

제4장

드론사고 디지털포렌식 현황 및 개선방안

제1절 | 드론사고 디지털포렌식의 개념과 필요성

1. 드론의 개념과 발전과정

드론(Drone)이란 드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률에서 조종자가 탑승하지 아니한 상태로 원격조종 또는 자동으로 항행할 수 있는 동력 비행체라고 정의하고 있다.(제2조) 드론의 어원을 살펴보면, 최초 미국에서 1차 세계대전 중 “Kettering Bug”라는 공중무인기동체(UAV, unmanned aerial vehicle)를 개발하여 연구를 진행하였다. 하지만 비행 후 기체를 회수할 수 없는 일회성으로 사용되었고, 이후 1930년대 2차 세계대전을 맞이하면서 영국에서 “Queen Bees”라고 불리는 재사용이 가능한 무인항공기를 개발하여 대공포 훈련용으로 사용하였다.⁸⁶¹⁾ 이는 오늘날 드론이라는 용어로 발전하게 되었고, 세계 최초로 왕복 비행과 재사용이 가능한 무인비행체의 원조라고 할 수 있다.⁸⁶²⁾ 이처럼, 드론은 UAV에서 시작되었으나, 국제적으로 표준화가 되지 않아 무인항공기(UA, Unmanned Aircraft), 무인항공기시스템((UAS, Unmanned Aircraft System), 원격조종항공기(RPA, Remotely Piloted Aircraft), 원격조종항공기 시스템 (RPAS, Remotely Piloted Aircraft System) 등 해외에서는 다양한 명칭으로 사용하고 있다.⁸⁶³⁾

861) DeGarmo, M. T., 2014, 『Issues concerning integration of unmanned aerial vehicles in civil airspace』, Center for Advanced Aviation System Development, https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/04_1232.pdf, 최종검색일 2021.11.15.

862) 민진규·박재희, 2018, 『드론학 개론 - 현장가이드 북』, 배움 출판사.

863) 안진영, 2018, “세계의 민간 무인항공기시스템(UAS) 관련 규제 현황”, 항공우주산업기술동향, 13(1),

기존에 군사 목적으로 사용된 드론은 2000년대에 들어서면서 사물인터넷(IoT), 클라우드(Cloud), 빅 데이터(BigData) 등과 같은 다양한 정보통신기술과 접목되면서 건설, 물류·운송, 환경·교통, 정보통신, 에너지, 농업, 영상, 감시·방재 등 상업용 시장으로 급격하게 확대·성장하였다. 이는 GPS, WiFi, Camera, 전자광학·적외선 감지센서, 무기, 측량장비, 통신 중계기 등과 같은 부가장치와의 결합 및 무선통신 환경의 발달과 맞물려 성장에 가속도가 붙게 되었다.

해외의 경우 미국은 2013년 아마존에서 드론으로 제품을 배송하는 아마존 프라임 에어(Prime Air) 서비스 계획을 발표⁸⁶⁴ 후 3년 만에 영국 캠브리지에 거주하는 고객에게 드론을 통해 제품을 배송하는데 성공하였다.⁸⁶⁵ 이후 미국 내 드론 관련 신생 기업들이 펀딩에 성공하면서 미국 드론 산업 생태계가 빠르게 성장하였다.⁸⁶⁶ 중국은 2015년 세계 20대 드론 기업 중 10곳이 선정되었고 그중 5개 기업(DJI, Zero Tech, Xaircraft, PowerVision, 베이징항공항천대학연구소)이 Top 10에 진입하였다. 중국의 DJI는 세계 드론 시장의 선두 그룹으로 2013년 Phantom 드론 출시 이후 급격하게 성장하였으며, 2014년 Inspire 1를 출시하여 글로벌 소비형 드론시장의 50%를 확보하였다.⁸⁶⁷

국내의 경우 2017년 국토교통부에서 드론산업 발전 기본계획(2017~2026)을 발표하였다.⁸⁶⁸ 2026년까지 국내 드론 시장규모를 4조 4000억 원으로 키우고, 기술경쟁력 수준을 세계 5위권 내로 진입, 사업용 드론 5.3만 대 상용화를 목표로 하고 있다. 한편, 과학기술정보통신부에서는 무인이동체 기술혁신과 성장 10개년 로드맵을 수립하였다.⁸⁶⁹ ① 6대 공통핵심기반기술 개발, ② 5대 용도별 플랫폼 개발, ③ 산업화 촉진을 통해 무인이동체 기술 및 시장 선점을 위한 구체적인 추진 방향을 제시하고 있다.

51-67면.

864) CBS News, "Amazon Unveils Futuristic Plan: Delivery by Drone", 2013년 12월 1일자, <https://www.cbsnews.com/news/amazon-unveils-futuristic-plan-delivery-by-drone/>, 최종검색일 2021.11.15.

865) Amazon prime air, "First Prime Air Delivery", 2016년 12월 7일자, <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>, 최종검색일 2021.11.15.

866) Kotra, 2019, 『2020 드론 주요시장 보고서』, 3면.

867) 백서인·손은정·김지은, 2019, "중국 과학기술·신산업 혁신 역량 분석 : ① 중국의 드론 굴기와 한국의 대응 전략", STEPI Insight, 235, 20면.

868) 국토교통부, 2017, 『드론산업 발전 기본계획(안)(2017~2026)』, 2017.

869) 과학기술정보통신부, 2017, "무인이동체 기술혁신과 성장 10개년 로드맵", <https://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=37916>, 최종검색일 2021.11.15.

2. 드론사고 디지털포렌식 필요성

드론은 정보기술 발전에 힘입어 군사용에서 상업용으로 급속도로 확대되면서 그 활용 분야 또한 다양해질 것으로 보인다. 하지만 이에 대한 역기능 또한 심심치 않게 발생·증가하는 추세이다. 한국소비자원의 안전감시국 제품안전팀에서는 2017년 6월 「드론 안전실태 조사결과」를 통해 드론의 위해 사례를 분석한 바 있다.⁸⁷⁰⁾ 해당 조사결과 보고서에 따르면 드론에 의한 위해 원인으로 드론과의 충돌, 배터리 폭발 및 발화, 드론 추락 및 오작동이 있으며, 신체에 가해진 위해 증상으로는 열상(찢어짐), 찰과상, 절상(베임), 골절, 타박상, 기타 피부 및 피하조직 손상으로 확인되었다. 위해 사례로는 배터리 충전 간 화재가 발생하여 150만원 상당의 재산 피해가 발생하고, 배터리 폭발로 벽지와 바닥의 그을림이 발생하였으며, 만3세의 남아가 비행 중인 드론에 얼굴을 부딪쳐 안구 타박상을 입었으며, 만41세의 남성이 드론 프로펠러에 손등이 닿아 열상을 입은 사례가 보고되었다.

2017년 11월 13일 특정재래식무기금지협약(CCW) UN 컨퍼런스에서 공개한 슬로터 봇은 안면인식 및 자동비행 기술 등을 포함한 인공지능 드론을 선보였다. 3g의 폭약을 장착하고 사람보다 100배 빠르게 움직이며 군집 이동 및 안면인식 기술 등을 통해 대량 살상의 가능성을 시사 하였다. 이러한 마이크로 드론에 의한 테러 위험성은 현재 국내의 법·제도의 제재를 받지 않기 때문에 우려가 증가되는 실정이다. 2018년 4월 4일 베네수엘라 니콜라스 마드로 대통령은 수도 카라카스에서 열린 국가방위군 창설 81주년 행사에서 연설 도중 드론이 폭발하는 사건이 발생하였다.⁸⁷¹⁾ 이로 인해 군인 7명이 다쳤으며, 이중 3명은 중상을 입은 것으로 알려졌다. 테러에 사용된 드론은 DJI사의 M600 시리즈로 약 1kg의 C-4 폭발물이 탑재된 것으로 확인되었다.⁸⁷²⁾ 이처럼 상용 드론을 이용하여 페이로드에 폭탄을 설치, 테러에 활용하는 사례도 해외

870) 한국소비자원 안전감시국 제품안전팀, 2017, 『드론 안전실태 조사결과』,
<https://www.kca.go.kr/smartconsumer/board/download.do?menukey=7301&fno=10019855&bid=00000146&did=1002540322>, 최종검색일 2021.11.15.

871) 조선일보, “암살 드론'이 현실로... 베네수엘라 대통령 공격당해”, 2018년 8월 6일자,
https://www.chosun.com/site/data/html_dir/2018/08/06/2018080600093.html, 최종검색일 2021.11.15.

872) 이데일리, “베네수엘라 대통령 암살 용의자로 6명 체포..‘드론 사용’”, 2018년 8월 6일자,
https://news.v.daum.net/v/20180806085851929?s=print_news, 최종검색일 2021.11.15.

에서 벌어지고 있다는 사실에 주목해야 할 것이다. 2015년 4월 22일 일본 도쿄 총리관저 옥상에서 방사성 세슘을 포함한 통이 설치된 드론이 발견되었으며, 경찰서에 자진 출두한 40대 일본인 남성은 원전 반대 주장을 호소하기 위해 드론을 날린 것으로 확인되었다.⁸⁷³⁾ 해당 테러에 사용된 드론은 프로펠러 4개의 지름 약 50cm 크기에 소형카메라와 플라스틱 용기가 부착되어 있었다.⁸⁷⁴⁾ 당시 일본 항공법상 낮은 고도로 비행할 경우 관련 규제가 없는 것으로 확인되어 제도적 취약점을 보여준 사례라고 볼 수 있으며,⁸⁷⁵⁾ 2015년 6월 의원입법으로 국가중요시설 상공에서의 드론 비행규제와 관련된 '소형무인기 등 비행금지법'이 발의되는 계기가 된 사례이다.⁸⁷⁶⁾

2011년 12월 4일 미국 록히드마틴에서 이스라엘과 공동 제작한 RQ-170 Sentinel 드론이 이란 군에게 포획된 사건은 드론 해킹의 대표적인 사례로 GPS 스푸핑 공격을 통해 이란 해커가 의도한 곳으로 드론이 착륙하도록 하였다. 이란 정부는 포획한 드론을 정밀 분석하여 역 공학을 통해 유사 기술을 확보한 것으로 보인다.⁸⁷⁷⁾ 해당 사건은 드론의 GPS 신호가 암호화되지 않음에 따라 쉽게 위·변조 가능한 취약점을 활용한 공격으로 드론 개발 시 사이버보안 기술 적용이 필수적임을 시사한다.⁸⁷⁸⁾ 2008년 미국 Predator 드론의 비디오 영상이 이라크에 의해 해킹당해 탈취당한 사건은 영상정보가 암호화되어 처리되지 않아 위성 네트워크를 통해 다운받을 수 있었던 것으로 확인되었다.⁸⁷⁹⁾ 2012년 5월에는 대한민국 해군의 정찰·통신 중계용 S-100 드론이 추락하여 원격조종사 1명이 사망하고, 한국인 2명이 부상을 입었다.⁸⁸⁰⁾ 이는

873) 연합뉴스, “日총리관저서 발견 '세슘 드론' 13일간이나 방치(종합)”, 2015년 4월 25일자, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20150425019651073>, 최종검색일 2021.11.17.

874) YTN (2015. 4. 23.), “일본 총리 관저에서 '드론' 발견...방사성 물질 검출”, <https://news.nate.com/view/20150423n01077?mid=n1006>, 최종검색일 2021.11.17.

875) 중앙일보, “일본 총리 관저에 추락한 드론서 방사능 검출”, 2015년 4월 22일자, <https://www.joongang.co.kr/article/17647439#home>, 최종검색일 2021.11.17.

876) 국회입법조사처, 2020, 『외국입법 동향과 분석 제27호 일본 국가중요시설 주변지역 드론 비행 금지법의 주요내용과 시사점』, 3면.

877) 박태규·김영준·김소연·이승엽·이지환, 2015, “무인항공기 사이버 보안 사고사례와 보안 취약성”, 정보통신기획평가원 주간기술동향, 2-3면.

878) The ScienceTimes, “드론은 해킹에 얼마나 취약할까?”, 2016년 12월 20일자, <https://www.sciencetimes.co.kr/news/%EB%93%9C%EB%A1%A0%EC%9D%80-%ED%95%B4%ED%82%B9%EC%97%90-%EC%96%BC%EB%A7%88%EB%82%98-%EC%B7%A8%EC%95%BD%ED%95%A0%EA%B9%8C/> 최종검색일 2021.11.17.

879) 박태규·김영준·김소연·이승엽·이지환, 2015, “무인항공기 사이버 보안 사고사례와 보안 취약성”, 정보통신기획평가원 주간기술동향, 4-5면.

880) 아시아경제, “[2013국감]해군 무인기 GPS 전파 교란에 취약”, 2013년 10월 23일자,

북한으로 추정되는 GPS 재밍에 의해 무인기가 추락한 것으로 상용 GPS의 취약점을 악용한 것이었다. 2017년 미 육군은 사이버보안 취약점 등을 이유로 DJI 드론 사용을 금지하는 공문을 하달하였다. 우리 군에서도 2018년이 이와 같은 이유로 인해 상용 드론을 군내에서 활용 시 보안조치 및 검증을 통과한 제품으로 한정하여 사용토록 안내하고 있으며, 2020년에는 국방 드론 보안가이드라인을 배포하여 드론 보안을 준수할 것을 강조하고 있다. 2018년 11월 해커들이 중국 드론업체인 DJI를 해킹하여 드론이 수집한 사진·동영상, 비행경로 등을 무단으로 수집한 사례가 보도되면서 드론 보안에 대한 우려는 지속되고 있으며,⁸⁸¹⁾ DJI 드론만을 전문적으로 해킹하는 콤퓨세이프는 GPS 소프트웨어를 조작하여 지오펜스(Geofence)와 같은 비행금지구역을 통과할 수 있도록 하고 제조사에서 제한한 기능들을 소프트웨어적으로 해킹하여 온라인에 공개·판매함으로써 드론 위험을 증가시키고 있다.⁸⁸²⁾⁸⁸³⁾

동두천시에서는 주한미군 드론(무인정찰기) 운용에 따른 소음 민원이 수년간 지속적으로 발생 중이며, 국민신문고 및 전화로 민원이 17차례 접수되는 등의 문제를 겪고 있다.⁸⁸⁴⁾ 순간 최고소음이 약 55~80dB 정도까지 측정되고, 상시적으로 드론이 운용됨에 따른 주민들의 수면장애 및 불편상황이 발생하고 있다. 국민권익위에서 발표한 1,276건의 드론 관련 민원 분석 결과, 드론으로 인한 불편사항은 393건(30.8%)으로 이 중 주거지역·공원 등 소음 및 사생활 침해로 드론 비행을 신고·계도하는 내용이 262건(66.7%)로 가장 많았으며, SNS에 게재하는 목적 등으로 야간비행 신고가 81건(20.6%)으로 그 뒤를 이었다.⁸⁸⁵⁾

<https://www.asiae.co.kr/article/2013102311065382627>, 최종검색일 2021.11.17.

881) 중앙일보, “해킹 쉬운 드론, GPS 교란시켜 빼돌릴수 있을까”, 2018년 12월 4일자,

<https://www.joongang.co.kr/article/23177968#home>, 최종검색일 2021.11.17.

882) 보안뉴스, “전 세계적인 이슈 ‘드론 해킹’ 쉬운 만큼 문제 많다”, 2017년 7월 5일자,

<https://www.boannews.com/media/view.asp?idx=55952>, 최종검색일 2021.11.17.

883) ZDNet Korea, “드론도 탈옥시킨다…해커 vs 제조사 ‘전쟁’”, 2017년 7월 12일자,

<https://zdnet.co.kr/view/?no=20170712011803&from=pc>, 최종검색일 2021.11.17.

884) 경기신문 “동두천지역 미군 드론 소음으로 시민 불편 가중”, 2021년 6월 21일자,

<https://www.kgnews.co.kr/mobile/article.html?no=652665>, 최종검색일 2021.11.17.

885) 국민권익위원회, “‘드론’ 관련 민원 1,276건 분석, 제도개선 착수”, 2020년 7월 30일자,

https://www.acrc.go.kr/acrc/board.do?command=searchDetail&menuId=05050102&method=searchDetailViewInc&boardNum=83822&currPageNo=31&confId=4&conConfId=4&conTabId=0&conSearchCol=BOARD_TITLE&conSearchSort=A.BOARD_REG_DATE+DESC%2C+BOARD_NUM+DESC, 최종검색일 2021.11.15.

이처럼 드론은 자체로써 범죄수단으로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 법익침해의 위험성이 전 방위적이며 이에 대한 조사조차 쉽지 않다.⁸⁸⁶⁾ 구 한국형사정책연구원(현 한국형사·법무정책연구원)의 2019년 보고서에 따르면 드론에 의한 항공교통방해, 주거침입, 프라이버시 보호, 기업비밀 유출, 인명 및 재산 피해, 음주 드론과 같은 사고행위에 대한 우려와 이에 대응하기 위한 형법, 항공안전법 등의 개선안을 제시한 바 있다.⁸⁸⁷⁾ 드론은 다양한 산업군에 걸쳐, 민간·공공을 막론하고 새로운 가능성을 내포하고 있다. 앞으로 드론 시장은 국내뿐만 아니라 국제적으로도 더욱 보편화·활성화 될 것이다. 하지만 드론을 보다 안전하게 사용하고, 사고 발생 시 효과적으로 대응·개선하기 위해서 디지털포렌식의 필요성은 점차 커져갈 것이다. 예컨대, 드론 보험제도와 관련하여 사고원인 규명에 따른 책임부담자 설정, 사고통계, 파손부위, 사고 형태별 빈도 등을 종합하여 보험료를 산정함에 있어 디지털포렌식의 역할이 그 무엇보다도 중요할 것으로 보인다.

제2절 | 드론사고 디지털포렌식 대응현황 및 법제

1. 드론사고 대응현황

가. 국토교통부의 제3차 항공정책기본계획(2020~2024)

국토교통부에서는 국토계획평가 대상으로 11개 기간시설계획 중 하나인 항공정책 기본계획을 수립하여 운영하고 있고, 현재 3차 계획을 수립(2020~2024)하여 시행하고 있다.⁸⁸⁸⁾ 크게 5대 전략과 30개 핵심과제로 세분화하여 시행되고 있으며 이중 드론

886) 윤지영·임정호·이민화·김성돈, 2019, 『제4차 산업혁명 시대의 형사사법적 대응 및 발전방안 (I)』, 한국형사정책연구원 연구총서, 310면.

887) 윤지영·임정호·이민화·김성돈, 2019, 『제4차 산업혁명 시대의 형사사법적 대응 및 발전방안 (I)』, 한국형사정책연구원 연구총서, 321-329면.

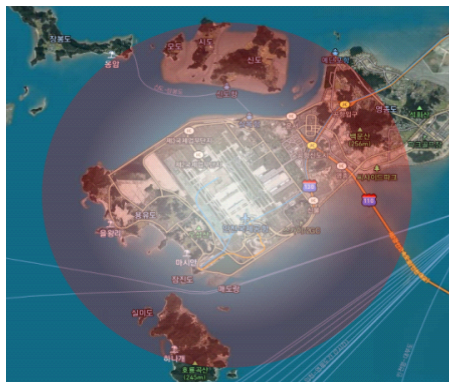
888) 국토교통부, 2019, 『제3차 항공정책기본계획(2020~2024)』, https://www.prism.go.kr/homepage/entire/downloadResearchAttachFile.do?sessionId=G9vIFGOa+juvSBLDaoMEezZW.prism_40?workKey=001&fileType=CPR&seqNo=001&pdfConvYn=N&researchId=1613000-201900161, 최종검색일 2021.11.15.

안전과 관련하여 일정기준 이상 드론에 대한 소유자 실명정보 등록, 고위험 드론에 대한 조종자격 취득 후 운영토록 제도 개선, 드론 통합관리 시스템 개발·운영으로 자동차 수준의 소유자 및 이력 관리, 드론 방어체계와 연동된 민간 무인항공기 통합등록관리 시스템 구축 및 운영, 드론 사고에 대한 보험제도 개편 및 드론 보험 의무가입 대상 확대를 추진 중에 있다. 이 중 드론 소유자 실명 및 보험제도 부분은 사고 시 실소유주 확인을 통한 비행 주체 식별뿐만 아니라 보험 과실여부 판단을 위해 드론 기체 내의 디지털 정보 분석이 필요한 점 등을 고려할 때, 드론 디지털포렌식과도 밀접한 연관이 있을 것으로 보인다. 드론방어체계 구축은 국가 중요시설로부터 불법 드론을 실시간으로 탐지하고 추적할 수 있는 시스템 개발을 목표로 하고 있으며, 앞서 기술한 '불법드론 지능형 대응기술 개발 사업'과 같이 다 부처 공동으로 레이더 개발과 실증시험을 추진 중에 있다.

