더욱 크게 혹은 작게 나타날 수 있으므로, 본 장에서는 2015년 생산 드론 모델부터 기술진화 단계별로 드론을 분류(A,B,C모델)하여 재밍 관련성의 분석으로 미래 드론기술 고도화에 따른 악의적 드론에 대응을 논의하고자 한다. 이 같은 논의는 다양한 비행 환경에서 이루어져야 일반화될 수 있으므로, 본 연구에서는 드론 비행에 가장 큰 영향을 미치는 요인(풍속) 중심의 논의를 위해 풍속(드론 비행 권고 기준 8m/s)을 기준으로 8m/s 이하 조건과 이상 조건으로 구분하였다.

따라서 기술통계량 분석에서도 풍속 8m/s를 기준으로 이상 조건과 이하 조건으로 구분하였으며, 풍속이 8m/s 이하 조건에서 795회 관측되었고, 풍속 8m/s 이상 조건에서 330회 관측 되었으며, 풍속 8m/s이하 조건에서 재밍 관련성 평균은 A,B,C모델 각각 0.98, 0.971, 0.97로 나타났으며, 풍속 8m/s 이상 조건에서는 각각 0.91, 0.904, 0.89로 나타나, 풍속 8m/s 이상 조건 보다 풍속 8m/s 이하 조건에서 재밍 관련성이 미세하게 높음을 확인 할 수 있었다. 이어진 재밍 모드에 따른 표준편차 비교에서는 풍속이 8m/s 이하 조건에서보다 풍속이 8m/s 이상 조건에서 편차의 폭이 대략 2배정도 크게 나타났다. 이는 풍속이 강할 때 드론기술진화에 따른 재밍 관련성의 차이가 보다 크게 나타나고 있음을 의미한다. 이와 같은 분석 결과는 현 기술수준에서 안티드론 재밍 관련 실증데이터를 확보하지 않으면, 미래 드론기술진화에 대응이 쉽지 않음을 예측하게 한다.

2. 일원배치 분산분석

본 절에서는 일원배치 분산분석으로 분산의 동질성 검정과 모델 간 혹은 모델 내 분산의 확인 및 평균의 동질성 비교, 그리고 사후검증으로 드론기술진화에 따른 재밍 관련성을 설명한다.

23) 드론 제조사들은 RTH 모드 운용에 대해 조종자의 사유재산인 드론 보호를 위함으로 홍보.

〈표 6〉 분산의 동질성 검정

type	ALL(N=1,125)		풍속 8㎞ 이하 조건(N=795)		풍속 8㎞ 이상 조건(N=110)	
	Levene검정값	유의확률	Levene검정값	유의확률	Levene검정값	유의확률
A_모델	8.131**	.000	6.178**	.002	4.340**	.014
B_모델	3.732**	.024	5.532**	.004	0.500	.607
C_모델	5.267**	.005	9.214**	.000	0.372	.690

(주1) ** 는 유의수준 0.05에서 유의함.

(주2) 〈표 1〉의 (주1)과 동일함.

분산의 동질성 검정은 모집단(ALL) 및 풍속 8㎞ 이하 조건 그리고 풍속 8㎞ 이상 조건으로 하였으며 〈표 6〉과 같다. 분산의 동질성 검정에서는 모집단(ALL)의 유의확률(0.05로 나타나, 등분산이 가정되지 않아 일반적인 사후분석으로는 차이를 설명할 수 없었으므로, Games-Howell으로 분석하고,²⁴⁾ Brown-Forsythe, Welch 중 Welch 기법으로 모델 간 및 모드 간 평균 차이의 설명으로 가설을 검정한다.²⁵⁾

그리고 풍속 8㎞ 이하 조건에서도 동일하게 동질성 검정을 한 결과, 모든 모델에서 유의확률(0.05로 나타나, 등분산이 가정되지 않아 Games-Howell과 Welch 기법으로 모델 간 및 모드 간 평균의 차이를 설명한다.