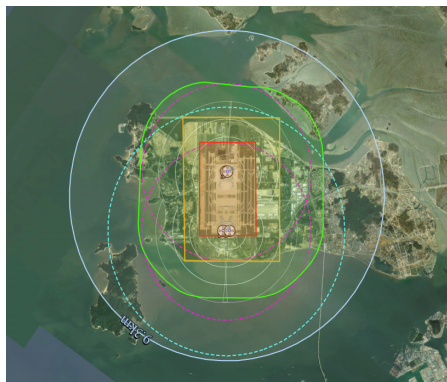
나. 인천/김포 공항의 드론탐지시스템 구축

인천공항은 2020년 9월 민간 공항 중 최초로 드론탐지시설 구축 시범사업을 통해 드론탐지시스템을 구축하였다.⁸⁸⁹⁾ 레이더와 RF 스캐너의 멀티센싱 방식으로 드론을 탐지하고, 포획 및 격추 등의 무력화 작업을 위한 관계기관 협조체계도 구축해 나가고 있다.

》》 [그림 3-17] 인천공항 드론 비행금지구역 현황 》》 [그림 3-18] 인천공항 드론탐지시스템 관제화면



출처 : 인천공항공사⁸⁹⁰⁾



출처 : 인천공항공사⁸⁹¹⁾

889) 인천공항공사, “국내 공항 최초로 드론탐지시스템 시범운영 개시”, 2020년 11월 19일자 보도 자료, https://www.airport.kr/co/ko/cmm/cmmBbsView.do?PAGEINDEX=1&SEARCH_STR=%EB%93%9C%EB%A1%A0&FNCT_CODE=121&SEARCH_TYPE=all&SEARCH_FROM=2008.05.07.&SEARCH_TO=2020.12.21&NTT_ID=25069, 최종검색일 2021.11.15.

김포공항에서는 2021년 불법드론 대응시스템 실시 설계 용역을 진행 중에 있으며 이를 통해 공항에 접근하거나 침입하는 물체의 형태, 위치, 이동상황을 탐지하여 대응할 수 있는 체계 구축을 목표로 하고 있다. 불법드론 대응시스템은 레이더, RF 스캐너, EO/IR 카메라 위치선정, 탐지레이더 사용 주파수 대역을 선정하고 지휘통제 시스템 요구사항 정의 및 상황실 설계 등을 과업의 범위로 정하고 있다.

다. 국토교통부 드론 원스톱 시스템

2021년 항공안전법과 시행령이 개정됨에 따라 최대이륙중량 2kg 초과인 초경량비행장치 중 무인동력비행장치의 신고의무가 부과되었다. 이에 따라 국토교통부에서는 드론 실명제의 일환으로 드론 원스톱 시스템이 운영 중에 있다.⁸⁹²⁾ 해당 시스템은 드론 기체에 대한 신고를 통해 기체 유형, 기체의 정보(종류, 형식·모델, 용도, 자체중량, 최대이륙중량, 규격, 보관처, 카메라 등 탑재여부 등), 소유자 정보, 보험 가입 유무 등을 기재토록 하고 있다. 민원신청의 형태로 신고업무절차가 진행되며 신고 미흡 시 보완요구를 통해 내용을 보강하여 재신청이 가능하다. 신고가 완료되면 신고 증명서가 발급되는데 이를 통해 보유 드론에 대한 신고의무 이행조치를 확인할 수 있다.

드론 실명제의 경우 디지털포렌식 관점에서 사고 발생 시 소유자 식별을 용이하게 할 수 있다는 점에서 의미가 있다. 하지만, 해킹에 의한 통제권 탈취나 신고자·보유자와 드론 운용자가 다를 경우에 대해서는 드론 디지털포렌식을 통해 사고나 문제 발생 시 그 원인을 규명할 필요성이 있어 보인다.

890) 인천공항공사, “국내 공항 최초로 드론탐지시스템 시범운영 개시”, 2020년 11월 19일자 보도 자료, https://www.airport.kr/co/ko/cmm/cmmBbsView.do?PAGEINDEX=1&SEARCH_STR=%EB%93%9C%EB%A1%A0&FNCT_CODE=121&SEARCH_TYPE=all&SEARCH_FROM=2008.05.07.&SEARCH_TO=2020.12.21&NTT_ID=25069, 최종검색일 2021.11.15.

891) 인천공항공사, “국내 공항 최초로 드론탐지시스템 시범운영 개시”, 2020년 11월 19일자 보도 자료, https://www.airport.kr/co/ko/cmm/cmmBbsView.do?PAGEINDEX=1&SEARCH_STR=%EB%93%9C%EB%A1%A0&FNCT_CODE=121&SEARCH_TYPE=all&SEARCH_FROM=2008.05.07.&SEARCH_TO=2020.12.21&NTT_ID=25069, 최종검색일 2021.11.15.

892) 국토교통부 서울지방항공청, “드론원스톱민원서비스”, <https://drone.onestop.go.kr/>, 최종검색일 2021.11.15.

» [그림 3-19] 드론 원스톱 민원 포털 서비스



출처 : 드론 원스톱 민원 포털 서비스 홈페이지⁸⁹³⁾

라. 경찰청 드론 테러 대비 훈련

2021년 6월 29일 서울경찰청은 민·관·군 6개 기관이 참여한 가운데 드론 테러 대응 훈련을 실시하였다.⁸⁹⁴⁾ 테러용 드론이 투하한 폭발물에 따른 부상자 및 화재 발생 시나리오를 부여하여 이에 대응하는 방식으로 진행되었다. 투하된 폭발물에 대해서는 폭발물처리반(EOD)가 제거작업을 진행하였고, 테러용 드론은 '안티드론' 장비인 재밍 건으로 강제 착륙시켰다. 기타 독성화학물질 탐지, 화재진압 및 인명구조 훈련도 이뤄졌다. 이처럼 드론을 활용한 테러 위협 시나리오 기반 모의훈련은 드론 테러 위협 인식 확산으로 인해 점차 그 영역이 확대되어 갈 것으로 예상된다. 추후 훈련 시 드론 테러에 대한 초동조치의 단계적 절차의 일환으로 디지털포렌식을 통한 원격조종 원점 식별 및 테러행위자를 역 추적하는 내용도 반영될 필요가 있다.

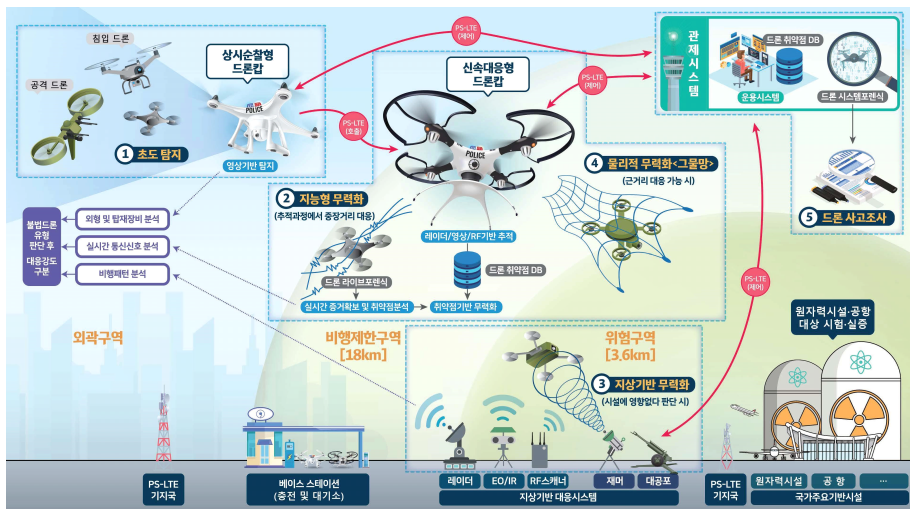
893) 국토교통부 서울지방항공청, “드론원스톱민원서비스”, <https://drone.onestop.go.kr/>, 최종검색일 2021.11.15.

894) 국민일보 ““폭발물 드론 서울 상공에 나타났다”...경찰 모의 대응 훈련“, 2021년 6월 29일자, http://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0016002095&code=61121111&stg=ws_real, 최종검색일 2021.11.15..

마. 드론캡 및 불법드론 대응시스템 개발 및 추진

국내 드론사고와 관련하여 불법드론 및 드론 안전사고 관련 등 국내에서 다양한 연구개발을 진행하고 있다. 정부는 불법드론을 포획하거나 조종자 위치 파악을 하지 못하는 등의 대응체계가 미흡하고, 이를 보완하고 사고원인 분석 및 증거확보를 위한 디지털포렌식 기술이 필요하다고 판단하여 국가 R&D 사업으로 ‘불법드론 지능형 대응기술 개발 사업’을 추진하였다. 해당 R&D 과제는 총 5개년에 걸쳐 진행되며, 크게 통합시스템 구축 및 실증, 지상기반 운용시스템, 드론캡, 드론포렌식의 4가지 세부과제로 구성되어 있다.

▶▶▶ [그림 3-20] 불법드론 지능형 대응 시나리오(예)



출처 : 국가R&D통합공고, 2021년도 불법드론 지능형 대응기술개발사업 (드론캡 및 라이브포렌식 기반) 신규과제 공고문, p.18895)

그중에서도 4번째 세부과제인 드론포렌식 분야는 드론 통신 프로토콜 실시간 분석 및 네트워크 데이터 분석을 통한 라이브포렌식 기술개발, 드론 내·외장 저장장치 대상 데이터복구 및 비행데이터 획득 기술개발, 드론 OS·FC 대상 비행데이터 분석/사고원인 분석 기술개발, 드론 포렌식 도구 개발, 드론 증거물 법적 효력 유지를 위한

895) 국가R&D통합공고, 2021년도 불법드론 지능형 대응기술개발사업 (드론캡 및 라이브포렌식 기반) 신규과제 공고문, <https://www.ntis.go.kr/rndgate/eg/un/ra/view.do?roRndUid=913405>, 최종검색일, 2021.11.17.

분류 및 무결성 검증 방안 마련 등 드론사고 수사체계 개발을 통해 국가 차원의 불법 드론으로 인한 각종 사고에 대응하고 치안 확보에 기여를 목표로 하고 있다.⁸⁹⁶⁾

2. 드론사고 대응 법제

가. 국내 법제

1) 드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률

드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률(이하 드론법)은 2019년에 “드론 활용의 촉진 및 기반조성, 드론시스템의 운영·관리 등에 관한 사항을 규정하여 드론산업의 발전 기반을 조성하고 드론산업의 진흥을 통한 국민편의 증진과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적”으로 제정되었다. 법률에서 정의하는 드론의 개념은 조종자가 탑승하지 아니한 상태로 항행할 수 있는 비행체로 국토교통부령으로 정하는 기준⁸⁹⁷⁾을 충족하고, 항공안전법 제2조 제3호⁸⁹⁸⁾, 제6호⁸⁹⁹⁾에 따른 무인비행장치와 무인항공기를 의미한다. 즉, 국내법에서 정의하는 드론이란 초경량비행장치의 범주에 속하는 원격조종이 가능하거나 자체중량이 150kg 이하 무인비행기, 무인헬리콥터 또는 무인멀티콥터와 자체중량이 180kg 이하이고 길이가 20m 이하인 무인비행선으로 볼 수 있다.

▶▶ [표 3-13] 드론법 및 항공안전법에서 제시하고 있는 드론의 정의

구분	종류	기준
초경량 비행장치	동력비행장치	<ul style="list-style-type: none"> • 자체중량이 115kg 이하 • 연료 탑재량 19L 이하 • 좌석이 1개

896) 과학기술정보통신부, “불법드론 지능형 대응기술개발사업(드론잡 및 라이브포렌식 기반) 추진 계획 및 2021년도 시행계획(안)”, 2020년 12월 17일자, <https://www.korea.kr/common/download.do?tblKey=EDN&fileId=194110410>, 최종검색일 2021.11.15., 13면.

897) 국토교통부령으로 정하는 기준이란 ① 동력을 일으키는 기계장치가 1개 이상, ② 지상에서 비행체의 항행 통제 기능을 의미하고, 원격·자동·자율에 관해 국토교통부령으로 정하는 방식이란 ① 외부 원격 조정 가능, ② 지정된 경로 자동 항행, ③ 자율 항행 비행체를 의미한다.

898) “초경량비행장치”란 항공기와 경량항공기 외에 공기의 반작용으로 뜰 수 있는 장치로서 자체 중량, 좌석 수 등 국토교통부령으로 정하는 기준에 해당하는 동력비행장치, 행글라이더, 패러글라이더, 기구류 및 무인비행장치 등을 말한다.

899) 사람이 탑승하지 아니하고 원격조종 등의 방법으로 비행하는 항공기 (이하 “무인항공기”라 한다)

구분	종류	기준
	행글라이더	<ul style="list-style-type: none"> • 자체중량이 70kg 이하 • 체중이동, 타면조종 등의 방법으로 조종
	패러글라이더	<ul style="list-style-type: none"> • 자체중량이 70kg 이하 • 날개에 부착된 줄을 이용하여 조종
	기구류	<ul style="list-style-type: none"> • 유인자유기구 • 무인자유기구(기구 외부에 2kg 이상의 물건을 매달고 비행하는 것만 해당) • 계류식 기구
	무인비행장치	<ul style="list-style-type: none"> • 무인동력 비행장치(자체중량이 150kg 이하 무인비행기, 무인 헬리콥터 또는 무인멀티콥터) • 무인비행선(자체중량이 180kg 이하이고 길이가 20m 이하)
	회전익 비행장치	<ul style="list-style-type: none"> • 동력비행장치의 요건을 갖춘 헬리콥터 또는 자이로플레인
	동력패러글라이더	<ul style="list-style-type: none"> • 착륙장치가 없는 비행장치 • 착륙장치가 있는 것으로서 동력비행장치의 요건을 갖춘 비행장치
	낙하산류	<ul style="list-style-type: none"> • 항력을 발생시켜 대기 중을 낙하하는 사람 또는 물체의 속도를 느리게 하는 비행장치
	기타	<ul style="list-style-type: none"> • 그 밖에 국토교통부장관이 종류, 크기, 중량, 용도 등을 고려하여 정하여 고시하는 비행장치

드론법의 주요 내용은 크게 드론 정책, 드론 산업육성, 보칙, 벌칙으로 구성되어 있다. 정책추진 분야는 드론산업 발전 기본계획 수립, 드론 사업 실태조사, 협의체 구성, 공공기관 드론 활용 등 드론 산업 생태계 조성을 위한 사항들을 다루고 있다. 드론산업 육성 분야에서는 드론 연구개발, 창업, 인증, 지적재산권 등 드론산업을 활성화하기 위한 요소들에 대해서 언급한다. 보칙 및 벌칙에서는 전문 인력양성, 해외 진출 및 국제협력, 벌칙, 양벌규정 등에 대해 다룬다. 전술한 바와 같이 드론법의 목적 자체가 드론 관련 산업을 활성화하기 위한 기반조성 및 진흥이므로 드론사고와 관련해서는 직접적인 내용을 명시하고 있지 않다.

2) 항공안전법

항공안전법은 드론법과 달리 지원의 목적이 아닌 항공 규제와 관련한 내용을 주로 다룬다. 앞서 드론법에서 정의하고 있듯이 드론이 항공안전법상 초경량비행장치의 범주에 속하므로 드론사고 디지털포렌식과 관련하여 초경량비행장치사고에 대해 살펴해보도록 한다. 같은 법 제2조(정의)에서는 초경량비행장치를 사용하여 비행을 목적으로

로 이륙하는 순간부터 착륙하는 순간까지 ① 초경량비행장치에 의한 사람의 사망, 중상 또는 행방불명, ② 초경량비행장치의 추락, 충돌 또는 화재 발생, ③ 초경량비행장치의 위치를 확인할 수 없거나 초경량비행장치에 접근 불가능한 경우에 해당하는 것을 초경량비행장치 사고로 정의하고 있다. 같은 법 제129조에서는 초경량비행장치 조종사 등의 준수사항으로 사고 발생 시 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 지체없이 국토교통부 장관에게 보고하여야 하며, 개인정보보호법, 위치정보 보호 및 이용 등에 관한 법률에 따라 개인의 공적·사적 생활과 관련된 정보를 수집하거나 이를 전송하는 경우 타인의 자유와 권리를 침해하지 아니하도록 규정하고 있다.

사고 발생에 따른 보고 접수 및 인지 시점을 기준으로 같은 법 제60조에서는 국토교통부 장관이 사실조사를 할 수 있도록 하고 있으며, 그 절차와 방법에 관해서는 제132조 제2항, 제4항부터 제9항까지의 규정을 준용토록 하고 있다. 같은 법 제132조 제2항은 소속 공무원이 초경량비행장치, 항행안전시설, 장부, 서류, 그 밖의 물건을 검사하거나 관계인에게 질문하게 할 수 있고, 필요시 국토교통부령으로 정하는 자격을 갖춘 항공안전에 관한 전문가를 위촉하여 검사 등의 업무에 관한 자문에 응하게 할 수 있음 명시하고 있다. 같은 법 제132조는 항공안전의 확보를 위하여 제1항 1~7호⁹⁰⁰⁾에 해당하는 자에게 그 업무에 관한 보고를 하게 하거나 서류를 제출할 수 있게 하였으며, 제2항에서는 소속 공무원으로 하여금 제1항 각 호에 해당하는 인원에게 항공기, 경량항공기 또는 초경량비행장치, 항행안전시설, 장부, 서류, 그 밖의 물건을 검사하거나 관계인에게 질문하게 할 수 있음을 규정하고 있다. 이는 드론사고에 대한 디지털포렌식을 수행할 수 있는 법적 근거가 될 수 있다. 하지만 수행 주체가 소속 공무원과 항공안전전문가로 한정되어 있고, 실제 디지털포렌식 전문가가 드론사고 조사에 활동

900) 1. 항공기등, 장비품 또는 부품의 제작 또는 정비등을 하는 자
 2. 비행장, 이착륙장, 공항, 공항시설 또는 항행안전시설의 설치자 및 관리자
 3. 항공종사자, 경량항공기 조종사 및 초경량비행장치 조종사
 4. 항공교통업무증명을 받은 자
 5. 항공운송사업자(외국인국제항공운송사업자 및 외국항공기로 유상운송을 하는 자를 포함한다. 이하 이 조에서 같다), 항공기사용사업자, 항공기정비업자, 초경량비행장치사용사업자, 「항공사업법」 제2조제22호에 따른 항공기대여업자, 「항공사업법」 제2조제27호에 따른 항공레저스포츠사업자, 경량항공기 소유자등 및 초경량비행장치 소유자등
 6. 제48조에 따른 전문교육기관, 제72조에 따른 위험물전문교육기관, 제117조에 따른 경량항공기 전문교육기관, 제126조에 따른 초경량비행장치 전문교육기관의 설치자 및 관리자
 7. 그 밖에 항공기, 경량항공기 또는 초경량비행장치를 계속하여 사용하는 자

할 수 있을지는 의문이다. 항공안전법 시행규칙 제314조의 항공안전전문가의 자격요건을 살펴보면, ① 항공종사자 자격증명 보유자로서 10년 이상 실무경력자, ② 항공종사자 양성 전문 교육기관의 해당 분야 5년 이상 교육훈련 업무 종사자, ③ 5급 이상 공무원 경력을 가진 자로 항공분야 5년(6급의 경우 10년) 이상 실무경력자, ④ 대학 또는 전문대학에서 해당 분야 전임강사 이상으로 5년 이상 경력자 중 하나에 해당되어야 한다. 현행법상 소속 공무원과 항공안전전문가에 포함되는 인원이 디지털포렌식 역량을 확보하는 방안 이외에 항공안전전문가에 대한 위촉 기준을 개선하는 것이 필요할 것으로 보인다.

3) 항공·철도 사고조사에 관한 법률

항공·철도 사고조사에 관한 법률(이하 항공철도사고조사법)에 따르면 항공사고란 항공안전법에서 정의한 항공기 사고(제6조), 경량항공기 사고(제7조), 초경량비행장치 사고(제8조)를 의미한다. 항공철도사고조사법은 항공안전법에 비해 사고조사위원회, 사고조사 개시·수행, 시험 및 의학적 검사, 사고조사 연구 등 구체적인 사고조사에 관련한 사항들을 규정한다. 또한 동법에서 규정하지 아니한 사항은 국제민간항공 조약 부속서의 채택 표준과 방식에 따라 실시하도록 규정하고 있다. 후술할 초경량비행장치의 사고조사보고서에서도 ICAO 부속서 13(항공기 사고조사)의 규정의 의해 사고 조사를 수행하는 것으로 기술하고 있다. 항공안전법의 경우 조사를 실시하는 권한이 국토교통부 장관에게 있는 반면, 항공철도사고조사법에서는 사고조사의 독립성 확보를 위해 조사위원회를 통하여 실시토록 하고 있다.

4) 전파법

전파법은 무선통신을 통해 원격으로 조종되는 드론 운용 환경의 특성과 관련하여 검토할 수 있는 법률로써 제29조의 혼신 등의 방지에 관한 조항을 면밀하게 살펴볼 필요가 있다. 전파법 제29조 3항에서는 안전 활동, 군사 활동, 대테러 활동, 위반행위 제지, 물리적 방호, 범죄예방 및 제지 등과 같은 공공안전을 위하여 불가피한 경우, 드론 및 폭발물 등 공공안전 위협수단을 대상으로 전파이용을 방해 또는 차단하는 장치(이하 “전파차단장치”) 사용에 대해 명시하고 있다. 이는 최근 해외 드론을 통한

테러 발생 및 국내 드론 무단비행에 따른 국가중요시설 등의 안전 위협 사례가 증가하는 추세를 고려하여 드론 무력화(일명 안티 드론)를 예외적으로 허용하기 위해 2020년 12월에 개정되었다.