그러나 풍속 8㎞ 이상 조건에서 동질성 검정결과는 A모델이 유의확률(0.05로 등분산이 가정되지 않았지만, B,C모델은 유의확률(0.05로 등분산이 가정되었다. 그러므로 B,C모델은 Scheffe 기법으로 사후분석하여 모델 간 및 모드 간 평균의 차이를 설명하며, 이 같은 사후분석은 등분산 검정에 기초 한다.²⁶⁾

가. A, B, C모델 분산분석에 의한 연구가설 검정

A, B, C모델에서 분산이 서로 포용할 수 있는 범위에 있는지 혹은 포용할 수 있는 범위에

24) 사후분석에서 모델 간 차이가 존재 할 때, 그 차이를 설명하기 위한 분석.

25) Brown-Forsythe, Welch의 통계량 계산으로 모델간 및 모드 간 평균의 동일성을 검정.

통상적으로 Levene 's의 등분산 검증 통계량 :
$$F_L = \frac{(N-k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{z}_i - \bar{z})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (z_{ij} - \bar{z}_i)^2}$$

등분산을 가정하지 않을 경우, 상기 F 통계량 보다 Brown-Forsythe, Welch 분석.

26) 검정결과 귀무가설이 전면 기각되게 되면 그 데이터로는 일원배치 분산분석을 할 수 없게 되므로, 일원배치 분산 분석에 앞서 데이터의 변환을 통해 등분산 가정의 만족이 되도록 한다(등분산 가정이 만족되기 위해서는 유의확률>0.05).

있지 않는지의 확인을 위해 모델 간 평균이 같은지를 알아본다. 그리고 분산분석에서 집단 간 평균의 차이가 없는 것으로 검정되면, 드론기술진화에 따른 재밍 관련성의 차이를 설명할 수 없게 된다. 그러나 반대로 평균의 차이가 확인되면, 드론기술진화에 따른 재밍 관련성 차이를 설명할 수 있다.

〈표 7〉 분산 분석

type	ALL(N=1,125)		풍속 8% 이하 조건(N=795)		풍속 8% 이상 조건(N=330)	
	F-value	유의확률	F-value	유의확률	F-value	유의확률
A_모델	2.032	.132	1.510	.222	1.101	.334
B_모델	.922	.398	1.348	.260	.128	.880
C_모델	1.327	.266	2.295	.101	.093	.911

(주1) ** 는 유의수준 0.05에서 유의함.

(주2) 〈표 1〉의 (주1)과 동일함.

A,B,C모델 간 평균의 차이 확인을 위한 분산분석은 유의수준(0.05)을 기준으로 양측검정 한 결과, 모집단(ALL) 및 풍속 8% 이하 조건 그리고 풍속 8% 이상 조건에서 유의확률>0.05로 나타나, 귀무가설(H0)을 기각할 수 없게 되었으므로, A,B,C모델 간 평균의 차이를 확인할 수 없었다.

이 같은 결과는 본 연구가 이루어지는 동안은 드론기술진화가 재밍 관련성에 부정적인 영향을 미칠 정도로 이루어지지 않았음을 의미하므로, 본 절에서는 분산분석에 기초하여, A,B,C모델 및 재밍 모드 간 재밍 관련성의 차이가 나타나는지를 면밀하게 살피기 위하여 사후분석(Scheffe, Games-Howell 기법)을 하였다.

모집단을 포함한 풍속 8% 이하 조건 및 풍속 8% 이상 조건에서 A,B,C모델 간 분산분석결과는 〈표 7〉과 같이 유의확률>0.05로 나타나 A,B,C모델의 분산은 통계적으로 유의미하다 할 수 없다. 따라서 동 기간 드론기술진화에 따른 재밍 관련성의 차이가 나타나지 않아 가설 1을 채택하였다.

나. 사후분석에 의한 드론 모델 간 연구가설 검정

분산의 동질성 검정결과를 확인할 수 있는 〈표 6〉에 준거하여 유의수준(0.05)을 기준으로 등분산 가정 여부의 판정에 따라, A,B,C모델 간 사후분석을 한다. 따라서 사후분석은 풍속 8% 이상 조건에서는 B,C모델에 한하여 Games-Howell 기법을 적용하였고, 나머지 모델은

Scheffe 기법을 적용하였다. 이는 A,B,C모델 간 재밍 관련성의 차이가 통계적으로 유의한 지 검정과 함께 95% 신뢰구간에서 드론기술진화에 따른 재밍 관련성이 통계적으로 유의한가를 검정하기 위해서 이다. <표 8>은 A,B,C모델 간 사후분석(집단간 분석)으로 기술진화에 따른 재밍 관련성을 확인할 수 있으며, 모집단(ALL)과 풍속 8㎞ 이하 조건 그리고 풍속 8㎞ 이상 조건에서의 확인도 가능하다.

<표 8> A,B,C 모델간 사후분석

type		평균차	p_value	95% Confidence	
				최소값	최대값
ALL(Scheffe)					
A_모델 (Scheffe)	B_모델	.0039	.910	-.018	.026
	C_모델	.0071	.733	-.015	.029
B_모델 (Scheffe)	A_모델	-.0039	.910	-.026	.018
	C_모델	.0032	.939	-.019	.025
C_모델 (Scheffe)	A_모델	-.0071	.733	-.029	.015
	B_모델	-.0032	.939	-.025	.019
풍속 8% 이하 조건(Scheffe)					
A_모델 (Scheffe)	B_모델	.0048	.840	-.015	.025
	C_모델	.0038	.897	-.016	.024
B_모델 (Scheffe)	A_모델	-.0048	.840	-.025	.015
	C_모델	-.0010	.992	-.021	.019
C_모델 (Scheffe)	A_모델	-.0038	.897	-.024	.016
	B_모델	.0010	.992	-.019	.021
풍속 8% 이상 조건(Scheffe, Games-Howell)					
A_모델 (Scheffe)	B_모델	.0018	.997	-.055	.059
	C_모델	.0152	.809	-.042	.072
B_모델 (Games-Howell)	A_모델	-.0018	.996	-.055	.052
	C_모델	.0133	.838	-.042	.069
C_모델 (Games-Howell)	A_모델	-.0152	.796	-.070	.040
	B_모델	-.0133	.838	-.069	.042

(주1) ** 는 유의수준 0.05에서 유의함.

(주2) <표 1>의 (주1)과 동일함.

A,B,C모델 간 사후분석에서는 모든 모델 간 재밍 관련성을 비교하고 있으며, 모집단(ALL)과 풍속 8㎞ 이하 조건 그리고 풍속 8㎞ 이상 조건으로 구분하고 있으며, scheffe, Games-Howell 기법을 적용하였다.²⁷⁾ 사후분석결과 모든 모델에서 유의확률>0.05로 나타나, 통계적으로 유의하다 할 수 없었으므로, 이는 적어도 이 기간 동안은 드론기술진화에 따른 재밍 관련성의 차이가 나타나지 않았음을 의미하고 있다.

이를 구체적으로 살펴보면, 모집단(ALL) 평균 차이 분석에서는 A,C모델 간 평균의 차이가 -0.0071로 가장 작았으나, 95% 신뢰구간에서는 A,C모델 간 평균이 -0.015에서 0.029로 가장 크게 나타났다. 이 같은 분석결과는 A,B,C모델 간의 기술진화에 따른 재밍 관련성 차이가 있다 할 수 없을 정도로 판단된다.