전파차단장치와 관련하여 불법 드론을 무력화하는 방안으로 소프트킬과 하드킬 방식이 존재한다. 소프트킬 방식은 전자적으로 무력화하는 방식으로 전파차단장치, 소프트웨어를 통한 특정 지역 접근 방지(지오펜싱), 드론 통제권 장악(스푸핑) 등이 있다. 하드킬 방식은 EMP 드론 건, 그물포를 이용한 드론 포획, 개인화기를 통한 드론 격추 등이 있다.⁹⁰¹⁾ 전파법에서 규정하고 있는 전파차단장치의 개념을 조금 더 확대하자면 위와 같은 소프트킬, 하드킬 방식으로 적용이 가능할 것이다. 하지만 전파법이라는 법제 특성상 전파와 관련된 내용만을 다루기 때문에 소프트킬 방식 중 지오펜싱이나 스푸핑 같은 기법들과 하드킬 방식을 아우를 수 있는 법제 조항이 개설될 필요가 있다.

나. 해외 법제

1) 국제민간항공기구(ICAO, International Civil Aviation Organization)

국제민간항공기구(이하 ICAO)는 1944년 국제민간항공조약(일명, 시카고 협약)에 근거해 발족한 기구로 국제 민간항공에 관한 원칙과 기술 및 안전에 대해 연구 개발 및 규정을 제정하여 항공발달을 목적으로 한다. ICAO에서 다루고 있는 드론 관련 주요 법규는 RPAS 매뉴얼(2015)이다.⁹⁰²⁾ 매뉴얼 2.2.1에서는 드론이라는 표현은 사용하지 않지만 조종사가 탑승하지 않은 상태에서 운항하는 항공기는 무인항공기로 분류하고, 원격 조종소에서 조종되는 무인항공기는 RPA(Remotely Piloted Aircraft)로 명명하고 있다. 덧붙여 RPAS(Remotely Piloted Aircraft System)는 RPA를 포함한 원격 조종 스테이션, 필수 명령, 지휘통제 링크 및 RPA 유형 설계에 명시된 기타 구성요소들을 통칭하는 개념으로 정의한다. 2.2.6에서는 RPAS 장치의 구성요소를 ATC 통신

901) 김용환·송영수·심현석, 2018, “드론의 역습 : 새로운 패러다임의 위협과 안티드론”, 국방과 기술, 470, 142-151면.

902) ICAO, 2015, Doc 10019 AN/507, Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/4053.pdf>, 최종검색일 2021.11.17.

및 감시 장비, 항법장비, RPA 이·착륙용 장비, 비행제어컴퓨터(FCC), 비행관리시스템(FMS), 자동조종장치, 시스템 상태 모니터링 장비, 비행 종료 시스템 등이 포함될 수 있음을 언급한다. 무인항공기의 경우, 센서와 기타 장비들의 결합을 통한 구성요소 확장성이 크기 때문에 매뉴얼 상에는 강제적(mandatory)으로 규정하진 않았으나, 이렇게 무인항공기와 관련한 구성요소를 제시하고 있는 점은 디지털포렌식 관점에서 의미가 있다. 특히나, 비행제어컴퓨터(FCC)는 무인항공기의 속도, 고도 및 비행경로 등과 같은 상태정보를 저장하고 외부 모듈과 연동하여 전체적인 비행을 통제하는 핵심 구성요소이다. 드론 사고 발생 시 가장 먼저 확보해야 하는 장치 중에 하나라고 볼 수 있다. 2.2.7은 RPA의 분류에 대해서 언급한다. 안전 위험 관리, 인증, 운영 및 면허 요건을 비례적으로 적용하는 것이 유용할 수 있고, 최대 이륙질량(MTOM), 운동 에너지, 다양한 성능 기준, 운영 유형/영역, 능력 등의 가능한 분류 기준을 제시하고 있다. 이는 드론 분류 방식이 최대중량 기준이 아닌 다양한 특성을 고려해야 함을 시사한다. 9.10에서는 무인항공기와 관련된 사고 발생 시 기록에 관한 규정을 제시한다. 대상은 설계·운영이 승인된 UAS만 해당하며, 사고조사와 비행데이터 분석지원을 위해 RPAS 작업에 대한 적절한 기록을 요구한다. RPAS의 규모와 복잡도를 고려하여 작동 유형에 따라 기록 시스템 요건을 결정할 것을 요구한다. 해당 섹션에서 주의깊게 살펴볼 것은 사고조사를 위해 적절한 기록을 유지할 것을 규정하고 있다는 점이다. 이는 드론 디지털포렌식을 수행하기 위한 전제조건으로 볼 수 있다. 부속서 13에서는 항공기 사고 및 사고조사를 위해 비행기록장치 사용을 명시하고 있으며,⁹⁰³⁾ 부속서 6에서는 비행품질보증(이하 FOQA, Flight Operations Quality Assurance)요건으로 비행기록장치의 구성요소 및 기록되는 사항들에 대한 세부내용을 제시하고 있다.⁹⁰⁴⁾ 하지만, 아쉽게도 무인항공기에 대한 내용은 포함되어 있지 않다. 다만, 여기서 고려할 사항은 무인항공기 이전에 항공기 사고 발생 시 조사를 위한 비행기록장치 사용과 같은 내용이 반영되어 있다는 점이다. 증거 보호, 정보 기록 및 분석, 원인 파악 등과 같은 항공기 사고조사 관련 내용들은 향후 드론사고에 대한 디지털포렌식 조사 시

903) ICAO, 2020, Annex 13, Aircraft Accident and Incident Investigation, https://www.emsa.europa.eu/retro/Docs/marine_casualties/annex_13.pdf, 최종검색일 2021.11.17.
904) ICAO, 2018, Annex 6, Part I — International Commercial Air Transport — Aeroplanes Eleventh Edition.

참조되어 적용될 필요가 있다.

2) 미연방항공청(FAA, Federal Aviation Administration)

미연방항공청(이하 FAA)는 미국 교통부 산하기관으로써 세계에서 가장 안전하고 효율적인 항공 우주 시스템을 제공하는 것을 목표로 항공교통관리, 인력 및 항공기 인증, 공항 표준 설정 등의 항공 관련 총체적인 업무를 담당한다.⁹⁰⁵⁾

FAA는 드론을 UAS(Unmanned Aircraft Systems)로 명명하고 있으며, SMALL UNMANNED AIRCRAFT RULE(이하 PART 107)을 통해 소형무인기에 대한 규제 사항을 적용하고 있다. PART 107의 주요 내용을 살펴보면, 소형무인항공기는 55lbs(25kg) 이하로 제한한다. 또한, 운영에 직접 참여하지 않는 사람이 작동 금지, 다른 항공기에 우선권 양도, 최대 지상 속도 100mph(160km/h), 한 번에 2대 이상의 소형무인항공기 운항을 위한 조종 활동 금지, 소형무인항공기 이동 중 작업 금지, 부주의·무모한 조작 금지, 위험 물질 운반 금지 등 안전을 위한 규제 사항들을 세심하게 다루고 있다.⁹⁰⁶⁾ FAA는 ICAO와 다르게 FOQA를 통한 운항 시 비행자료 기록, 분석에 대한 요건을 강제하지 않는다. 따라서 PART 107에서도 항공 기록에 대한 내용은 명시되어 있지 않다. 하지만 Advisory Circular 107-2에서 유지보수 및 안전사고 예방의 목적으로 로 기록 보관의 이점에 대해 기술하고 있다.⁹⁰⁷⁾

3) 유럽항공안전청(EASA, European Aviation Safety Agency)

유럽항공안전청(이하 EASA)은 2002년에 설립되어 민간 항공의 모든 안전 및 환경적 측면에 대한 규칙, 지침 및 표준을 수립하고 각종 조정을 집행하는 유럽 연합의 전문 기구 중 하나이다.⁹⁰⁸⁾ EASA의 Regulation (EU) 2018/1139(이하 1139)에 따르면, '무인항공기'는 조종사가 탑승하지 않은 상태에서 자율적으로 운용하거나 원격으로 조종할 수 있도록 설계된 모든 항공기를 의미한다.⁹⁰⁹⁾ 제135조에서는 (EU) 996/2010

905) Federal Aviation Administration, <https://www.faa.gov/about/mission/>, 최종검색일 2021.11.15.

906) FAA, 2016a, SUMMARY OF SMALL UNMANNED AIRCRAFT RULE (PART 107), https://www.faa.gov/uas/media/part_107_summary.pdf, 최종검색일 2021.11.17.

907) FAA, 2016b, Advisory Circular 107-2, Small Unmanned Aircraft Systems(sUAS), https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/ac_107-2.pdf, 최종검색일 2021.11.17.

908) European Union Aviation Safety Agency, <https://www.easa.europa.eu/light/easa>, 최종검색일 2021.11.15.

의 5조가 대체되어 조사 의무에 대해 2018/1139가 적용되는 항공기와 관련된 모든 사고에 대해 안전 조사대상 의무를 부과한다. 다만, 56조에 따라 무인항공기에 대한 인증서 또는 선언이 필요하지 않은 경우 사고조사를 하지 아니할 수 있다.⁹¹⁰⁾ 1139의 부속서 9에서는 무인항공기의 설계, 생산, 유지보수 및 운영을 위한 필수요건으로 무인항공기 운전자 및 원격조종사의 관련 규정 숙지, 설계 및 제작을 위한 기본원칙, 운영 간 발생 가능한 위험 완화를 위한 기능 구비, 무인항공기 제조사의 정보제공 의무 및 내용을 강조한다.⁹¹¹⁾ 1139에서는 항공기와 달리 무인항공기에 대해 구체적인 비행 관련 기록 요구사항을 정의하고 있지 않다. Regulation (EU) 2019/947(이하 947)에서는 '무인항공기시스템'(UAS)에 대해 정의하고 있으며, 이는 무인항공기 및 이를 원격으로 제어하기 위한 장비를 의미한다.⁹¹²⁾ 또한 947에서는 무인항공기시스템 운영 범주를 크게 개방형(Open), 특정(Specific), 인증(Certified)로 구분한다. 개방형 범주의 경우 운영 제한사항, 원격 조종사 및 기술 요구사항에 따라 A1, A2, A3의 하위 범주로 구분한다.⁹¹³⁾

▶▶ [표 3-14] 2019/947의 개방형 범주 UAS 분류

UAS		운용		드론 운전자/조종자		
클래스	최대이륙 질량 (MTOM)	하위 범주	운용 제한	운전자 등록	원격조종 적합성	최소연령
개인제작	≤250g	A1	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 없는 사람들 위로 날아갈 수 있으나 가능한 피해야 함 • 군중 속에서 비행되 	미등록 (카메라/센서 탑재, 드론이 장난감이 아닌	훈련 X	제한 X
C0					<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 매뉴얼 숙지 	

909) EASA, Regulation (EU) 2018/1139, Article 3, Definition, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1139&from=EN>, 최종검색일 2021.11.17.

910) EASA, Regulation (EU) 2018/1139, Article 135, Obligation to investigate, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1139&from=EN>, 최종검색일 2021.11.17.

911) EASA, Regulation (EU) 2018/1139, ANNEX IX, Essential requirements for unmanned aircraft, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1139&from=EN>, 최종검색일 2021.11.17.

912) EASA, Regulation (EU) 2019/947, Article 2, Definitions, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&from=EN>, 최종검색일 2021.11.17.

913) European Union Aviation Safety Agency, "Drones (UAS)", <https://www.easa.europa.eu/the-agency/faqs/drones-uas#category-understanding-the-%E2%80%98open%E2%80%99-category>, 최종검색일 2021.11.17.

UAS		운용		드론 운영자/조종자		
클래스	최대이륙 질량 (MTOM)	하위 범주	운용 제한	운영자 등록	원격조종 적합성	최소연령
기존드론 (제20조)			어선 안됨	경우 등록)		경우 제한 X) 16
			<ul style="list-style-type: none"> • 관련 없는 사람들 위로 날아갈 것으로 예상되나, 발생 시 줄여야 함 • 군중 속에서 비행되 어선 안됨 	등록	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 매뉴얼 숙지 • 온라인 훈련 수료 • 온라인 이론 시험 합격 	16
C2	<4kg	A2	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 없는 사람들 위로 날아가선 안됨 • 관련되지 않은 사람 들로부터 수평거리를 30m 유지(저속 기능이 활성화 시 5m까지 가능) 	등록	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 매뉴얼 숙지 • 온라인 훈련 수료 • 온라인 이론 시험 합격 • 자습 실시 • CAA(또는 공인 기관) 필기 시험 통과 	16
C3	<25kg	A3	<ul style="list-style-type: none"> • 사람들로부터 떨어 져야 함 • 도심 외곽에서 비행 (150m 거리) 	등록	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 매뉴얼 숙지 • 온라인 훈련 수료 • 온라인 이론 시험 합격 	16
C4						
개인제작 기존드론 (제20조)						

출처 : EASA, Requirements under the 'open' category

947의 제18조에서는 권한 있는 기관의 임무 중 '개방형' 또는 '특정' 범주에서 운영 되고 제19조 2항에 따라 UAS 운영자의 미준수 사고에 대한 보고를 탐지 및 조사하는 시스템을 구현할 것을 규정하고 있다.

Regulation (EU) 2019/945(이하 945)는 무인항공기시스템(UAS)의 설계 및 제조에 관한 요구사항을 규정한다. 부속서 1~5는 클래스별 구체적인 식별 레이블 및 제작 시 준수해야 할 기본적인 요구사항들이 기술되어 있다. 부속서 6에서는 직접적으로 원격 식별하기 위한 추가 기능(Add-on)에 대한 요구사항을 명시하고 있는데, 그 중에서 인상적인 부분은 3항에 전체 비행 기간 중 무인항공기가 공개되고 문서화 된 전송

프로토콜을 사용하여 브로드캐스팅 신호를 통해 관련 정보(UAS 운영자 등록번호, 고유 물리적 일련번호, 무인항공기 지리적 위치와 표면 또는 이륙지점 높이, 무인항공기의 진북 및 지상 속도에서 시계방향으로 측정된 경로 코스, 원격 조종사의 지적 위치 또는 이륙지점)를 실시간으로 송출하고, 이를 브로드캐스팅(Broadcasting) 범위 내 존재하는 모바일 장치에서 직접적으로 수신할 수 있도록 보장하는 내용이 반영되어 있다.⁹¹⁴⁾ 이는 무인항공기와 원격조종기간의 실시간 통신정보를 지정함으로써 통신 두절 시 최종 통신 시점을 바탕으로 장치를 추적할 수 있는 디지털포렌식의 중요 증거 데이터로 활용할 수 있다. 또한, 4항에서는 사용자가 위의 데이터를 임의로 수정하지 못하도록 보장토록 규정하고 있어, 데이터 무결성 측면까지 반영하고 있다.

부속서 10에서는 기술문서 내용에 대해서 규정하고 있으며, 최소한의 요구사항으로 제품에 대한 전체 설명, 개념 설계 및 제조도면과 계획, 도면 및 구성표에 대한 이해와 제품 동작에 필요한 설명 등을 포함토록 하고 있다.⁹¹⁵⁾ 해당 요건은 드론에 대한 디지털포렌식 조사 시 매우 중요한 의미를 갖는다. 945 규정을 적용받는 드론 제조사의 경우 관련된 도면, 회로 및 기능에 대한 사항들을 문서화하도록 규정하고 있기 때문에 드론사고 발생 시 해당 제품이 945 규정 적용을 받는다면, 즉각적인 제품 정보 확보 및 분석이 용이할 수 있다.

제3절 | 드론사고 디지털포렌식 기술과 절차

1. 드론의 유형 및 구성요소

드론사고에 대한 디지털포렌식을 위해서는 드론이 무엇으로 구성되어 있고, 어떻게 동작하는지에 대한 기본적인 이해가 필요하다. 드론의 유형과 동작 방식에 따라 디지털

914) EASA, Regulation (EU) 2019/945, Annex Part 6, Requirements for a direct remote identification add-on, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1058&rid=1>, 최종검색일 2021.11.17.

915) EASA, Regulation (EU) 2019/945, Annex Part 10, Contents of the technical documentation, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1058&rid=1>, 최종검색일 2021.11.17.

털포렌식에서 제공할 수 있는 정보가 상이할 뿐만 아니라 분석 방식 또한 조금씩 차이가 있을 수 있기 때문이다. 드론의 유형은 중량, 운용고도, 조종방식, 이·착륙 방식, 에너지원, 운동에너지 등 다양한 기준에 따라 분류가 가능하다. 본 절에서는 한국 산업표준 무인항공기 시스템 분류 및 용어(KSW9000)에 따라 드론의 유형을 구분한다.⁹¹⁶⁾ 해당 표준을 바탕으로 드론사고 디지털포렌식의 대상은 최대 이륙중량이 150kg 이하이며, 저고도 비행, 직접 전파 및 통신망 조종, 수직 이·착륙, 축전지 또는 연료 또는 하이브리드, 1~4종의 운동에너지 등을 가지는 무인 동력비행장치가 된다.

» [표 3-15] KS W 9000 무인항공기 시스템 분류

분류기준	내용		
최대 이륙중량	구분	세분류	최대 이륙중량
	대형 무인항공기	-	600kg 초과
	중형 무인항공기	-	150kg 초과 ~ 600kg 이하
	무인 동력비행장치	중소형	25kg 초과 ~ 150kg(자체중량) 이하
		소형	2kg 초과 ~ 25kg 이하
초소형		2kg 이하	
운용고도	구분	상승 한도(km)	
	저고도	0.15	
	중고도	14	
	고고도	20	
	성층권	50	
조종방식	구분	세분류	
	직접 전파 조종	육안조종 / 원격조종 / 자율조종	
	통신망 조종	육안조종 / 원격조종 / 자율조종	
	인공위성 통신 조종	육안조종 / 원격조종 / 자율조종	
	유선 조종	육안조종 / 원격조종 / 자율조종	

916) 산업표준심의회, 2016, 『무인 항공기 시스템 - 제1부: 분류 및 용어(KS W 9000:2016)』, 7-9면

분류기준	내용		
이·착륙 방식	분류	형상 예시	
	수직 이·착륙	회전익 무인 비행체 / 틸트로터 무인 비행체 / 꼬리 이·착륙 무인 비행체	
	활주 이·착륙	고정익 무인 비행체 / 틸트로터 무인 비행체 / 무인 동력 패러글라이더 / 무인 동력 행글라이더	
	보조장치 이·착륙	발사대 이륙 또는 손으로 던지는 방식의 고정익 무인 비행체	
에너지원	분류	사용 엔진 예	
	화석연료	왕복기관, 터빈기관	
	축전지	전기모터	
	수소연료	몽복기관 또는 전기모터	
	하이브리드	내연기관과 전기모터	
태양광	태양전지		
운동에너지	분류	불시하강 운동에너지	조정불능 운동에너지
	제1종	60kJ 초과	500kJ 초과
	제2종	10kJ 초과 ~ 60kJ 이하	50kJ 초과 ~ 500kJ 이하
	제3종	400J 초과 ~ 10kJ 이하	5kJ 초과 ~ 50kJ 이하
	제4종	400J 이하	4kJ 이하

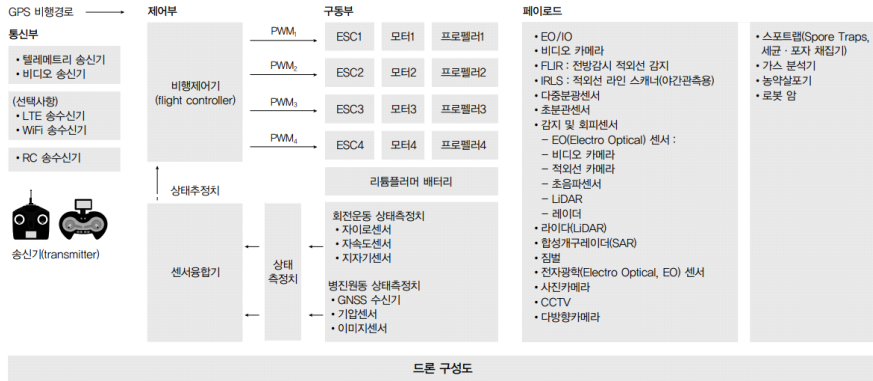
출처 : 산업표준심의회, 2016, 『무인 항공기 시스템 - 제1부: 분류 및 용어(KS W 9000:2016)』, 7-9면

드론의 구성요소는 유형에 따라 다양하게 조합될 수 있으나 일반적으로 통신부, 비행제어부, 구동부, 페이로드로 구성된다.⁹¹⁷⁾ 비행제어부는 비행제어기, 센서융합기, 각종 센서들로 구성되어 있으며 드론의 비행을 조정·통제하는 역할을 수행한다. 구동부는 모터, 프로펠러, ESC 전자변속기, 리튬폴리머 배터리 등으로 구성되어 제어부로부터 신호를 받아 드론을 구동시키는 역할을 수행한다. 통신부는 각종 송·수신기로 구성되며 원격조종기로부터 명령을 수신하고 위치, 속도, 배터리 용량 등의 비행데이터들을 지상으로 송신하는 기능을 수행한다. 페이로드는 드론에 탑재되는 센서 또는 부착물을 의미하며 일반적으로 짐벌과 카메라가 부착되어 있다. 짐벌은 자이코스코프 원리를 이용하여 수직·수평을 잡아 카메라 진동과 흔들림을 잡아주는 장치이다.⁹¹⁸⁾

917) 김성훈·김준현·손호용·이강원, 2019, 『무인비행장치 측량』, 시그마프레스, 35면.