그 다음 풍속을 기준으로 풍속 8㎞ 이하 조건과 풍속 8㎞ 이상 조건으로 A,B모델 간의 사후분석 한 결과에서는 풍속 8㎞ 이하 조건에서 재밍 관련성 평균의 차이가 -0.0048로 가장 작았으나, 95% 신뢰구간에서는 A,B모델 간 평균의 차이가 -0.015에서 0.025로 가장 크게 나타났다. 따라서 풍속 8㎞ 이하 조건에서는 A,B,C모델 간 드론기술진화에 따른 재밍 관련성의 차이가 있다 할 수 없을 정도로 판단된다.

덧붙여 풍속 8㎞ 이상 조건에서의 A,B,C모델 간 사후분석결과 평균의 차이가 가장 작게 나타난 A,C모델에서는 -0.0152 이었으며, 95% 신뢰구간에서는 A,C모델 간 평균의 차이는 -0.042에서 0.072로 나타나, 풍속 8㎞ 이상 조건에서는 A,B,C모델 간 드론기술진화에 따른 재밍 관련성의 차이는 있다 할 수 없어 가설 2.1을 채택하였다.

다. 사후분석에 의한 재밍 모드 간 연구가설 검정

재밍 모드에 따른 사후분석은 모드 내 평균의 차이가 통계적으로 유의한지의 검정과 95% 신뢰구간에서 기술진화에 따른 재밍 관련성의 차이를 확인하기 위해서 이다. 따라서 재밍 모드에 따른 사후분석에서는 비교 가능한 모든 재밍 모드 간의 관계 분석으로 <표 9>과 같다. 분석결과는 재밍 모드에 따라 모집단(ALL)과 풍속 8㎞ 이하 조건 그리고 풍속 8㎞ 이상 조건으로 나타내고 있으며, 이 같은 검정에서도 scheffe, Games-Howell 기법을 적용한다.

27) scheffe검정은 등분산이 가정되었을 때, Games-Howell검정은 등분산이 가정되지 않았을 때.

〈표 9〉 재밍 모드 간 사후분석

type	mode		평균차	p_value	95% Confidence	
					최소값	최대값
ALL(Scheffe)						
A_모델 (Scheffe)	1	2	.008	.868	-.03	.04
		3	.029	.150	-.01	.07
	2	1	-.008	.868	-.04	.03
		3	.021	.366	-.02	.06
	3	1	-.029	.150	-.07	.01
		2	-.021	.366	-.06	.02
B_모델 (Scheffe)	1	2	-.0139	.674	-.052	.024
		3	.0069	.906	-.031	.045
	2	1	.0139	.674	-.024	.052
		3	.0208	.411	-.017	.059
	3	1	-.0069	.906	-.045	.031
		2	-.0208	.411	-.059	.017
C_모델 (Scheffe)	1	2	.003	.986	-.04	.04
		3	.024	.332	-.02	.06
	2	1	-.003	.986	-.04	.04
		3	.021	.418	-.02	.06
	3	1	-.024	.332	-.06	.02
		2	-.021	.418	-.06	.02
풍속 8% 이하 조건(Scheffe)						
A_모델 (Scheffe)	1	2	.015	.524	-.02	.05
		3	.023	.234	-.01	.06
	2	1	-.015	.524	-.05	.02
		3	.008	.851	-.02	.04
	3	1	-.023	.234	-.06	.01
		2	-.008	.851	-.04	.02
B_모델 (Scheffe)	1	2	-.0189	.427	-.054	.017
		3	.0030	.978	-.032	.038
	2	1	.0189	.427	-.017	.054
		3	.0219	.318	-.014	.057
	3	1	-.0030	.978	-.038	.032
		2	-.0219	.318	-.057	.014
C_모델 (Scheffe)	1	2	.000	1.000	-.03	.03
		3	.026	.179	-.01	.06
	2	1	.000	1.000	-.03	.03
		3	.026	.179	-.01	.06
	3	1	-.026	.179	-.06	.01
		2	-.026	.179	-.06	.01