918) 박익범·한대회·박병찬·박인순·곽병태·강호식·장태환·김용덕, 2021, 『2022 최적합 드론

» [그림 3-21] 드론 구성도

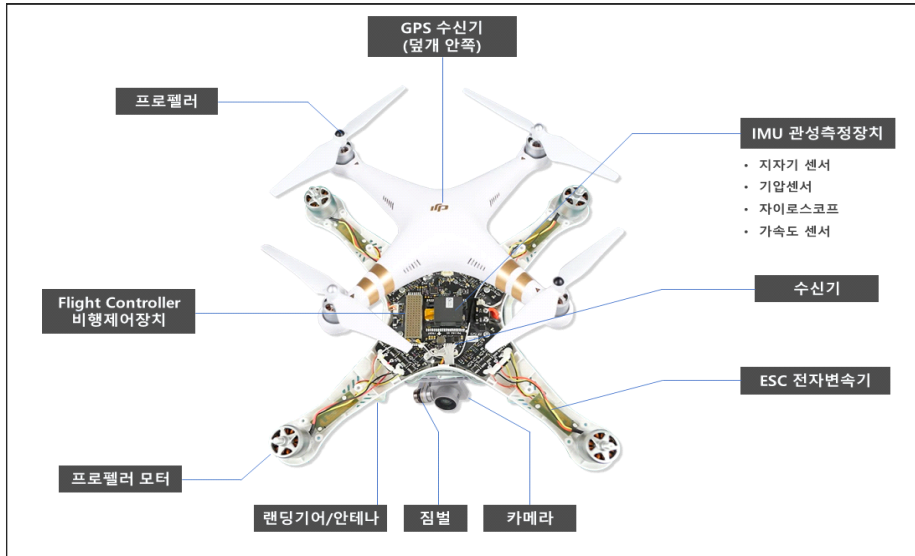


출처 : 김성훈 외, 『무인비행장치 측량』, 시그마프레스, 2019, p.34

앞서 언급된 드론의 구성요소를 <그림 3-21>의 쿼드콥터 드론을 통해 살펴보면 드론 본체 중앙부분에 제어부에 해당하는 비행제어장치(이하 FC, Flight Controller)를 확인할 수 있다. 다음으로 관성측정장치(이하 IMU, Inertial Measurement Unit)가 위치한 것을 확인할 수 있는데, IMU는 회전속도 측정장치(Gyroscope), 기압계(Barometer), 가속도 측정기(Accelerometer), 지자기 센서(Geo-magnetic sensor)를 포함한다. 수신기는 무선을 통해 신호를 수신하는 장치로, 원격조정기가 송신기(TX, Transmitter)에 해당하고 드론 본체 내에 수신기(RX, Receiver)가 위치한다. 그림에는 표시되어 있지 않으나 배터리에서 공급되는 전류를 적정 전압으로 변환하여 공급하는 전원관리장치(이하 PMU, Power Management Unit)가 존재하며 이러한 PMU를 통해 ESC 전자변속기로 전류를 공급한다. ESC 전자변속기는 FC의 변속 신호에 따라 PMU에서 공급받은 전류를 모터에 공급하는 장치로 프로펠러 모터 동작과 연결된다. 프로펠러 모터는 ESC 전자변속기에 의해 받은 신호와 전류에 따라 프로펠러를 구동시킨다.⁹¹⁹⁾

(무인멀티콥터) 조종자 자격 필기, 성안당, 147면.
 919) 이찬석, 2020, 『2020 비법전수 레전드 드론』, 크라운출판사, p.40-42.

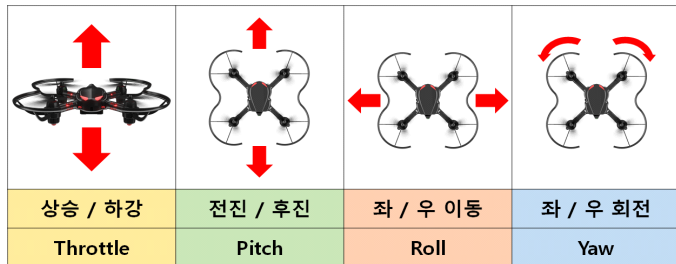
» [그림 3-22] DJI Phantom 쿼드콥터 구조도(원문재구성)



출처 : 이찬석, 2020, 『비법전수 레전드 드론』, 크라운출판사, p.40

드론의 이륙 원리는 양력과 반작용력을 이용하여 중력에 저항하는 상태로 공중에 뜨는 것을 의미한다. 드론의 비행 원리는 회전운동과 병진운동으로 정의할 수 있다. 회전운동은 Yaw(Rudder, Z축 회전), Pitch(Elevator, X축 회전), Roll(Aileron, Y축 회전)에 의해서 이뤄진다. 병진운동은 상·하·좌·우로 물체가 평행운동하는 것으로 위도·경도·고도·속도를 의미한다. 회전운동은 3축 자자기, 3축 자이로, 3축 가속도 센서를, 병진운동은 GPS와 기압센서 등을 활용한다.

» [그림 3-23] 드론 비행 원리에 따른 운동 방향



출처 : Byrobot.edu⁹²⁰⁾

920) Byrobot.edu, "Lesson 5. 엔트리로 드론을 날려보아요", <http://edu.byrobot.co.kr/software/entry/lesson5/>, 최종검색일 2021.11.19.

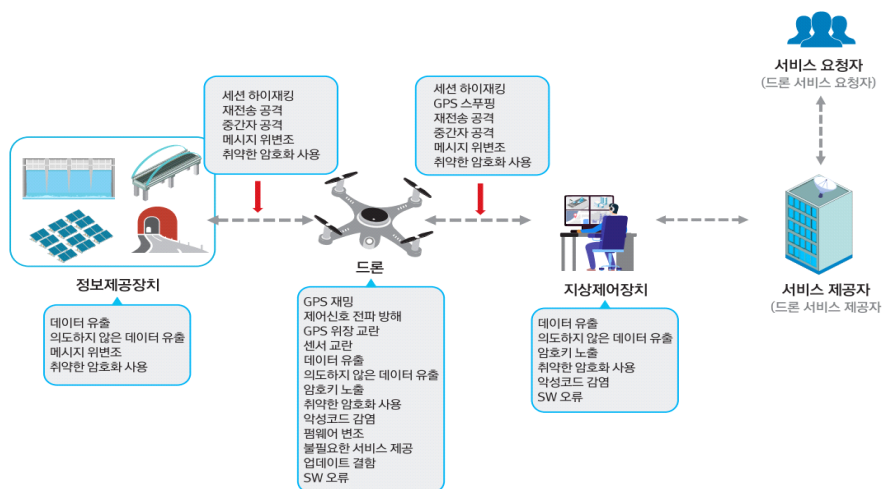
드론의 이륙 및 비행 원리를 이해하는 것은 드론 디지털포렌식에서 있어서 의미가 크다. 그 이유는 드론사고를 분석할 때 핵심이 되는 것이 기체의 상태정보이기 때문이다. 배터리 부족으로 인해 발생한 추락인지, 프로펠러 한쪽이 파손되어 중심을 잃고 경로를 이탈하였는지, 비·바람 등과 같은 외부환경에 의해 비행 상태가 불안정했는지 등 이상이 발생한 시점에서부터 기체의 동작 상태 데이터를 분석함으로써 그 원인을 파악할 수 있다.

2. 디지털포렌식 기술

가. 한국인터넷진흥원 드론 사이버보안 가이드

한국인터넷진흥원(이하 KISA)에서는 드론 사이버보안 가이드를 발표하여 드론 서비스 구성요소로부터 발생할 수 있는 보안 위협에 대응하기 위한 보안 항목과 방안을 제시하였다.⁹²¹⁾

» [그림 3-24] 드론 서비스 구성 및 보안 위협



출처 : 한국인터넷진흥원, 2020, p.14, 35⁹²²⁾

921) 한국인터넷진흥원, 2020, 『드론 분야 ICT 융합 제품·서비스의 보안 내재화를 위한 드론 사이버보안 가이드』, p.15.

922) 한국인터넷진흥원, 2020, 『드론 분야 ICT 융합 제품·서비스의 보안 내재화를 위한 드론 사이버보안 가이드』, p.14, p35.

KISA 드론 사이버보안 가이드에서 제시하고 있는 드론 서비스는 크게 ‘드론’, ‘지상 제어장치’, ‘정보제공장치’, ‘서비스 제공자’, ‘서비스 요청자’로 구성된다.⁹²³⁾ 드론 서비스 보안 위협은 중간자 공격, 가용성 방해, 데이터 손실, 부적절한 암호사용, 악의적인 프로그램 실행, 잘못된 설계 및 구현의 5가지 범주로 분류하고, 이에 따른 피해 자산은 드론, 지상제어장치, 정보제공장치 3가지로 구분하였다.

» [표 3-16] 드론 보안 위협 시나리오에 따른 주요 보안 항목(원문 재구성)

구분	보안위협	피해 자산			주요 보안 항목
		드론	지상 제어장치	정보 제공장치	
중간자 공격	세션 하이재킹	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> • 인증 • 안전한 통신 • 암호 • 중요 데이터 보호
	재전송 공격	○	○	○	
	중간자 공격	○	○	○	
가용성 방해	GPS 재밍	○			<ul style="list-style-type: none"> • HW/SW 안전성 • 인증 • 안전한 통신 • 안전한 비행
	제어신호 전파 방해	○			
	GPS 위장 교란	○			
	센서 교란	○			
데이터 손실	데이터 유출	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> • HW/SW 안전성 • 인증 • 중요 데이터 보호 • 보안 감사
	의도하지 않은 데이터 유출	○	○	○	
	메시지 위·변조	○	○	○	
부적절한 암호 사용	암호키 노출	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> • HW/SW 안전성 • 안전한 통신 • 암호 • 중요 데이터 보호
	취약한 암호화 사용	○	○	○	
악의적인 프로그램 실행	악성코드 감염	○	○		<ul style="list-style-type: none"> • HW/SW 안전성 • 인증 • 암호 • 중요 데이터 보호
	펌웨어 변조	○	○		
잘못된 설계 및 구현	불필요한 서비스 제공	○			<ul style="list-style-type: none"> • HW/SW 안전성 • 안전한 통신 • 안전한 비행 • 중요 데이터 보호 • 보안감사
	업데이트 결함	○			
	SW 오류	○	○		

출처 : 한국인터넷진흥원, 2020, 『드론 사이버보안 가이드』, p.36, 54(원문 재구성)

923) 한국인터넷진흥원, 2020, 『드론 분야 ICT 융합 제품·서비스의 보안 내재화를 위한 드론 사이버보안 가이드』, p.15.

주요 보안 항목은 HW 및 SW의 안전성, 인증, 안전한 통신, 안전한 비행, 암호, 중요 데이터 보호, 보안감사로 구분하였다. 이 중 안전한 통신을 위해 국내에서는 다양한 연구를 수행하고 있다. 일례로 드론과 지상제어장치 간의 통신을 위한 경량 프로토콜인 MAVLink의 기밀성 제공 및 개체 인증 취약점을 보완하기 위해 드론 내에 양자 엔트로피 기반 난수 발생기를 탑재하는 연구가 진행되고 있다.⁹²⁴⁾ 보안감사 항목의 감사기록은 사건 발생 일시, 유형, 주체, 작업의 성공·실패 등을 파악할 수 있으므로 침해사고 대응 및 디지털포렌식 관점에서 중요하게 고려해야 할 부분이다. 이처럼 해당 가이드는 드론에서 발생할 수 있는 보안 위협 시나리오를 바탕으로 보안 대응방안을 제시한 국내 문건으로써 의미가 있다.⁹²⁵⁾ 또한, 드론사고에 대한 원인 규명을 전제하여 감사기록을 반영토록 제시함으로써 디지털포렌식 관점에서도 참고할 수 있다.

나. Research Challenges and Opportunities in Drone Forensics Models⁹²⁶⁾

Arafat Al-Dhaqm(2021) 등은 Drone Forensics(이하 DRF)역량 개발에서 이전에 수행되었던 선행연구로 인한 근본적인 과제를 검토하여 DRF 영역을 구조화하고 구성할 통합 포렌식 조사 모델을 제안하였다. 연구방법은 ① 온라인 데이터베이스 선택 및 관련 문헌 검색, ② 현재 문헌 검토, ③ 발견 및 한계 도출로 진행되었다. 키워드 ["드론포렌식" + 모델] 및 ["드론포렌식" + 프레임워크]로 검색하여 2000년과 2020년 사이에 발표된 논문, 서적 등 102개 중에서 32개를 검토·분석하였다. 문헌 검토 결과 드론포렌식은 크게 (1) 포렌식 분석, (2) 비 포렌식 분석, (3) 포렌식 프레임워크, (4) 포렌식 분석 적용의 4가지 범주가 식별되었다.

924) 국민대학교 정보보안연구소, "양자 엔트로피 기반 난수 발생기를 이용한 드론 제어 데이터 보안 연구", 성균관대학교 '드론과 디지털포렌식' 세미나, 2021.10.26

925) KISA의 드론 사이버보안 가이드 이전에 2017년 TTA의 "드론 기반 서비스를 위한 보안 요구사항(TTAK.KO-12.0317)"에서 드론 보안 취약점 및 요구사항을 제시한 바 있다. TTA의 경우 구성요소, 인터페이스 및 키 은닉으로 구분하여 보안 요구사항을 설명하고, KISA의 경우 드론 보안 위협에 따른 보안 항목별 대응 방안을 제시한 것이 차이점이라 할 수 있다.

926) Arafat Al-Dhaqm, Richard A. Ikuesan, Victor R. KEBANDE, Shukor Razak and Fahad M. Ghabban, 2021, "Research Challenges and Opportunities in Drone Forensics Models", Electronics, 10(13), 1519

» [표 3-17] 2000~2020 드론포렌식 문헌 검토 결과(원문 재구성)

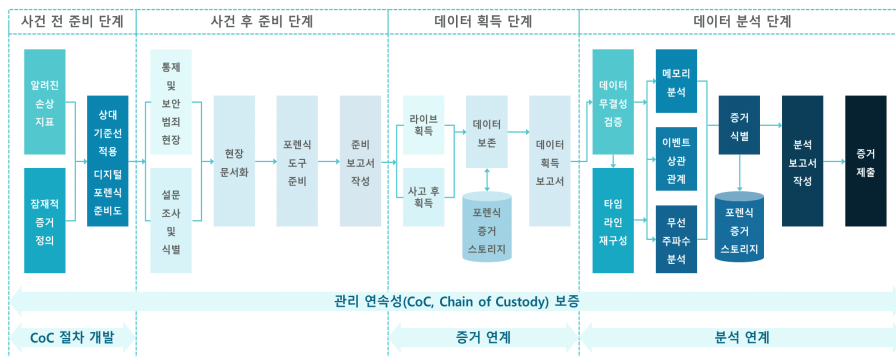
구분	범주	내용
1	포렌식 분석	<ul style="list-style-type: none"> 손상된 장치를 분석하는 데 사용될 수 있는 기법들에 초점 일반적인 접근 방식은 장치에 저장된 데이터를 디지털포렌식적 관점에서 분 보안 강화를 위해 다양한 과정을 통한 다단계 인증 활용도 크게 검토 추가적인 단계를 포함한 암호화와 인증을 적용 드론 오픈소스 파서(DROP), Exifpool, csvView, GeoPlayer 등 신뢰성 있는 기술 개발에도 다양한 도구가 활용 시스템의 DAT 파일, 운영체제 로그, 장치 컨트롤러 로그 및 비행 상태 로그 등을 분석에 사용
2	비 포렌식 분석	<ul style="list-style-type: none"> 주로 비행 상태를 시각화하고 통신 채널과 장치 간의 통신을 개선하는 데 사용 이러한 유형의 분석은 시각화를 위해 컨트롤러 데이터와 드론 로그 파일을 사용
3	포렌식 프레임워크	<ul style="list-style-type: none"> 포렌식 조사의 성과를 개선하는 데 도움이 될 수 있는 지침과 프레임워크를 검토 드론의 하드웨어와 소프트웨어를 모두 다룰 수 있는 프레임워크가 개발됨 해당 연구들은 아티팩트를 탐구하는 데까지 발전하였으며, 비행 후 분석에 초점을 맞춘 프레임워크 연구도 진행됨
4	포렌식 분석 드론 적용	<ul style="list-style-type: none"> 드론의 적용 분야가 다양하다는 점을 강조 장난감 드론, 감시 목적, 대량살상무기, 재난 관리 활동, 농업, 배달 서비스, 범죄 수사, 섬유 산업 같은 다양한 측면에 초점을 둠

출처 : Arafat Al-Dhaqm, et al, 2021,⁹²⁷⁾

식별된 포렌식 범주를 바탕으로 UAV 포렌식 조사의 일반화 가능한 조사 모델을 <그림 3-25>과 같이 제안하였다. 준비 단계(사건 전·후의 단계), 데이터 획득 단계 및 데이터 분석 단계로 구성하여 기존 모델들의 절차와 이점을 통합하고 특정 플랫폼에 종속적이지 않으며, 사법기관에 증거로 제시할 수 있는 포렌식 절차의 안전성 제공이 가능하다고 주장한다.

927) Arafat Al-Dhaqm, Richard A. Ikuesan, Victor R. Kebande, Shukor Razak andFahad M. Ghabban, 2021, "Research Challenges and Opportunities in Drone Forensics Models", Electronics, 10(13), p17~p18

» [그림 3-25] 통합된 UAV 포렌식 조사 모델(원문 재구성)



출처 : Arafat Al-Dhaqm, et al, 2021,⁹²⁸⁾

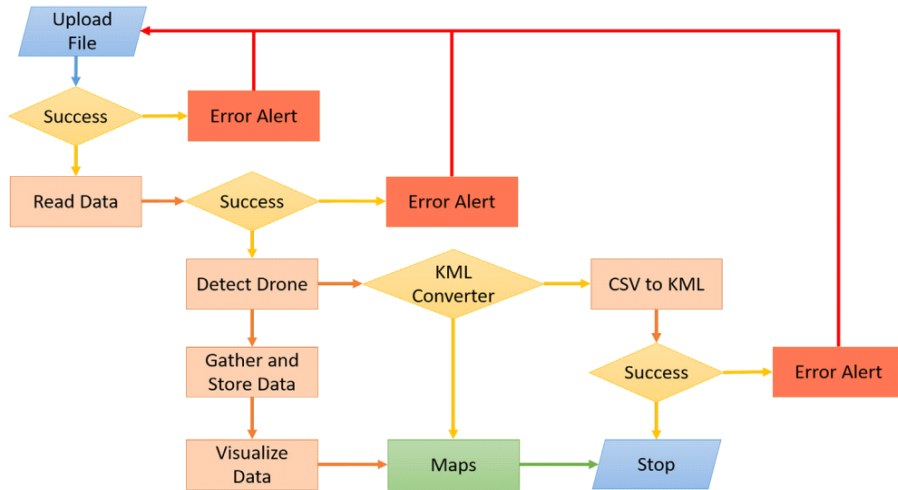
다. A comprehensive micro unmanned aerial vehicle (UAV/Drone) forensic framework⁹²⁹⁾

Ankit Renduchintala(2019) 등은 하드웨어/물리적 과학수사를 위해 범죠헌장의 드론 구성요소를 조사하는 모델을 제안하고, JavaFX 8.0을 사용하여 GUI 기반의 드론 디지털포렌식 애플리케이션을 제안하였다. <그림 3-26>은 드론 디지털포렌식을 위한 애플리케이션의 내부 워크플로우를 나타낸다. 해당 알고리즘은 추출된 파일을 업로드한 뒤 데이터를 읽어 들이고 드론 유형을 식별하여 데이터수집 및 시각화 작업을 진행하는 순서로 진행된다.

928) 928) Arafat Al-Dhaqm, Richard A. Ikuesan, Victor R. KEBANDE, Shukor Razak andFahad M. Ghabban, 2021, "Research Challenges and Opportunities in Drone Forensics Models", Electronics, 10(13), p20

929) Renduchintala, Ankit, et al, 2019, "A comprehensive micro unmanned aerial vehicle (UAV/Drone) forensic framework", Digital Investigation, 30,.