type	mode		평균차	p_value	95% Confidence	
					최소값	최대값
풍속 8% 이상 조건(Scheffe, Games-Howell)						
A_모델 (Scheffe)	1	2	-.009	.974	-.11	.09
		3	.045	.514	-.05	.14
	2	1	.009	.974	-.09	.11
		3	.055	.384	-.04	.15
	3	1	-.045	.514	-.14	.05
		2	-.055	.384	-.15	.04
B_모델 (Games-Howell)	1	2	-.0018	.999	-.093	.089
		3	.0164	.913	-.079	.111
	2	1	.0018	.999	-.089	.093
		3	.0182	.892	-.076	.112
	3	1	-.0164	.913	-.111	.079
		2	-.0182	.892	-.112	.076
C_모델 (Games-Howell)	1	2	.009	.974	-.09	.11
		3	.018	.903	-.08	.12
	2	1	-.009	.974	-.11	.09
		3	.009	.976	-.09	.11
	3	1	-.018	.903	-.12	.08
		2	-.009	.976	-.11	.09

(주1) ** 는 유의수준 0.05에서 유의함.

(주2) <표 1>의 (주1)과 동일함.

사후분석결과, 모든 재밍 모드에서 유의확률>0.05 나타나, 통계적으로 유의하다 할 수 없었다. 그러므로 기술진화에 따른 재밍 관련성의 차이가 발견되지 않아 가설 2.2를 채택하였다.

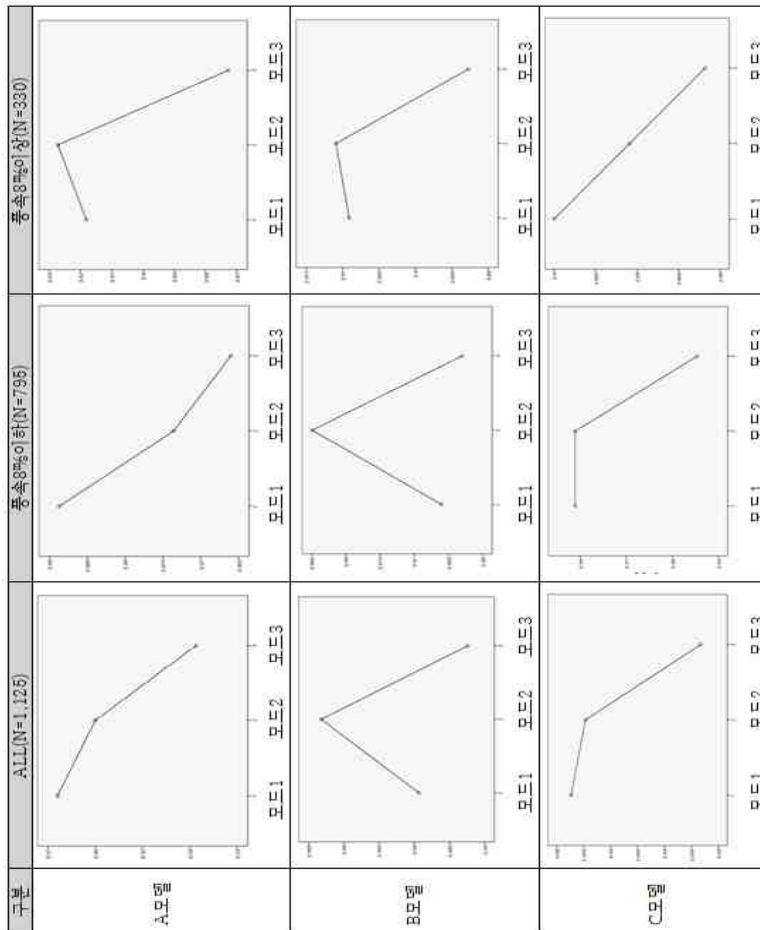
그러나 A모델의 재밍 모드 1과 2사이에 평균의 차이가 0.008, B모델의 재밍 모드 1과 3사이에 평균의 차이가 0.0069, C모델의 재밍 모드 1과 2사이에 평균의 차이가 0.003로 나타났다음에 유의할 필요가 있다. 이는 A모델에서 C모델로 갈수록(기술진화가 거듭됨에 따라) 재밍 모드 간 평균의 차이가 미미하게나마 좁혀지고 있음을 나타내고 있음이다. 따라서 연구기간 동안은 드론기술진화에 따른 재밍 모드별 분석에서 재밍이 안정적으로 이루어지고 있음을 나타내고 있다 할 수 있다.

이처럼 가설 2.1과 가설 2.2의 채택에 따라 본 연구 목적인 기술진화에 따른 재밍 관련성 검증 결과 A,B,C모델 간 및 재밍 모드 간 평균의 차이가 발견되지 않아 가설 2를 채택하였다.

3. 추가 검증

A,B,C모델 간(집단 간) 및 재밍 모드 간(집단 내) 분석결과를 그래프로 비교하기 위해 추가검정을 하였다. 각 그래프의 X축은 재밍 모드를 나타내고, Y축은 재밍 관련성을 나타내며, 가로방향은 모집단(ALL), 풍속 8% 이하 조건, 풍속 8% 이상 조건을 나타내고 있으며, 세로방향은 모델별 분류를 나타내고 있다.

〈그림 4〉 ABC모델 및 재밍 모드 간의 재밍 관련성



〈그림 4〉는 A,B,C모델 간 기술진화와 재밍 모드 간 재밍 관련성을 비교하는 패턴으로, 모델별 재밍 패턴 분석에서는 C모델에서 안티드론 재밍 관련성이 가장 유사함을 볼 수 있다. 이는 3개 모델 중 C모델(최근 개발모델)의 재밍 관련성이 가장 안정적임을 의미하는 것이다. 이에 반해 B모델의 모드 간 재밍 관련성 패턴에서는 타 모델에 비해 불안정하게 나타나 기술진화에 따른 과도기 현상으로 볼 수 있다.

또한 재밍 모드3(RTH 모드)에서 기술진화에 따른 재밍 관련성이 비교적 낮게 나타났다. 이는 드론 제조사들이 고객의 사유재산인 드론을 보호하기 위하여 재밍 모드3인 RTH 모드의 기능을 강화한 것으로 해석된다.

아울러 연구자가 본 연구를 계획하면서 재밍 모드1(제자리 정지)에서 기술진화에 따른 재밍 관련성이 가장 높을 것으로 예상하였으나, 추가분석결과 재밍 모드2(영상송출 중단)에서 기술진화에 따른 재밍 관련성이 가장 높게 나타났다. 이는 드론 제조사들이 엄격히 규정하고 있는 전파관련 법·규정(영상출력 5.8GHz에서 10mW)²⁸⁾을 성실히 준수하고 있음을 의미한다 할 수 있다.

ALL조건과 풍속 8% 이상 조건에서 A모델과 C모델의 재밍 패턴이 서로 반전되어 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 재밍 모드1(제자리 정지)에서 기술진화에 따른 재밍 관련성과 재밍 모드3(RTH 모드)에서 기술진화에 따른 재밍 관련성이 유사함을 의미하는 것으로 해석할 수 있으며, 또한 재밍 모드2(영상송출 중단)에서는 C모델에 가까워질수록(기술진화가 이루어질수록) 재밍 관련성이 높게 나타나고 있음을 확인 할 수 있다. 이는 전파관련 법·규정의 적용이 매우 엄격함에 따른 것으로 해석 된다.

V. 결 론

초창기 드론은 대부분 군사용이었으므로, 드론의 성능 및 기능은 이미 고도화된 상태에서 상업용으로 전환되었다 할 수 있다. 이는 군사용 드론 기술에 다양한 어플리케이션 및 센서 기술 등이 폭 넓게 연구되고 있음을 의미한다. 이에 따라 군사용 드론과 상업용 드론 기술의 차이, 그리고 비행 규제에 따른 연구 등에 관심이 높아지고 있다. 그리고 상업용

28) 2.4GHz에서 30mW, 5.8GHz에서 10mW 출력으로 전파법은 규정하고 있다.