» [그림 3-26] 드론 디지털포렌식 애플리케이션 알고리즘



출처 : Renduchintala, Ankit, et al, 2019, p.61⁹³⁰⁾

구현된 애플리케이션 실험결과, <표 3-19>과 같이 드론에서 수집된 데이터를 바탕으로 이를 해석하고 시각화를 통해 디지털증거를 제시하였다. Google 지도 API를 연동하여 비행경로를 도식화하고 각종 센서 정보들을 그래프 형태로 표현하였다. 해당 논문에서는 드론에 대한 디지털포렌식을 위한 선결과제로 ① 드론의 이벤트 기록 문제, ② 물리적 이용 문제, ③ 개인 맞춤형 드론의 로깅 기능 부재 문제, ④ 로그 파일 형식 비표준화 문제, ⑤ 드론 사용자 식별 문제를 제기하였다. 해당 문제들은 본 장 4절에서 논의할 드론 디지털포렌식 쟁점과도 밀접한 연관이 있는 사항으로 세부적인 내용은 추후 기술하기로 한다.

» [표 3-18] 제안된 드론 디지털포렌식 애플리케이션 분석 내용(원문 재구성)

구분	식별 증거	내용
1	비행 개요	<ul style="list-style-type: none"> 대부분의 센서에 대한 매개변수 값을 확인할 수 있음 비행 날짜, 비행 위치, 홈 위치, 비행시간, 이동 거리, 최대 고도 등의 정보를 통해 전반적인 정보를 수집할 수 있음
2	비행 궤적	<ul style="list-style-type: none"> 드론의 전체적이 비행경로를 확인할 수 있음 이를 위해 시각화 도구와의 연동이 요구됨

930) Renduchintala, Ankit, et al, 2019, "A comprehensive micro unmanned aerial vehicle (UAV/Drone) forensic framework", Digital Investigation, 30.

구분	식별 증거	내용
3	기본 축 비행회전	• 회전각은 목적지 도착 전에 드론이 요격되거나 실수로 추락할 경우 드론이 향하는 방향을 나타낼 수 있음
4	비행통제	• 비행 중 간격마다 관제사로부터 드론이 수신하는 신호 제어 유형을 제시 • 조종사가 수행하는 다양한 비행 모드 운영을 분석하는 데 활용
5	롤링, 피치 및 요 회전	• 드론의 회전 빈도를 분석으로 비행의 행동을 이해하는 데 사용될 수 있음 • 또한, 시간에 따른 각도 분석을 통해 비행의 반복 여부, 조종사의 과실 등을 식별할 수 있음
6	수신력, 신호 강도	• 드론이 운용자와의 거리가 이격 정도를 나타냄 • 드론이 예상 범위 반경 이상으로 비행 시 신호 강도와 후속 제어가 줄어듦
7	위성 수	• 특정 시간 범위에서 볼 수 있는 위성 수는 GPS가 의도적으로 비활성화되었는지 여부를 나타냄 • 또한 위성수가 4개 미만인 경우 해당 비행 간격 내에 GPS 판독값을 표시하는 것은 유용하지 않음(신뢰성 문제)
8	배터리 사용량	• 충돌 전에 소비된 전력과 비행이 얼마나 더 지속될 수 있었는지에 대한 정보를 제공 • 드론의 고장 시간을 확인할 수 있어 다른 시간 지표와 비교할 때 사용
9	고도 범위	• 드론이 비행한 지형(공터, 숲 등지 등)이나 기반시설의 존재에 대한 힌트를 제공할 수 있음 • 비행 중 드론 추락 시 가능한 경유지와 함께 고도 시각 자료는 이 드론이 착륙했을 수 있는 근처 제한 지역이나 중요한 지역을 나타낼 수 있음
10	속도	• 경량 드론의 속도는 주어진 시간에 풍속에 달려있다는 점을 고려해야 함 • 해당 논문에서는 풍속 측정 센서 판독 값이 없었음
11	EXIF 정보	• 각각의 고도와 함께 GPS 좌표로 구성된 데이터가 존재함 • 비행 중 멀티미디어 파일이 생성된 장소와 시기에 대한 정확한 지리적 위치를 제공함

출처 : Renduchintala, Ankit, et al, 2019, p.62~p71⁹³¹⁾

라. UAV Forensic Analysis and Software Tools Assessment_DJI Phantom 4 and Matrice 210 as Case Studies⁹³²⁾

Fahad E. Salamh(2021) 등은 현재의 UAV 포렌식 수사기법을 여러 관점에서 종합적으로 검토하여 ① 개인 식별 가능 정보의 발견, ② 현재 이용 가능한 디지털포렌식 도구 테스트 및 평가, ③ 2개의 DJI 모델에서의 데이터 저장 메커니즘 및 증거 구조에

931) Renduchintala, Ankit, et al, 2019, "A comprehensive micro unmanned aerial vehicle (UAV/Drone) forensic framework", Digital Investigation, 30.

932) Salamh, Fahad E., Mohammad Meraj Mirza, and Umit Karabiyik, 2021, "UAV Forensic Analysis and Software Tools Assessment: DJI Phantom 4 and Matrice 210 as Case Studies", Electronics, 10(6), p.733.

대한 논의(예: 팬텀 4와 매트릭스 210), 그리고 ④ 3D 시각화 소프트웨어를 사용하여 UAV에서 복구된 비행 궤적 탐색에 대해 분석하였다.

분석을 위해 NIST의 CFReDS 드론 이미지를 활용하였으며 분석결과 AXIOM의 경우 암호화된 DAT 파일을 해독할 수 없었고, Autopsy와 Cellebrite 해독이 가능하였다. 다만 Autopsy와 Cellebrite는 단순한 기록만을 제공할 뿐이며, 세부적인 분석을 위해서는 DatCon이나 CsvView와 같은 전용 분석 도구가 필요하다는 것을 제시하였다. 또한, Autopsy와 Cellebrite 도구 사이의 타임스탬프에 일부 차이가 있었고, 추출된 DAT 파일의 MD5 해시값 생성 시 암호 해독 과정에서 변경이 발생하여 값이 달라지는 문제가 발생하였다. 이는 드론에서 추출된 디지털증거의 증거능력에 대해서 법정에서 다툼이 발생할 여지를 보여주고 있다.

3. 드론 디지털포렌식 기술

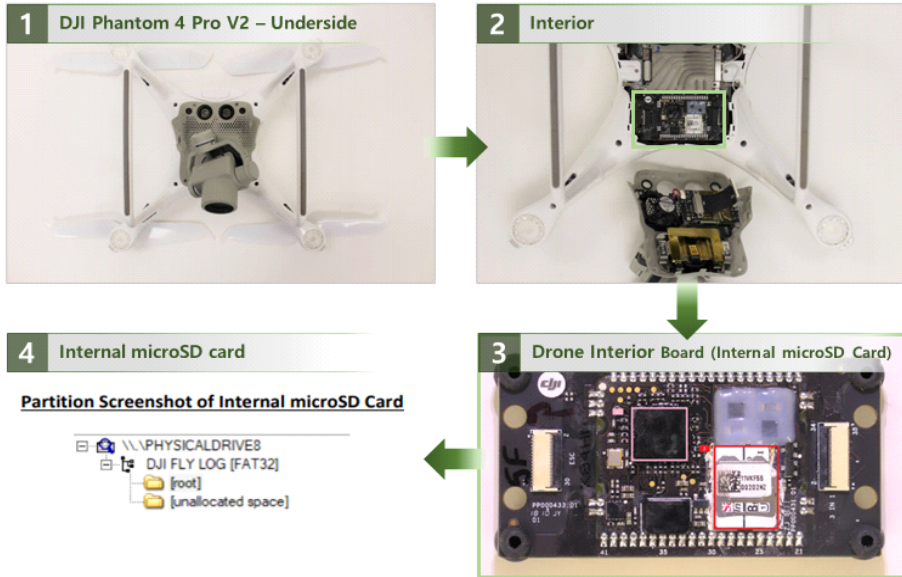
가. 드론 디지털포렌식 보고서 : VTO Labs

미국의 포렌식 전문업체 VTO Lab은 미국토안보부(DHS) 사이버보안부(DHS&T/CSD)의 연구과제의 일환으로 2017년 6월부터 2018년 12월까지 사법 집행과 정부의 수사에 지원을 목적으로 소비자 및 전문 드론의 디지털포렌식 데이터 분석을 수행하였다.⁹³³⁾⁹³⁴⁾ 30여 종의 드론 디지털포렌식 보고서는 장치 정보, 장치에 대한 사진 촬영, 장치 분해, 분해 장치의 구성요소 식별, 장치 획득 정보, 데이터 획득방법 등으로 구성되어 있어 드론 기체 입수 후 데이터 획득 단계까지의 세부적인 내용들을 다루고 있다.

933) The Drone Forensics Program, <https://www.droneforensics.com/>, 최종검색일 2021.11.15.

934) VTO Labs, "Drone Forensics", <https://www.vtolabs.com/drone-forensics>, 최종검색일 2021.11.15.

» [그림 3-27] DJI Phantom 4 Pro V2 – VTO Labs Report(원문 재구성)



출처 : VTO, Drone Report: DJI Phantom 4 Pro V2(2018), 15면, 20면, 25면, 133면 재구성

장치 정보는 해당 드론의 개요, 제조사 정보, 드론에 대한 세부 정보(모델, 중량, GPS 정확도, 최대 기울기 각도, 최대 상승 및 하강 속도, 최고 속도 등), 원격 조종기에 대한 세부 정보(모델, 운영주파수, 최대전송거리, 비디오 출력포트, 작동 및 충전온도 등), 부착 카메라에 대한 세부 정보(이름, 모델, 최대 비디오 저장 비트 전송률, 지원 파일 포맷, 지원 SD카드 유형, 운영 온도 범위 등), 운용 어플리케이션 세부 정보(이름, 모바일 장치 요구사항, 지원 모바일 장치 등)에 대해 상세히 기술되어 있다. 드론에 대한 사진 촬영 정보는 외부적으로는 각 장치에 대해 상·하·좌·우, 내부적으로는 각 모듈을 분해하여 촬영하였다. 추가적으로 내부 SD카드 및 컨트롤러 보드가 식별이 가능토록 근접 촬영하였다. 다음으로는 장치를 회로 보드 단위로 분해하여 드론장치와 컨트롤러의 구성요소를 식별하였다. 각 회로 보드별 칩셋 제조사, 모델번호, 메모리, 데이터시트 및 추가 정보를 테이블 형태로 정리하였다. 장치 획득 정보는 해당 드론장치에 대해 데이터를 획득할 당시의 정보에 대해 기술하고 있다. 드론이 처음 가동된 날짜, 비행 날짜, 비행한 시간, 비행 지속 시간, 고도, 온도, 상태, GPS 경계, 드론과 연결된 장치 등에 대해 세부적으로 기술하고 있다. 데이터 획득은 논리적인

데이터 획득 방법과 물리적인 방법으로 구분하여 설명하고 있다. 논리적 획득하기 위해서 배터리 잔량 상태, 컨트롤러와 앱의 연결 순서, 앱 계정의 필요 여부, 장치 전원 On 및 조작 순서 등등 데이터 획득을 위한 방법 및 절차 등에 대해 상세하게 기술하고 있다. 물리적 획득은 분해한 보드의 정보를 바탕으로 칩셋의 물리적 이미지를 획득하는 내용을 기술한다.

전체적인 보고서의 흐름은 위와 같으나 각 드론 장치별로 사용되는 보드, 칩셋 및 사용하는 앱의 정보 등에 따라 그 내용은 각각 차이가 존재한다. 해당 보고서는 실제 많이 사용되는 드론 제품을 바탕으로 데이터 획득까지의 단계를 상세하게 보고서 형태로 기술하였으므로, 디지털포렌식 분석관이 참조할 수 있는 좋은 정보들을 제공한다는 점에 의미가 있다.

나. NIST의 CFTT

1) 드론 이미지 데이터셋 : NIST의 CFReDS 프로젝트⁹³⁵⁾

NIST는 Computer Forensics Tool Testing(이하 CFTT) 프로젝트를 통해 디지털포렌식 도구에 대한 일반 사양, 테스트 절차, 테스트 기준, 테스트 셋 및 테스트 하드웨어를 개발하여 디지털포렌식 소프트웨어를 테스트하기 위한 방법론을 확립하는 것을 목표로 하고 있다.⁹³⁶⁾ NIST는 디지털증거 분석을 위해 컴퓨터포렌식 참조 데이터셋(이하 CFReDS, Computer Forensic Reference Data Sets)을 개발하였다. CFReDS는 디지털 증거 데이터셋을 제공하여 수사, 장비 검사, 훈련 및 디지털 증거분석실 인정을 위한 소프트웨어 도구의 유효성 검증 등을 포함하여 여러 가지 방법으로 사용될 수 있다. CFReDS는 이미지 저장소(repository)이며, 드론과 관련하여 현재 11개의 제조사, 82개의 드론 이미지를 제공한다('21년 7월 기준). 전술한 VTO Lab의 보고서가 드론 기체를 확보하여 데이터를 획득하기까지의 구체적인 내용들을 기술하였다면, NIST의 CFReDS는 획득한 드론 이미지를 통해서 실제 디지털포렌식 도구들을 활용하여 분석해 볼 수 있는 여건을 제공한다는 점에서 의미가 있다.

935) CFReDS, <https://www.cfreds.nist.gov/>, 최종검색일 2021.11.15.

936) NIST, "Computer Forensics Tool Testing Program(CFTT)", <https://www.nist.gov/itl/ssd/software-quality-group/computer-forensics-tool-testing-program-cftt>, 최종검색일 2021.11.15.

2) 드론 디지털포렌식 도구 : NIST 컴퓨터 포렌식 도구 카탈로그

컴퓨터포렌식 도구 카탈로그는 미 국토안보부 사이버보안부와 NIST CFTT 간의 파트너십으로 진행되고 있으며, 디지털포렌식 도구를 쉽게 검색할 수 있도록 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 디지털포렌식 실무자는 자신의 기술 요구사항을 충족하는 도구와 기술을 찾을 수 있다. CFTT는 크게 일반정보, 기술정보, 연방 테스트 프로젝트, CFReDS, 컴퓨터 포렌식 도구 카탈로그, 유용한 링크로 구성되어 있다. 도구에 대한 정보는 개발자 측에서 제공하며 테스트되었음을 의미하지는 않는다.⁹³⁷⁾ 카탈로그에서 제공하는 디지털포렌식 도구에 대한 범주는 클라우드, 데이터베이스, 드론, 디스크이미징, 파일카빙, 해시분석, GPS, P2P, VoIP, 메모리, 모바일, 소셜미디어 등 37개이며, 이 중 드론 범주에 해당하는 디지털포렌식 도구는 CFID V3 with SkySafe, Magnet AXIOM, Oxygen Forensic Detective, UFED Ultimate 4종이다.

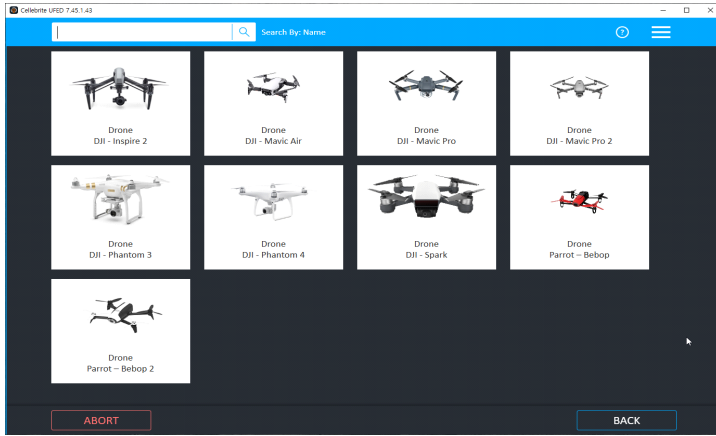
다. 드론포렌식 분석

1) 드론 데이터 획득

Cellebrite社の UFED를 통해 드론 데이터 획득을 진행하였다. UFED는 기본적으로 드론 데이터 획득을 위한 메뉴를 제공한다. 하지만 지원되는 기종은 DJI와 Parrot社에 한정되어 있다(2021.7 기준). 획득방식은 UFED를 통해 추출하고자 하는 드론의 기종을 선택한 후 추출유형(File System, Physical)을 선택한다. 그런 다음 모드 선택 후 추출경로를 지정하면 장치를 연결 안내 화면이 표시되고, 연결 시 데이터 추출이 진행된다. 추출 결과는 *.ufd 확장자 형태로 저장되며, 이후 UFED Physical Analyzer(이하, UFED·PA)에서 분석이 가능하다.

937) NIST, "Computer Forensics Tools & Techniques Catalog", <https://toolcatalog.nist.gov/index.php>, 최종검색일 2021.11.15.

▶▶ [그림 3-28] UFED 드론 데이터 추출을 위한 메뉴 화면

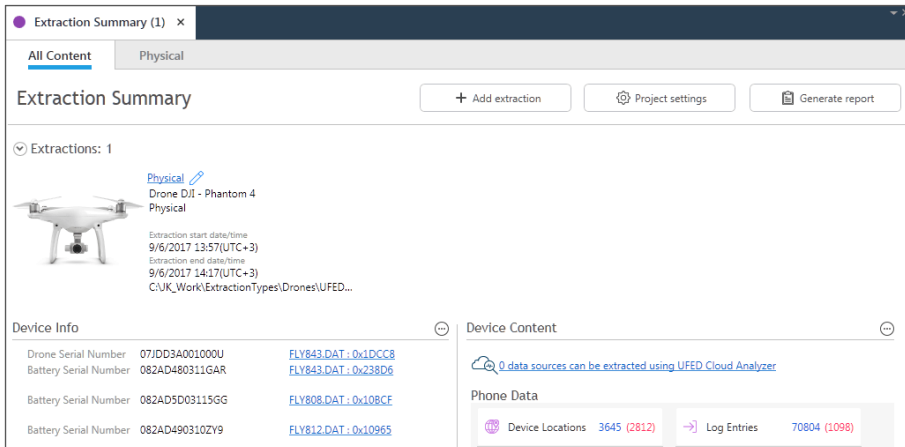


2) 드론 데이터 분석

(1) 드론장치 정보

UFED PA를 통해 정상적으로 추출하면 <그림 3-29>과 같이 추출된 내용에 대한 요약정보를 확인할 수 있다. 드론 및 배터리의 일련번호, 드론에 포함된 데이터의 유형(위치, 로그 개체, 오디오, 구성정보, 이미지, 비디오, 분류되지 않은 데이터 등) 확인이 가능하다.

▶▶ [그림 3-29] UFED 드론 데이터 추출 요약정보

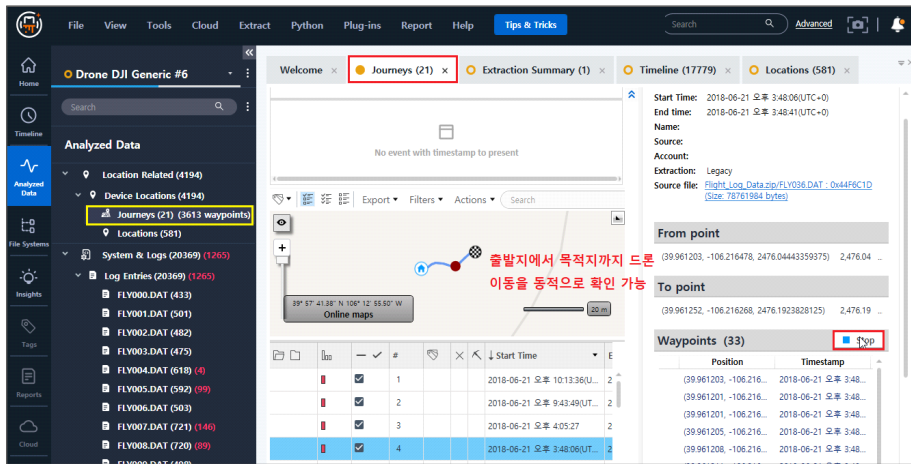


출처 : 셀러브라이트 제공

(2) 비행경로 및 시각화

UFED PA에서는 드론의 Flight log를 바탕으로 비행경로를 위치에 도식해주는 기능을 제공한다. journeys 기능을 활용하면 드론 비행경로에 대한 이동내역을 애니메이션 형태로 동적으로 확인할 수 있다. 출발지(📍)로부터 목적지(🎯)까지의 경로가 선으로 표시되며, 특정 시점 드론의 위치는 붉은 점(●)으로 표시된다. 우측의 Waypoints의 Play 버튼(진행 중일 경우에는 Stop으로 표시)을 클릭하면 드론의 이동을 동적으로 확인할 수 있다. WayPoints에서는 드론의 경도, 위도, 시작 날짜 및 시간, 고도가 표시된다. 우측 상단에는 해당 로그의 원본 소스 출처가 표기되는데, <그림 3-30>에서는 flight log 데이터 중 FLY036.DAT 파일의 정보를 활용하는 것을 알 수 있다.