드론 시장에 중소기업이 참여하게 되면서, 비행 안전성에 대한 우려가 높아지기 시작하였고, 드론을 이용한 범죄, 테러 등의 보도는 국민들에게 드론을 위험한 디바이스 혹은 위협적인 디바이스로 인식을 각인시키고 있다 할 수 있다.

이에 따라 본 연구는 정부의 드론 관련 규제 완화 정책과 다양한 수요 조사, 그리고 투자 증대에 기여를 목표로 드론의 사생활침해와 테러 해킹 등에 초점을 두고, 정보통신기술 고도화에 따른 드론 설계·제작기술 융·복합의 영향에 초점을 두면서, 국민과 정부의 생명과 재산을 보호하는데 연구의 목표를 두고 있다.

이를 위해 기술진화에 따른 모델 간 재밍 관련성 차이는 실증 데이터 중심의 사후분석으로 연구결과를 정리하고, 드론 비행에 가장 큰 장애 요인인 풍속 등을 중심으로 그 차이를 세분화하여, 드론기술진화에 따른 재밍 관련성을 설명 한다.

첫째, 기술진화에 따른 재밍 관련성 분산분석결과 모집단(ALL) 및 풍속 8%이하 조건에서는 모든 모델에서 유의확률(<0.05)로 나타나, 분산이 동일하다할 수 있었다. 그러나 풍속 8% 이상 조건에서는 B,C모델에서 유의확률(>0.05)로 나타나 분산이 동일하다할 수 없었다. 하지만 모집단(ALL)을 포함한 풍속 8% 이하 조건 및 풍속 8% 이상 조건에서 A,B,C모델 간 분산이 유의확률(>0.05)로 나타나, 기술진화에 따른 재밍 관련성이 통계적으로 유의미하다 할 수 없으므로 가설 1을 채택하였다.

둘째, 기술진화에 따른 A,B,C모델 간 사후분석결과 모든 조건에서 유의확률(>0.05)로 나타나, 기술진화에 따른 A,B,C모델 간 재밍 관련성 차이가 확인되지 않아 가설 2.1을 채택하였다.

셋째, 기술진화에 따른 재밍 모드 간 사후분석결과에서도 모든 조건에서 유의확률(>0.05)로 나타나, 기술진화에 따른 재밍 모드 간 재밍 관련성 차이가 확인되지 않아 가설 2.2을 채택하였다.

이를 종합하면, A,B,C모델 간 재밍 관련성 평균의 차이는 미미하였으나, 표준편차의 차이로 보아, 미래의 드론기술진화는 재밍에 영향을 미칠 것으로 예측된다. 그러나 다행스럽게도 사후분석결과 A모델에서 C모델로 갈수록(드론기술이 진화할수록) 평균의 차이가 좁혀지고 있으므로, 연구 동안은 드론기술의 진화가 재밍의 안정성을 높이는 방향으로 이루어졌음을 의미하고 있다. 그러나 미래에는 다르게 나타날 수 있으므로 이에 대비하여야 할 것으로 판단된다.

진화하고 있는 정보통신기술이 드론 설계·제작 기술과 융·복합되었을 때를 대비한 본 연구는 고도화된 정보통신기술과 드론 설계·제작기술의 융·복합에 의한 드론 기술진화가

우리에게 미치는 영향을 예방적 차원에서 접근한 연구로 볼 수 있다. 이 같은 연구는 다양한 모델을 대상으로 하여야 하나, 기술격변기에 짧은 기간 동안 3개의 모델을 대상으로 드론기술진화와 안티드론 제밍 관련성 데이터로 분석함에 따른 연구의 한계를 가진다 할 수 있다. 그러나 기술격변기 연구라는 의의를 가진 연구로 보았으면 하는 바람을 가지고 있다. 그러므로 향후연구에서는 정보통신분야 외 다양한 첨단 분야 기술과 드론 기술의 융·복합을 주제로 하는 후속연구가 이어지기를 바라며, 후속연구에서는 보다 다양한 드론 모델을 대상으로 민·관(경찰 및 관련기관)이 함께 수집한 빅데이터로 드론 기술진화와 안티드론 관련성 연구로 이어져 경찰 임무장비로 안티드론의 폭 넓은 활용방안 논의가 이루어지기를 바란다.