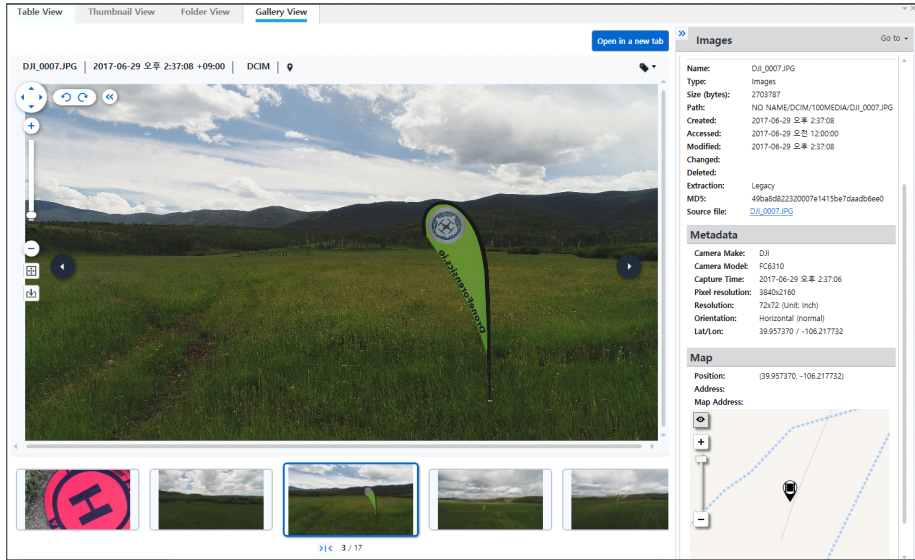
▶▶▶ [그림 3-30] UFED PA DJI 社 드론 비행경로 및 시각화 분석



(3) 이미지 및 비디오

드론의 내·외부 저장매체에 저장된 이미지 및 비디오를 분석할 수 있다. 이미지의 메타데이터(Exif)에는 이름, 크기, 경로, 날짜, 제조사, 모델, 해상도, 위도, 경도 등과 같은 다양한 정보를 내포하고 있다. 비디오의 경우 드론이 촬영한 영상을 확인할 수 있다.

▶▶▶ [그림 3-31] UFED PA DJI 社 드론 이미지 분석



(4) 드론 로그 파일 및 로그 엔트리

DJI 社의 로그는 *.DAT 형태로 저장된다. DAT는 다양한 정보들을 담고 있는데, UFED PA의 Uncategorized 메뉴 선택 시 확인할 수 있다. 드론에 대한 로그 엔트리는 드론 기체에 대한 상태 정보를 담고 있다. 로그 엔트리의 Body 컬럼의 내용을 살펴보면 LED, FLYMODE, SENSOR 등 각 장치의 상태 로그들을 확인할 수 있다.

▶▶▶ [그림 3-32] DJI 社 드론 로그 개체 및 소스파일 정보

#	Timestamp	Identifier	Body	Source	Extraction	Source file information
1	2017-08-26 오후 1:24:23	454934235	4769 [-FMU LED]action changed. farm app stop motor startapp stop motor start(1)	FLY048.DAT	Legacy	FLY048.DAT : 0x140d838
2	2017-08-26 오후 1:24:20	444970592	4664 [-DBG1]receive product config cmd_id_4	FLY048.DAT	Legacy	FLY048.DAT : 0x146018E
3	2017-08-26 오후 1:24:20	444905189	4664 [-FMU LED]action changed. set home(0)	FLY048.DAT	Legacy	FLY048.DAT : 0x145f600
4	2017-08-26 오후 1:24:20	442563051	4638 [-FLYMODE][Ctrl+] REQ_RC_NORMAL NAVI_FARM_MISSION ctrl_farm_mission	FLY048.DAT	Legacy	FLY048.DAT : 0x1441CD3
5	2017-08-26 오후 1:24:20	442562579	4638 [-FARM FARM] vel gear: 0 -> 3.	FLY048.DAT	Legacy	FLY048.DAT : 0x1441C90
6	2017-08-26 오후 1:24:20	442555054	4638 [-HOME First. lat:22.6299534 long:113.9288901 alti:131.27	FLY048.DAT	Legacy	FLY048.DAT : 0x1441A7A
7	2017-08-26 오후 1:24:09	395105847	4110 [-SENSOR ASR ASR Delay calibration: 501/460	FLY048.DAT	Legacy	FLY048.DAT : 0x11F5C00

이외에도 DAT 파일은 위도, 경도, 속도, 시간, 가속계, 자이로센서, 모터, 배터리 등에 대한 세부 정보를 기록하고 있다. 참고로 Oxygen의 경우 고도, 속도, 배터리 상태 등 UFED에 비해 추가적인 정보를 해석하여 제공한다.

[그림 3-33] Oxygen Forensic 드론 데이터 분석

Coordinates	Time stamp (UTC)	Altitude	Barometric	Velocity	Ground speed	Current...	Battery (%)	Battery
N 39.9611853, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2545.891 m	2542.929 m	0.015 m/sec	0.01 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611852, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2545.968 m	2542.926 m	0.007 m/sec	0.004 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611852, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2545.65 m	2542.927 m	0.007 m/sec	0.005 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611852, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2545.707 m	2542.936 m	0.004 m/sec	0.01 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611852, W 106.2165130	2017-06-29 오후 05...	2545.508 m	2542.936 m	0.012 m/sec	0.012 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611853, W 106.2165130	2017-06-29 오후 05...	2546.228 m	2542.947 m	0.012 m/sec	0.014 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611852, W 106.2165130	2017-06-29 오후 05...	2545.981 m	2542.949 m	0.014 m/sec	0.012 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611852, W 106.2165130	2017-06-29 오후 05...	2545.863 m	2542.944 m	0.011 m/sec	0.009 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611852, W 106.2165130	2017-06-29 오후 05...	2546.223 m	2542.947 m	0.003 m/sec	0.003 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611851, W 106.2165130	2017-06-29 오후 05...	2545.844 m	2542.947 m	0.005 m/sec	0.002 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611850, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2545.989 m	2542.938 m	0.003 m/sec	0.003 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611850, W 106.2165130	2017-06-29 오후 05...	2546.1 m	2542.933 m	0.003 m/sec	0.003 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611849, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2546.219 m	2542.936 m	0.002 m/sec	0.002 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611846, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2545.964 m	2542.924 m	0.004 m/sec	0.004 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611846, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2545.549 m	2542.931 m	0.004 m/sec	0.001 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611847, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2545.717 m	2542.925 m	0.002 m/sec	0.001 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611847, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2545.661 m	2542.914 m	0.008 m/sec	0.003 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611847, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2545.917 m	2542.898 m	0.012 m/sec	0.003 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611846, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2546.331 m	2542.91 m	0.011 m/sec	0.003 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611845, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2546.554 m	2542.908 m	0.006 m/sec	0.004 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611845, W 106.2165129	2017-06-29 오후 05...	2546.456 m	2542.913 m	0.006 m/sec	0.003 m/sec	14	94	4.1 °C
N 39.9611845, W 106.2165128	2017-06-29 오후 05...	2545.831 m	2542.921 m	0.004 m/sec	0.002 m/sec	14	94	4.1 °C

UFED 및 Oxygen의 경우 DAT 파일을 해석하여 세부적인 정보를 제공하는데 한계가 있다. 따라서 좀 더 자세한 값을 확인하기 위해서는 DJI 전용 프로그램(DatCon) 또는 사이트(<https://www.djilogs.com/>)를 이용하여 변환·분석하여야 한다. DatCon은 드론의 로그 파일(DAT)을 변환하여 해석해주는 무료 오프라인 도구이다. DAT 파일은 csv 형태로 저장되며 DJI 기체 및 비행 정보에 대한 다량의 로그를 보여준다. DAT 파일을 csv 형태로 변환하여 확인한 로그데이터 정보는 클럭, IMU, ATTI, GPS, 컨트롤러, RC정보, 보정값, 나침반 필터, 배터리 상태, 모터, 풍속 등 다양한 정보를 기록하며 각 항목별 약 270여 가지의 세부속성을 확인할 수 있다.

3) 드론과 연결된 모바일 장치 데이터 분석

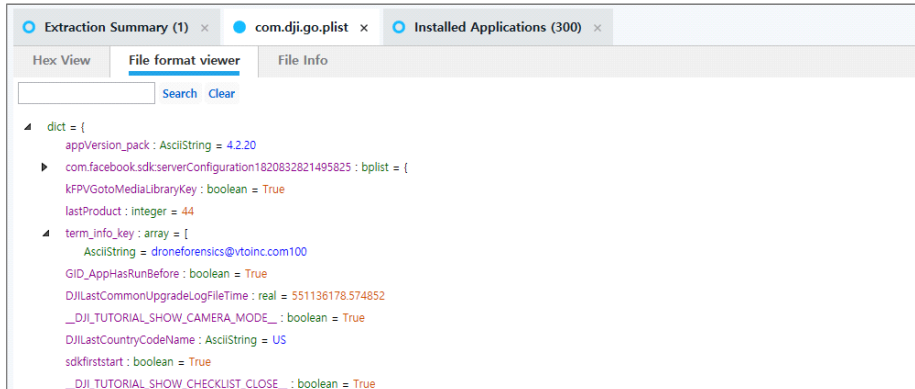
기종에 따라 드론 본체 이외에도 연결된 장치 내의 데이터 분석을 통해 비행 로그 등과 같이 관련된 흔적을 식별할 수 있다.

(1) plist 파일 분석

plist(property list) 파일은 OS X, iOS 프로그래밍 소프트웨어 프레임워크 등에 이용되는 파일로 일반적으로 사용자의 설정을 저장하는데 사용된다. iPhone 내 DJI GO APP에 위치한 com.dji.go.plist 파일을 살펴보면 드론 장비의 모델명, 시리얼번호,

카메라 설정, 컨트롤러 정보, DJI 계정에 등록된 이메일 등 다양한 정보를 확인할 수 있다.

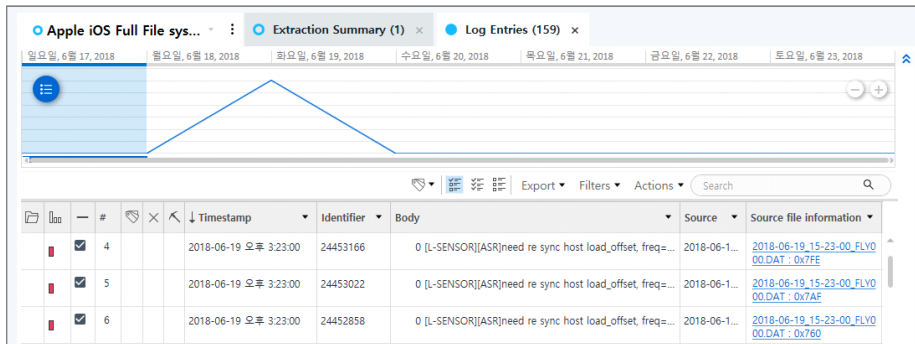
▶▶▶ [그림 3-34] iPhone 논리적 백업 데이터 - com.dji.go.plist



(2) 로그 엔트리 및 DAT 파일 분석

드론 기체뿐만 아니라 DJI APP에서도 DAT 파일⁹³⁸⁾을 저장한다. UFED에서는 DAT 파일 내 기록되어 있는 로그 엔트리를 테이블 형태로 제공한다.

▶▶▶ [그림 3-35] iPhone 논리적 백업 데이터 - com.dji.go.plist

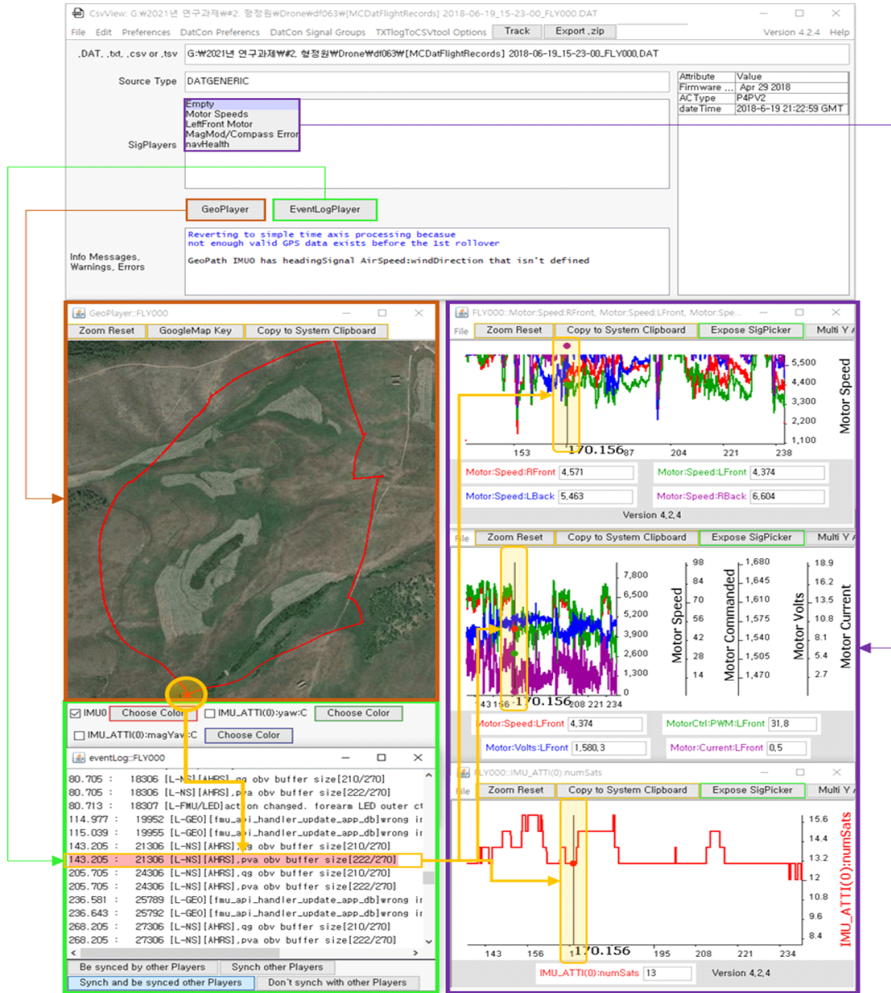


DAT 파일은 CsvView 프로그램을 통해 시각적인 분석이 가능하다. CsvView는 드론 비행경로를 시각화하여 도식해줄 뿐만 아니라 모터의 컨트롤 및 상태, 신호가 잡히는

938) iPhone 기준 DAT 파일은 /mobile/Containers/Data/Application/com.dji.go/Documents/FlightLogs/폴더 내에 위치한다.

인공위성 개수 등을 경로에 따라 보여준다.

▶▶▶ [그림 3-36] iPhone 논리적 백업 데이터 - DAT 파일 분석(CsvView)



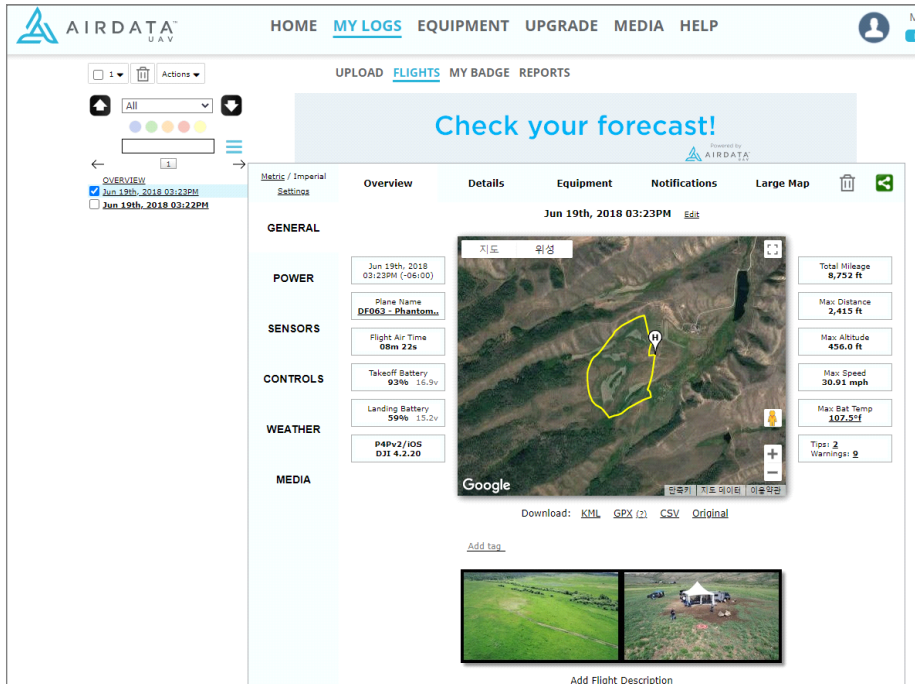
(3) TXT 파일 분석

DJIFlightRecord 파일⁹³⁾은 txt 확장자를 지니며 DAT파일과 마찬가지로 CsvView로 분석이 가능하다. CsvView의 경우 주로 배터리 관련 정보를 확인할 수 있다.

93) iPhone 기준 TXT 파일은 /mobile/Containers/Data/Application/com.dji.go/Documents/FlightRecords/폴더 내에 위치한다.

〈그림 3-37〉은 AIRDATA를 통해 해당 로그를 분석한 결과이다. AIRDATA는 웹 상에서 드론 로그를 업로드하면 이를 분석하여 결과를 제공해주는 사이트이다. 메뉴는 좌측의 일반사항, 전원, 센서, 컨트롤, 기상, 미디어로 구분되어 있으며 상단에는 좌측 메뉴의 하위 메뉴들로 구성되어 있다.

▶▶▶ [그림 3-37] iPhone 논리적 백업 데이터 - TXT 파일 분석(AIRDATA)



모바일 장치에서 획득한 로그 데이터 역시 드론 기체와 유사하게 많은 수의 컬럼을 가지고 있다. DJI APP 로그 데이터는 기체 데이터와 같이 약 270여 종의 로그 항목을 저장한다.

4) 드론 내 저장매체(외부, 내부) 분석

드론 외부저장매체에는 이미지와 동영상이 저장되며, 내부 저장매체에는 비행기록 로그가 저장된다. 파일은 FLY000.DAT 형식으로 분석 내용은 드론 기체와 동일하다.

드론은 제조사 및 기종에 따라 분석할 수 있는 프로그램이 상이하고, 표준화된

로그 포맷이 존재하지 않아 드론 디지털포렌식 기술은 제조사 및 다양한 형태의 프로그램에 의존할 것으로 보인다. 따라서 드론사고에 대한 디지털포렌식 조사 시 제조사 제공 프로그램, 상용 디지털포렌식 솔루션, 오픈소스 도구 등을 복합적으로 활용하여 데이터 분석을 진행할 필요가 있다.

4. 드론사고 디지털포렌식 절차

가. 인터폴(Interpol) 드론사고 대응 프레임워크

1) 드론사고 대응을 위한 초기 대응자 지침

인터폴에서는 2020년 1월 초기 대응자 및 디지털포렌식 실무자를 위한 드론사고 대응 프레임워크(FRAMEWORK FOR RESPONDING TO A DRONE INCIDENT)를 발행하였다.⁹⁴⁰⁾ 2017년부터 3년 동안 드론 전문가 그룹회의를 통해 정보·지식·모범사례를 공유 및 연구하여 해당 프레임워크를 개발하였다. 전체적인 구성은 드론 및 관련 장치에 대한 개요, 드론사고 대응을 위한 초기 대응자 지침, 드론에 대한 디지털 증거 획득, 조사, 분석 및 제출을 담당하는 디지털포렌식 전문가에 대한 지침 등으로 이루어져 있다.

초기 대응자를 위한 지침은 크게 현장처리, 드론 압수, 사건 수사로 구성된다. 먼저, 현장처리는 총 12가지의 세부 원칙·정책·절차로 이루어져 있다. ① 초기 대응 / 정보 수집 단계는 드론 사고 현장을 범죄로 간주하여 사건, 차량, 이벤트, 잠재적 증거 및 환경 조건 등을 관찰하여 진입한다. ② 안전 절차는 사고현장 및 주변의 안전을 보장하기 위해 위험한 상황이나 사람을 식별·통제하여야 한다. ③ 응급진료 단계는 사고현장 오염을 최소화한 상태에서 부상자에 대한 의학적 치료를 제공을 보장해야 한다. ④ 보안 및 인력 통제는 사고현장을 보호하기 위해 사람을 식별하고 움직임을 통제한다. ⑤ 경계 정의 및 통제는 사고현장을 보호하고 증거자료의 무결성을 통제하기 위해 중요하다. ⑥ 담당 수사관 도착 시 사고 현장 통제에 도움을 주기 위해 현장 브리핑을 실시한다. ⑦ 모든 활동과 사고현장에서 이루어진 관찰은 정보보존 측면에서 가능한 빨리 기록되어야 한다. ⑧ 사고현장에 대한 수사 활동 조정, 언론

940) Interpol, 2020, 『Framework for Responding to a Drone Incident』.

대응 및 팀 회의 등을 할 수 있는 장소를 마련한다. ⑨ 담당 수사관은 목격자 파악·확보, 시기적절하게 목격자를 별도 인터뷰하고 규정에 따라 처리한다. ⑩ 현장 평가는 물리적 증거를 식별, 수집, 보존하고 증인확인을 위한 수사 전략 개발을 가능하게 한다. ⑪ 현장 실사는 담당 수사관에게 전체적인 현장에 대한 개요를 제공한다. 이를 통해 취약한 증거를 식별하고 초기 수사절차를 위한 현장의 체계적인 조사 및 문서화를 제공한다. 서면 및 사진 자료는 초기 관찰 장면의 상태에 대한 중요한 기록을 제공한다. ⑫ 출입일지 및 노트작성은 수사 및 기소 목적으로 현장에 출석한 사람을 기록한다.

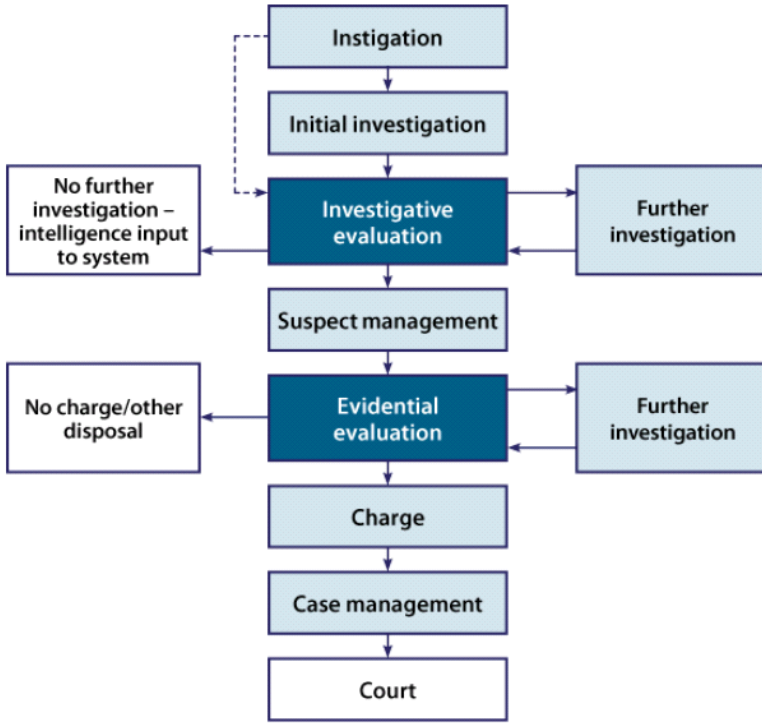
▶▶ [표 3-19] 드론사고 현장처리 순서

순번	내용	순번	내용
1	초기 대응 / 정보수집	7	문서작업 및 관찰
2	안전 절차	8	사고지휘체계 구축 및 알림
3	응급진료	9	증인 관리
4	현장의 보안 및 인력 통제	10	현장 평가 실시
5	경계 : 식별, 설정, 보호 및 보안	11	현장 실사 및 초기 문서화 수행
6	현장 통제권 인계 및 담당 수사관에게 브리핑	12	메모와 기록

출처 : Interpol, 2020, FRAMEWORK FOR RESPONDING TO A DRONE INCIDENT, 31~42면

이렇게 드론사고 현장에 대한 조치가 마무리되었으면, 다음으로 드론 압수를 진행한다. 드론에 접근 시 추락 여부, 조종사 식별 여부, 페이로드 탑재 여부, IED 또는 생물학적 위험 존재 여부 등을 사전에 확인한 후 압수를 진행한다. 드론 압수 시에는 DNA와 지문채취를 위해 장갑 착용, 제조사, 모델 및 일련번호를 포함하여 UAV의 주요 식별자 기록, UAV에 착탈식 배터리가 있는 경우 제거, 원격 삭제 방지를 위해 패러데이 백에 독립적으로 포장 등을 통해 안전하게 압수한다. 현장이 분석되고 조치가 취해지면, 수사의 초점은 초기 대응에서 사건의 배후자를 식별하기 위해 누가, 왜, 어디서, 언제인지 증명해야 하는 필요성으로 바뀌게 된다. 수사관이 참여하는 활동의 유형과 수집된 자료는 조사의 사전적·사후적 방법에 따라 다르나 <그림 3-38>과 같이 모두 유사한 단계를 거친다.

» [그림 3-38] 수사절차 개요



출처 : Interpol, 2020, FRAMEWORK FOR RESPONDING TO A DRONE INCIDENT, 48면

2) 드론에 대한 디지털포렌식 케이스 관리 및 분석절차

본 프레임워크에서는 드론에 대한 디지털포렌식 처리 절차를 사건(케이스)관리 및 분석절차로 구분하여 기술한다. 이는 2017년에 인터폴에서 발행한 디지털 증거분석실 가이드라인과 동일한데, 이는 드론에 대한 증거 처리 및 분석을 디지털 증거분석실에서 진행하는 것을 전제로 함에 따라 해당 절차를 준용한 것으로 보인다. 먼저, 드론에 대한 사건관리를 살펴보면 ① 요청접수, ② 사건 등록, ③ 증거물 등록, ④ 증거물 촬영, ⑤ 분석 수행, ⑥ 증거물 반환, ⑦ 사건 종료 단계로 수행된다. 사건 관리에서 중요한 점은 증거의 연계보관성(Chain of Custody)을 유지하는 것이다. 요청 접수 시부터 사건 종료 시까지 증거에 대한 어떠한 변경·조작이 발생하지 않도록 각 단계별 유의사항에 대해 제시하고 있다.

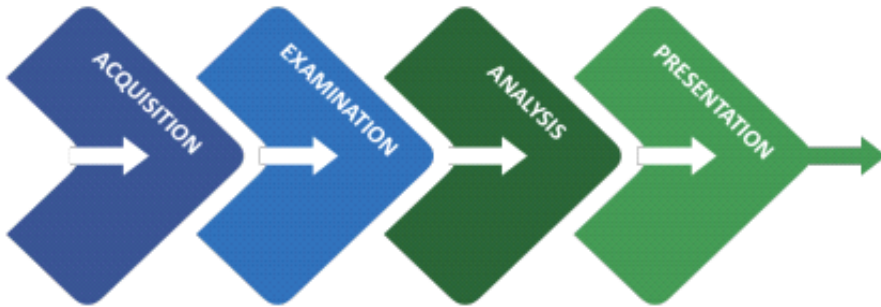
» [그림 3-39] 드론에 대한 디지털증거 처리 및 분석 절차



출처 : Interpol, 2020, FRAMEWORK FOR RESPONDING TO A DRONE INCIDENT, 51면

다음으로 드론에 대한 디지털포렌식 분석절차는 ① 획득, ② 조사, ③ 분석, ④ 제출 단계로 진행된다.

» [그림 3-40] 드론에 대한 디지털포렌식 분석절차



출처 : Interpol, 2020, FRAMEWORK FOR RESPONDING TO A DRONE INCIDENT, 54면

획득(Acquisition) 단계는 드론, 컨트롤러, 모바일폰 또는 노트북과 같은 전자 증거(증거물)의 포렌식적 복사본을 이미지 파일이나 파일의 형태로 만드는 과정으로 증거의 무결성 보존을 통해 조사 및 분석 단계에서 활용될 수 있게 한다. 이를 위해 안전하고 건전한 방법으로 획득하여야 하며, 해시값 기록, 사본 매체에 데이터 저장 등의 기준을 준수하여야 한다. 해당 프레임워크에서는 드론 데이터 추출방식을 대상으로 기준으로 드론과 컨트롤러로 분류하고, 방법에 따라 물리적·논리적 추출, 파일시스템 덤프, JTAG/Chip-Off 4가지를 제시하고 있다.

» [그림 3-41] 드론 또는 컨트롤러에 대한 추출 절차



출처 : Interpol, 2020, FRAMEWORK FOR RESPONDING TO A DRONE INCIDENT, 57면

추출방식을 정리하면 <표 3-21>과 같다. 컨트롤러는 프로펠러 부분을 제외하고 드론과 동일하게 획득 절차를 진행한다. 획득방법은 USB 케이블을 PC와 연결하여 물리적·논리적 추출, 파일시스템 덤프를 수행하거나 JTAG/Chip-Off를 통해 데이터를 획득, 서비스 제공업체(ISP)를 통한 방법으로 이루어진다.

» [표 3-20] 드론 획득 절차 및 방법

구분	획득절차	획득방법	드론	컨트롤러
1. 사전 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 드론의 제조 및 모델 식별 • 드론 촬영 및 손상 여부 확인 • 배터리 분리 및 배터리 셀의 손상 또는 팽창 여부 점검 	USB 케이블, JTAG, ISP, Chip-Off	○	○
2. 프로펠러 제거	<ul style="list-style-type: none"> • 각 프로펠러에 라벨을 부착하여 어느 팔/날개로부터 제거되었는지 확인 • 날개/팔 또는 프로펠러의 손상 기록 및 사진 촬영 		○	-
3. 외부저장매체 획득 및 체크	<ul style="list-style-type: none"> • 외부저장매체(예: SD 카드)를 검색 • 모든 외장 저장매체의 사진 및 레이블 지정 • 외부저장매체의 물리적 이미지 획득 		○	○
4. 내부 저장소 획득	<ul style="list-style-type: none"> • 드론을 디지털포렌식 장비에 연결하여 데이터 획득 • 획득 전 드론 배터리 완전 충전 		○	○
5. 결과 검토 및 검증	<ul style="list-style-type: none"> • 결과 분석/파악 및 확인 • 결과 및 관찰에 대한 상세한 보고서 생성 		○	○

출처 : Interpol, 2020, FRAMEWORK FOR RESPONDING TO A DRONE INCIDENT, 62~63면 재구성

추출방법의 경우, 모바일의 Rooting 및 Jailbreak를 제외하고는 거의 동일하다고 할 수 있다. 획득 절차 흐름은 저장매체로부터 증거물을 식별한 뒤, 네트워크로부터 증거물을 분리하고, 관련 데이터를 추출한 다음, 추출된 데이터와 증거물을 검증 및 문서화 순으로 진행된다. 추가적으로 드론을 사용하면 페이로드, 보조전자장치, VR/FPV 고글, 그리고 드론의 수정 또는 추가를 통한 장치들과의 연관성 및 관련 데이터들이 스마트폰이나 노트북을 통해서 저장될 수 있다는 점을 고려해야 한다. 조사(Examination) 단계에서는 증거에 대한 일반적인 사항들을 다루고 있다. 원본 증거에 대한 조사를 지양하고, 항상 사본(이미지 파일)에 의한 작업을 수행해야 하며, 불가피할 시 쓰기 차단 장치를 통해 무결성을 유지해야 한다. 조사관은 가상화 기술을

사용하여 사건(케이스)을 조사 후 이전 상태로 되돌릴 수 있다. 분석(Analysis)은 드론에 대한 디지털증거 흔적을 식별하는 단계로 해당 프레임워크에서는 증거 유형을 6가지 형태로 구분하고 있다.

▶▶ [표 3-21] 드론 증거 유형

구분	내용					
사진 및 비디오	<ul style="list-style-type: none"> • 사진의 경우, 일반적으로 시그니처 분석을 우선 수행하며 썸네일 뷰를 통해 다수의 사진을 확인할 수 있음 • 비디오의 경우 정지 사진 추출을 통해 썸네일뷰로 분석 가능함 • 사진 및 비디오 파일의 메타데이터에 촬영 위치, 생성 날짜 및 시간, 촬영 장치 등과 같은 정보를 포함하고 있으므로 의미있는 데이터를 추출할 수 있음 • 사진 및 비디오 파일 저장 위치 					
			저장 위치	파일경로	확장자	기본 이름
	DJI Phantom 3	사진	External SD	\\DCIM\	.jpg/ .dng	FLYXXX
		비디오	External SD	\\DJI\dji.pilot\DJI_RECORD\	.mp4/ .mov	FLYXXX
	DJI Phantom 4 Pro	사진	External SD	\\DCIM\	.jpg/ .dng	FLYXXX
		비디오	External SD	\\DCIM\	.mp4/ .mov	FLYXXX
	DJI MAVIC 2	사진	Internal eMMC/External SD	\\DCIM\	.jpg/ .dng	FLYXXX
		비디오	External SD	\\DCIM\	.mp4/ .mov	FLYXXX
	YNEEX Q500 4K	사진	Camera SD	\\DCIM\	.jpg/ .dng	-
		비디오	Camera SD	\\DCIM\	.mp4	-
	Parrot ANAFI	사진	External SD	\\DCIM\ 100MEDIA	.jpg/ .dng	-
		비디오	External SD	\\DCIM\ 100MEDIA	.mp4	-
	비행 기록	<ul style="list-style-type: none"> • 드론 비행기록은 일반적으로 다음과 같은 아티팩트를 포함 <ul style="list-style-type: none"> - GPS 위치 - 데이터 매개변수(로터 속도, 고도 및 방향) - 진단 오류 코드 - 일시 및 일자 - 드론 텔레메틱스 - 관련 미디어 로그 				

구분	내용			
	<ul style="list-style-type: none"> 드론 비행 로그 아티팩트의 분석은 목적이나 의도를 암시하는 데 중요 대부분의 드론은 SQLite 데이터베이스 또는 CSV 파일을 사용 드론 모델에 따른 비행기록 저장 위치/유형 			
	드론 모델	저장 위치	확장자	기본 이름
	DJI Phantom 3	Internal SD	.dat	FLYXXX
	DJI Phantom 4 Pro	Internal SD	.dat	FLYXXX
	DJI MAVIC 2	INTERNAL eMMC	.dat	-
	YNEEX Q500 4K	SD CARD	.csv	Remote/RemoteGPS/Telemetry
	Parrot ANAFI	External SD	.bin	Log.bin
어플리케이션/ 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> 일반적으로 설치된 소프트웨어 아티팩트 또는 애플리케이션에서 신뢰할 수 있는 소스에서 정보를 수집하여 분석을 수행 그런 다음 시뮬레이션을 수행 또는 응용 프로그램을 테스트 장치에 설치하여 프로그램의 기능과 데이터 수집을 이해하기 위한 테스트를 수행하여 결과를 확인 			
사용자 활동	<ul style="list-style-type: none"> 드론 운영체제에서 식별할 수 있는 사용자 활동의 예는 다음과 같음 <ul style="list-style-type: none"> - 드론 전원 On/Off 시간 - 드론 설정 - 기기 사용 내역 - 사용자 로그인/계정 - Wi-Fi/기기 연결 - 텔레메트릭스(무선통신+GPS) 로그 운영체제에 따라 사용자 활동 아티팩트는 다양한 파일과 위치에 저장됨 			
비할당 영역	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 카빙을 통해 증거 분석 비할당 영역의 데이터 대부분은 특정 사용자, 타임스탬프 및 폴더 구조 내 위치와 연결할 수 없음 			
클라우드 및 원격 저장소	<ul style="list-style-type: none"> 데이터는 드론에 로컬로 저장되고 클라우드에 원격으로 저장되거나 데이터가 클라우드에 완전히 저장 또는 데이터가 저장되지 않을 수도 있음 역외 압수수색 이슈가 존재함 			

출처 : Interpol, 2020, FRAMEWORK FOR RESPONDING TO A DRONE INCIDENT, 65~67면, 70~71면 재구성

제출(Presentation) 단계에서는 이해당사자들이 제시할 수 있고 이해할 수 있는 방식으로 기술적인 내용을 해석하여 보고서에 기록하도록 하고 있다. 전자증거의 허용을 위한 일반기준으로 진정성, 완전성, 신뢰성, 설득력, 비례성을 준수할 것을 강조하고 있으며, 보고서 작성 시 입증할 수 있는 진술만 기재하고, 기술 세부사항은 “부록”에 첨부하며, 애니메이션, 그림과 같은 시각보조 도구 등을 사용하여 이해를 용이하게 하도록 하고 있다. 전문가 증인으로 참석 시 입법, 법원 절차, 역할 및 해당 역할의 권리와 의무를 숙지할 것을 제시하고 있다.

전반적으로 인터폴의 디지털 증거분석실 가이드라인⁹⁴¹⁾과 절차적인 부분은 거의 동일하나, 차이점이 있다면 드론 데이터와 어플리케이션 정보, 드론 포렌식에 사용되는 도구 및 기타 자원을 별도로 제시하고 있다는 점이다. 이는 드론이 전통적으로 수행되어 오던 컴퓨터 및 모바일의 특성과 일부 다른 점이 명확하게 존재하고, 다양한 종류와 부가장치 연결에 따라 고정된 형태의 데이터를 제공하지 않는 점을 해당 프레임워크에서 반영한 것으로 볼 수 있다.

나. 미국 디지털증거 과학실무그룹(SWGDE)의 드론포렌식 모범사례

미국 디지털증거 과학실무그룹(Scientific Working Group on Digital Evidence, SWGDE)은 디지털 및 멀티미디어 증거 분야에 적극적으로 참여하는 조직을 한데 모아 의사소통과 협력을 촉진하고 디지털포렌식 품질과 일관성을 보장하는 과학실무그룹을 말한다.⁹⁴²⁾ SWGDE는 2021년 1월에 드론포렌식을 위한 모범사례 초안을 공개하였다. 해당 문서에서는 드론을 FAA의 55파운드 미만의 무게의 소형 무인항공시스템(sUAS)과 상호 호환되는 개념으로 보고 있다. 디지털포렌식 절차는 장치 압수(Device Seizure), 수집(Collection), 데이터 획득(Data Acquisition), 데이터 분석(Data Analysis)으로 구성되어 있다. 추가적으로 데이터 획득 및 분석 시 주의사항으로 휘발성 데이터, 원격 장치 삭제, 암호화, 기록된 GPS 경유지의 정확도에 대해 언급하고 있다.

SWGDE 드론포렌식 절차에서 특이한 점은 일반적인 획득 단계를 압수, 수집, 데이터 획득 3단계로 구분한 점이다. 특히나 압수 단계에서는 회전익 드론의 특성을 고려하여 사고 예방을 위해 장치의 전원 차단이 힘든 경우에 담요나 그물망을 통해서 프로펠러 동작을 중지토록 하고 있다. 또한, 리튬폴리머(LiPo) 배터리의 경우, 손상 시 휘발성이 강하므로 승인된 운송 컨테이너 또는 건조 컨테이너에 별도 보관해야 하며, 배터리 취급 관련 위험을 최소화하기 위한 내화성 장갑 착용을 권장한다. 수집 단계는 압수한 드론의 외적인 상태 정보(드론 손상 여부, 전원 상태, 일련·모델번호, 적재물 또는 개조 여부, 근접한 전자장치, 수집된 위치의 GPS 좌표, 부착카메라 제조사 및 모델 등)를 문서화해야 함을 강조한다. 또한, 드론 기체를 온전한 상태로 운반하

941) Interpol, 2019. "Global Guidelines for Digital Forensics Laboratories"

942) SWGDE, <https://www.swgde.org/home>, 최종검색일 2021.11.15.

기 위한 포장, 네트워크 분리, DNA 및 지문 등과 같은 다른 물리적 증거 보존에 대한 사항도 언급하고 있다. 데이터 획득 단계는 인터폴 프레임워크와 유사하게 물리적·논리적 획득, 칩오프 기술을 제시하고 있다. 데이터 획득을 위한 증거 소스 유형으로 SD카드, PCB, 동기화, 클라우드 데이터가 있으며, 잠재적인 포렌식 아티팩트들로 디지털 이미지·영상, 비행 경유지와 같은 사용자 생성데이터, 비행기록, GPS 위치, 모터 속도, 방향 정보 등과 같은 사용자 활동 데이터, FAA 등록 번호, 드론 관련 장치(휴대전화, 온라인 계정, 연결된 컨트롤러, 이전 컴퓨터 연결, 배터리 일련번호), 소프트웨어 버전/펌웨어 정보와 같은 장치 작동 데이터를 언급하고 있다. 데이터 분석 단계에서는 먼저 관련 드론 모델을 지원하는 오픈소스 및 벤더 도구를 식별한 후 테스트 및 유효성 검사를 실시한다. 그런 다음 운영체제 및 파일시스템을 확인하여 분석을 진행하는 절차로 진행된다. 드론 데이터 분석은 일반 컴퓨터 또는 모바일 장치 분석과 유사하므로 세부적인 방법에 대해서는 구체적으로 기술하고 있지 않다.

제4절 | 드론사고 디지털포렌식 사례 및 쟁점

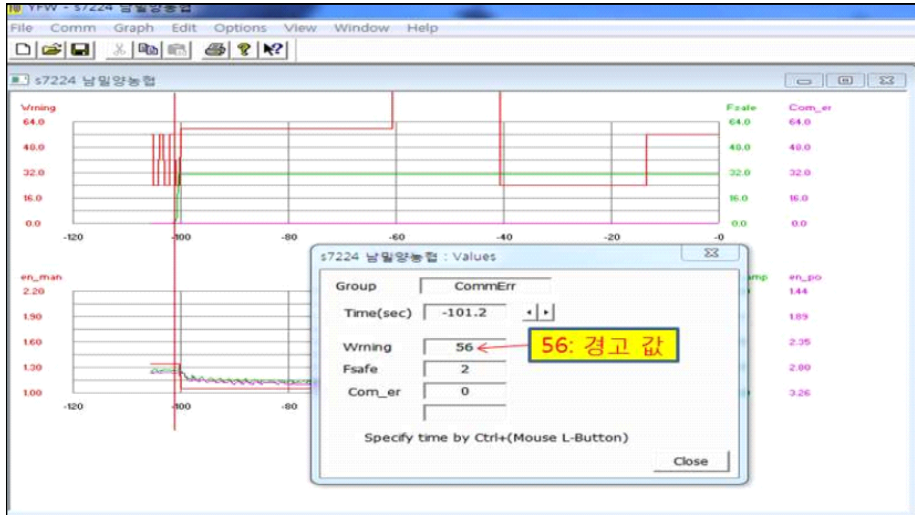
1. 드론사고 디지털포렌식 사례

가. 남밀양 무인헬리콥터 추락사건

남밀양농업협동조합 소속의 초경량비행장치인 무인헬리콥터(S7224)가 조종사의 조종 미숙으로 인해 추락한 사건이다. 해당 보고서에는 앞의 사건과 다르게 기체의 구성요소 상 비행자료 기록장치(RMAX L17)가 존재하여 이를 통해 추락 당시의 상황을 분석하였다. RMAX L17의 경우, 비행자료 기록을 마지막 비행 종료 시점부터 약 100초 동안 기록하고, 엔진회전수(rpm)가 3,000회 이상일 때 기록을 시작하고, 2,000회 미만 때 기록을 중지한다. 하지만 GPS 위치와 비행고도 등의 기록은 저장하지 않는다.⁹⁴³⁾

943) 국토교통부 항공철도사고조사위원회, 2017, 『항공사고조사보고서-초경량비행장치 사고조사 보고서』, ARAIB/UAR1703, 9면.