〈 논문접수 2019. 07. 25, 심사개시 2019. 08. 28, 게재확정 2019. 09. 24. 〉

참고문헌

I. 단행본

왕기철 · 이병선 · 안재영, 무인기 ICT 기술 개발 동향. 정보통신기술진흥센터, 주간기술동향, 2018.

II. 논문

권기범, “국외 드론(무인항공기) 규제현황 및 분석 최종보고서”, 산업통상자원부, 2017.

김지훈, “중국법상 무인기(드론) 규제 현황과 시사점”, 경희대학교 법학연구소, 52(3), 2017. 233-278.

_____, “일본과 한국의 무인기(드론) 관련 규제에 관한 비교법적 연구”, 연세대학교 법학연구원, 27(4), 통권 76호, 2017. 379-416.

김형주 · 이상원, “경찰 예방임무용 Anti Drone 활용 방안에 관한 연구”, 한국치안행정논집, 15(3), 2018. 91-112.

김형주 · 이상원 · 김범모, “경찰임무용 안티드론 실증분석”, 치안정책연구소, 32(2), 2018. 69-93.

정순채, “4차 산업혁명의 요소기술이 융합된 드론의 보안규제 및 영상추적에 대한 연구”. 서울과학기술대학교 대학원, 정보통신미디어공학전공, 박사학위논문. 2017.

II. 기타

「전파법」, 법률 제15373호.

「항공안전법」, 법률 제15326호.

<https://jws2218.blog.me/221486649922> 검색

http://www.breaknews.com/sub_read.html?uid=583803 검색

<https://www.kari.re.kr/kor.do> 검색

<https://www.etri.re.kr> 검색

A Study on the Evolution of Drone Technology and Anti-Drone Jamming

Kim, Hyung Ju* · Kim, Beom Mo**

This study analyzes the correlation of anti-drone jamming technology and drones, being on high-end evolution of technology.

In this study, the methodology applied is a ANOVA of variance using three different models of drone with advanced communication technology. In the descriptive statistics analysis, the average of A, B, and C models were 0.96, 0.952, and 0.95, respectively. Also, the analysis of the evolution of the drone technology centered on the wind speed did not reveal the average difference in the jamming relevance between A, B, and C.

First, the distribution of jamming relevance according to the evolution of the drone technology showed a significance < 0.05 in the A, B, and C models in all study samples under the condition of 8 m/s wind speed. However, in the analysis on days with wind speeds of 8 m/s or more, the probability of significance in B and C models was > 0.05 .

Second, the analysis of variance between model and jamming modules according to the evolution of drone technology showed a significance of > 0.05 in all conditions, And we could not confirm the difference in jamming relevance due to the evolution of the drone technology.

According to the results of the analysis, the difference between the mean of each model was small, but the difference of the standard deviation suggests that future drone technology evolution will affect jamming. In the post-analysis between the model and the jamming mode, the difference between the A model and the C model is narrowed. During the study, the evolution of drone technology has evolved to add stability to jamming.

* Professor, Engineering Innovation Training Center, Dankook University.

** Visiting Researcher, Korea Drone Biz Forum, Association, Inc.

Therefore, this study predicts that, when the future communication technology is evolved and integrated into the design and production of the drone, there will be rising need for the development and research of the anti-drone technology and further application in the work equipment.

● Key Words : Anti-drone, Drone, Evolution-technology, Jamming-mode, Wind-speed