▶▶▶ [그림 3-42] 남밀양농협 초경량비행장치 기체(S7224) 경고에 대한 비행자료 기록



출처 : 국토교통부 항공철도사고조사위원회, 2017, 『항공사고조사보고서-초경량비행장치 사고조사보고서』, ARAIB/UAR1703⁹⁴⁴

해당 무인헬리콥터(S7224)는 무선 전파를 통해 원격으로 조종하는데, 전파 페일 세이프(fail safe) 기능으로 전파 방해 발생 시 기체가 자동정지 및 하강하며, 40초가 지나면 기체 급강하 및 강제 자동 착륙을 진행한다. 1분이 지날 경우 엔진은 자동 정지된다.⁹⁴⁵ 사고보고서에는 비행자료 분석을 통해 실제 비행자료 기록 시간, 전파 페일 세이프 기능 작동 직전·초기·후기, 비행경로 등을 파악하여 추락 상황을 판단 하였다.

나. 오수농협 무인헬리콥터 출동사건

2009년 오수농협 소속의 초경량비행장치인 무인헬리콥터(S7044)가 제자리비행 이륙 후 후진 간 조종자 및 지면과 충돌하여 조종자가 사망한 사례이다. 해당 사고는 기체 제조사인 야마하모터사 측과 한·일 합동으로 정밀분석을 진행하였다. 해당 보고서에서는 비행기록자료 그래프 분석을 통해 데이터 기록 시작시간, 엔진 RPM 수치

944) 국토교통부 항공철도사고조사위원회, 2017, 『항공사고조사보고서-초경량비행장치 사고조사 보고서』, ARAIB/UAR1703, 15면.

945) 국토교통부 항공철도사고조사위원회, 2017, 『항공사고조사보고서-초경량비행장치 사고조사 보고서』, ARAIB/UAR1703, 12면.

의 변화 추이, 이륙 및 조종자 충돌 시점, 회전의 파손 시점, 엔진 정지 스와시플레이트⁹⁴⁶⁾ 위치 등과 같은 주요 사건 시점 등을 식별하였다. 또한 스와시플레이트 위치에 따른 조종자의 조작 여부를 확인하기 위해 동일 기종의 장치를 이용, 비행시험을 실시하고 무선조종기 제작사 공장에서 정밀시험을 통해 조종자 과실은 없는 것으로 분석되었다.

▶▶ [그림 3-43] 오수농협 초경량비행장치(S7044) 비행기록자료 그래프



출처 : 국토교통부 항공철도사고조사위원회, 2009, 『항공사고조사보고서-초경량비행장치 사고조사보고서』, ARAIB/UAR0903⁹⁴⁷⁾

이처럼 드론사고 조사 시 비행자료를 기록하는 장치의 유·무는 디지털포렌식 관점에서 많은 정보를 수집하여 분석할 수 있기 때문에 매우 중요하다. 또한, 보고서에서도 확인할 수 있듯이 조종사의 경험·자격 및 운용능력, 물리적인 외적 환경(풍향, 온도, 일출·일몰시간 등), 파손 시 잔해정보 등등 종합적인 상황을 고려하여 원인을 파악하므로 드론사고에 대한 디지털포렌식을 진행할 경우 내·외적인 요인들을 연계하여 분석할 필요가 있다.

다. 대전 DJI 사의 Inspire 1 추락사건

항공·철도 사고조사위원회의 초경량비행장치 사고조사보고서⁹⁴⁸⁾ 분석을 통해 드

946) 국토교통부 항공철도사고조사위원회, 2009, 『항공사고조사보고서-초경량비행장치 사고조사보고서』, ARAIB/UAR0903, 12면: “주회전날개 회전축에 연결된 장치, 주회전날개의 피치와 경사방향을 조절하여 기체의 전후진을 가능하게 하는 기능을 수행함”

947) 국토교통부 항공철도사고조사위원회, 2009, 『항공사고조사보고서-초경량비행장치 사고조사보고서』, ARAIB/UAR0903, 14면

론사고에 대한 디지털포렌식 적용 현황을 살펴본다. 전체적으로 사고조사보고서는 항공철도사고조사법 제25조, 제26조에 따라 제목, 개요, 사실정보, 분석 및 결론, 안전 권고로 구성되어 있다. 사실정보에 해당하는 조종자 인적사항, 비행경위, 인명피해, 장치 및 기타 손상, 장치 정보, 신고 및 안전성 검사 현황, 기상·잔해·추가 정보 등과 이를 바탕으로 자료 및 데이터를 분석하고 사고 조사 결론을 맺는다. 추후 후속 조치 측면의 안전권고를 통해 재발방지 대책을 수립한다. 드론 관련 사고조사보고서로 2019년 4월 대전광역시 동구 대전우체국 인근 도로에서 발생한 DJI 사의 Inspire 1 드론의 추락된 사례이다. 해당 드론은 태극기가 부착된 상태로 이륙 시 바람에 의해 왼쪽으로 기울어지면서 기체 다리 부분의 태극기가 프로펠러에 접촉되면서 균형을 잃고 추락하였다. 이에 따라 3명의 인원이 얼굴과 머리 등에 경상을 입었고, 드론 프로펠러가 파손되었다.⁹⁴⁹⁾ 보고서에 따르면 조종사의 자격 및 조종 경험 검증, 사고 당시의 기상 상태 분석 등을 고려하여 외적인 파손 및 물리적 영향으로 인한 인과관계 분석이 진행되었다. 하지만 디지털포렌식 관점에서 드론 기체의 데이터 분석을 통한 당시 상황에 대한 분석은 보고서에 기술되어 있지 않다.

라. 사생활 침해 및 개인정보유출 사례

2017년 10월 모 연예인 결혼식 장면이 드론을 통해 인터넷으로 불법으로 생중계한 사례는 드론을 통한 도촬 행위의 일종으로 중국 매체를 통해 행해진 것으로 알려졌다.⁹⁵⁰⁾ 서울 시내의 K호텔 일대는 A급 비행 금지구역으로 드론을 띄울 수 없음에도 불구하고 불법을 자행하여 해당 중국 매체 관계자는 경찰서에 형사 입건된 것으로 확인되었다.⁹⁵¹⁾ 2020년 10월 부산에서 드론으로 성관계 중인 남녀를 몰래 촬영한 40대 회사원이 적발된 사건은 드론을 활용한 불법촬영의 심각성을 단적으로 보여주고

948) 항공철도사고조사위원회, “항공사고조사보고서”,

http://araib.molit.go.kr/USR/airboard0201/m_34497/lst.jsp, 최종검색일 2021.11.15.

949) 국토교통부 항공철도사고조사위원회, 2019, 『항공사고조사보고서-초경량비행장치 사고조사 보고서』, ARAIB/UAR1902.

950) 법률N미디어, “송·송 커플 결혼식 '드론 영상' 실제 보니...中매체 처벌 가능할까?”, 2017년 11월 2일자, <https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=naverlaw&logNo=221130996964>, 최종검색일 2021.11.15.

951) 이데일리, “송중기♥송혜교 결혼식 불법 드론 띄운 中 매체 '형사입건'”, 2017년 12월 2일자, <https://news.nate.com/view/20171102n17366>, 최종검색일 2021.11.15.

있는 사례이다.⁹⁵²⁾ 만약 촬영 중인 드론에 대한 신고가 이뤄지지 않았을 경우 1차적으로 정보 주체인 피해자의 인격과 명예 실추뿐만 아니라 후속적으로 2차 유출에 따른 위험도 간과할 수 없다. 드론과 연결된 핸드폰과 클라우드에 데이터가 실시간 전송되었을 경우 촬영되는 시점으로부터 업로드가 동시에 이뤄지기 때문에 촬영이 곧 유출로 이어지는 결과를 초래한다. 해당 사례에서는 경찰에 의해 수거된 드론 내 다수의 성관계 영상을 통해 범죄 혐의를 입증하고 현장 CCTV를 통해 혐의자를 검거하였으나 이는 드론이 추락하여 기체 회수를 할 수 있었던 상황적인 조건이 성립되었기 때문에 가능한 일이었다. 드론이 추락하지 않고 다른 곳으로 이동할 경우에도 대응할 수 있는 드론에 대한 라이브포렌식과 안티 드론에 대한 필요성이 요구되는 사례라고 볼 수 있다.

마. 주요시설 불법드론 비행 사례

2014년부터 2017년까지 5차례에 걸쳐 북한 드론이 식별된 사례는 드론을 통해 국가 안보에 위협을 가할 수 있는 군사 활동이 지속적으로 진행되고 있음을 보여주고 있다. 2014년 3월 24일 경기도 파주 봉일천 인근 야산에서 식별된 드론은 청와대 일대 및 파주 주요 시설을 촬영하였고⁹⁵³⁾, 2014년 3월 31일 백령도에서 발견된 드론은 백령도 및 서북도서 군사시설 등을 촬영하였다.⁹⁵⁴⁾ 2014년 4월 6일 강원도 삼척에서 발견된 드론⁹⁵⁵⁾과 2014년 9월 15일 백령도에서 발견된 드론은 파손 정도가 심해 사진은 식별되지 않았으나, 강원도 및 백령도 일대 군부대 정보수집 용도로 추정하고 있다. 2017년 5차로 식별된 드론은 북한 금강군 일대에서 이륙하여 군사분계선(MDL) 상공을 지나 사드 배치지역(경북 성주골프장 인근)에서 선회한 뒤 인제군 야산에서 추락하였으며 기체 조사 결과 카메라 메모리에 저장된 551장의 사진(사드기지 10장 포함)이 식별되었다.⁹⁵⁶⁾

952) 머니투데이, “남의집 성관계 찍은 드론…불법촬영 걸린 곳, 여기만이 아니다.”, 2020년 10월9일자, <https://m.mt.co.kr/renew/view.html?no=2020100816311151437&MBN>, 최종검색일 2021.11.15.

953) 연합뉴스, “北무인기 촬영사진, 청와대에선 고도낮춰 좀더 선명”, 2014년 4월 6일자, <https://news.naver.com/main/read.naver?mode=LPOD&mid=sec&oid=001&aid=0006844114&isYeonhapFlash=Y>, 최종검색일 2021.11.15

954) 연합뉴스, “백령도 추락 北무인기 소청도·대청도도 정찰비행”, 2014년 4월 3일자, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20140403170500043>, 최종검색일 2021.11.15.

955) 연합뉴스, ““파주추락 동일 무인기, 강원 삼척서도 추락된채 발견”(1보)”, 2014년 4월 6일자, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20140406035300043>, 최종검색일 2021.11.15.

956) 연합뉴스, “강원도 추락 무인기, 北 금강군서 이륙…軍 “명백한 군사도발”, 2017년 6월 21일자, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20170621064200014>, 최종검색일 2021.11.15.

» [표 3-22] 북한 드론 식별 현황

구분	일자	식별장소	추정 목적
1차	2014-03-24	경기도 파주	청와대 및 서울, 파주 주요 시설 촬영
2차	2014-03-31	백령도	백령도 등 서북도서 군사시설 촬영
3차	2014-04-06	강원도 삼척	강원도 동해안 및 주둔 군부대 정보수집
4차	2014-09-15	백령도	파손정도가 심해 확인 불가
5차	2017-06-09	강원도 인제	경북 성주 사드 기지 촬영

이처럼 우리나라와 같이 남·북이 분단되어 대치하고 있는 상황에서 드론을 통해 군사 정찰을 한 행위는 군사 도발 행위로 간주할 수 있으며 이는 국가안보와도 직결되는 사안으로 드론 대응체계에 대한 필요성을 보여주고 있는 사례이다. 해당 사례에서 알 수 있듯이 드론 기체 조사·분석 시 디지털포렌식의 필요성과 국가안보 차원에서 대응체계 수립은 필수 불가결한 요소로 자리 잡고 있다.

2019년 8월 12~13일 드론 추정 비행물체가 고리원자력발전소 상공에 출현하였다. 고리원전은 '1급 국가보안시설'로 휴대전화 사용제한, 일반인 출입 통제 등 보안이 철저하게 유지되어야 하며, 비행의 경우에도 사전 허가를 받은 경우에 한해 제한된 비행이 가능하다. 군·경은 '대공협약점 없음'으로 사건을 종결처리 하였으나, 불법 드론에 대한 식별 및 대응체계 미흡 등 문제점이 드러난 사례로 볼 수 있다.⁹⁵⁷⁾ 2020년 9월 28일 인천공항 관제권 근처에 드론 의심 물체의 비행으로 약 45분간 모든 항공기의 이·착륙이 중단되었으며, 26일에는 불법 드론 비행에 의해 항공기 5대가 김포공항으로 긴급 회항하는 사건이 발생하였다.⁹⁵⁸⁾ 국토교통부로부터 제출받은 국정감사 자료에 의하면 2016년부터 2020년 7월까지 드론 관련 법령 위반 수가 총 185건에 달하며 그 중 비행금지구역 및 관제권 관련 위반 건수는 135건으로 72%에 해당하는 것을 알 수 있다.

957) 조선일보, "고리원전 상공에 이틀 연속 드론 추정 비행체 출현...군·경, 실제 규명도 없이 사건 종결", 2019년 8월 16일자, https://www.chosun.com/site/data/html_dir/2019/08/16/2019081601638.html, 최종검색일 2021.11.15.

958) 신아일보 (2020. 10. 5), "[기자수첩] 불법 드론 사태로 들여다 본 미래 하늘", 2020년 10월 5일자, <https://www.shinailbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=1327715>, 최종검색일 2021.11.15.

» [표 3-23] 드론 항공법령 위반 현황

구분	16년	17년	18년	19년	20년 7월	합계
비행금지구역	3	12	8	41	11	75
관제권	13	13	16	10	8	60
야간비행	6	9	4	19	3	41
기타	2	3	0	4	0	9
합계	24	37	28	74	22	185

출처 : 연합뉴스, “미승인 비행 등 드론 불법운용 작년 74건 적발…164% 급증”⁹⁵⁹⁾

2021년 국정감사 이슈 분석에 의하면 2020년 기준 5년간 국내 원자력발전소 인근에서 적발된 불법 비행 드론 감지 사례는 총 26건으로, 그 중 드론 및 조종자가 미확인된 경우가 9건에 해당한다고 밝혔다.⁹⁶⁰⁾ 원자력발전소에서 불법 드론이 감시될 경우 유관기관 상황전파, 군·경 출동 요청에 의해 조사가 진행되는데, 드론 발견 시 조종자 수색 등의 초동조치, 이후 경찰청의 수사, 최종적으로 국토교통부에서 과태료를 부과하는 후속 조치가 진행된다. 본 문건에서는 불법 드론에 대한 규제 문제점으로 항공안전법상 과태료 처분과 기준이 낮아 경각심을 주기에 부족하다는 점, 레저용 등의 소형 드론 감지를 위한 재정적·구조적·기술적 지원 및 개선이 여의치 않은 점, 다양해지고 복잡해지는 드론 위·불법행위를 규제하기에 현행 항공안전법·항공보안법의 한계가 있는 점을 들고 있다. 이에 대한 개선책으로 과태료 금액의 위반차수별 증액, 세부 위반행위 구분 및 상습 반복 행위에 대한 형사처분 전환 또는 과태료 상향 등의 현행 규정 개선, 불법 드론 무력화를 위한 안티 드론 기술개발 지원, 위·불법행위에 대한 수색·수사 권한 강화가 제시되었다. 특히나 3번째 개선방안인 수색·수사 권한 강화는 영국 사례를 통해 드론 강제 착륙뿐만 아니라 드론 안에 든 데이터 조사가 가능하도록 하는 디지털포렌식에 관련된 내용도 반영되어 있어 참고할 필요가 있다.

959) 연합뉴스, “미승인 비행 등 드론 불법운용 작년 74건 적발…164% 급증”, 2020년 9월 28일자, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20200928121200530>, 최종검색일 2021.11.19.

960) 국회입법조사처, 2021, 『2021 국정감사 이슈 분석 Ⅷ-과학기술정보방송통신위원회. 환경노동위원회』, 104-106면.

2. 드론사고 디지털포렌식 주요쟁점

가. 드론사고 디지털포렌식의 주체와 방식

드론의 경우 그 종류와 형태가 다양하고 제조사에 따라 각기 다른 방식으로 데이터를 저장함에 따라 디지털포렌식 수행 시 많은 애로사항이 따른다. 앞서 기술한 NIST CFTT에 등록된 드론에 대한 디지털포렌식을 수행할 수 있는 상용도구는 CFID V3 with SkySafe, Magnet AXIOM, Oxygen Forensic Detective, UFED Ultimate 4종이며, 지원되는 제품군 또한 DJI, FreeFly Systems, Parrot, SenseFly, Yuneec 사의 일부만 가능한 실정이다. 이러한 상황에서 드론에 대한 다양한 오픈소스 분석 도구들이 공개되고 있으나, 일부 제품군에 한정되어 분석을 지원하기 때문에 범용적으로 활용하기에는 다소 어려움이 존재한다. 또한, 일부 드론의 경우 데이터를 암호화하여 저장하는데, 이를 해독할 경우 해시값이 달라지는 문제는 법정에서 증거능력을 의심받을 수 있는 소지가 있다. 결국, 국제적인 차원에서 드론에 대한 기록 데이터를 표준화하고, 필수 기록항목을 정의하여 이를 준수토록 하지 않는다면 드론산업 활성화에 따른 조직적 차원의 디지털포렌식 역량 확보가 어려울 수 있다.

더불어 드론에 디지털포렌식을 수행하는 주체와 전문성도 고려되어야 한다. 드론은 항공안전법상 사고 발생시 국토교통부 소속 공무원 및 자격을 갖춘 항공안전에 관한 전문가를 위촉하여 업무 자문을 응할 수 있도록 하고 있으므로 해당 조항에 디지털포렌식 전문가가 활용될 수 있는지 검토되어야 할 필요가 있다. 드론사고가 단순히 외부적인 영향에 의해 추락하였는지, 배터리 부족 또는 장치 결함 등의 사유로 문제가 발생했는지, 조종자와 통신 장애 또는 사이버 공격에 따라 의도된 바와 다르게 동작하였는지 등의 원인 규명을 위해서는 데이터를 수집·변환·분석하는 단계에서 나아가 당시 상황을 재현·해석할 수 있는 전문성이 필요하다. 따라서, 드론사고 조사를 수행하는 인력은 다양한 드론 기체를 접하고, 이에 대한 데이터 수집·분석·해석 경험을 확보할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 드론에 대한 다양한 이미지 셋(NIST의 CFReDS)을 구축하여 제공하거나 전문적인 드론 디지털포렌식에 대한 교육과정 신설, 드론사고 시 참여인 제도 등을 도입하여 드론사고 조사를 위한 전문가 양성이 필요할 것이다.

나. 전파차단장치 사용

전파법 제29조에 따라 불가피한 경우 드론 및 폭발물 등 공공안전 위협수단을 대상으로 전파차단장치를 사용할 수 있도록 구체적인 지침 마련이 필요하다. 공공의 안전에 불가피한 경우란 경호구역의 지정, 국가안전보장 목적의 군사 활동, 대테러 활동, 공항시설 이용·운영에 지장을 주는 행위에 따른 대응 활동, 핵물질과 원자력 시설에 대한 물리적 방호 조치, 사람의 생명 또는 신체에 대한 위해 방지 조치, 범죄예방 및 제지 활동을 의미한다. 개인 또는 민간기관은 제29조 3항의 1호에서 6호까지의 목적에 부합하지 않기 때문에 전파차단장치 설치를 할 수 없다. 개인 또는 민간기관을 대상으로 드론위협이 발생했을 때 이를 선제적으로 보호할 수 있는 자구책이 현실적으로 존재하지 않은 실정이다.

또한, 전파차단장치 사용과 관련하여 일정 규모 이하의 드론은 레이더에 잡히지 않는 문제가 발생하기 때문에 전파차단장치의 사용만으로는 안티드론을 통한 불법 드론 대응에 한계가 발생한다. 즉, 소프트킬 방식의 전파차단장치 사용 이외에 하드킬 방식의 물리적 대응에 대한 규제 개선이 필요하다.

다. 치안드론을 통한 능동적 하드킬 방식의 적용

전파법에 따른 전파차단장치의 사용은 범위와 적용 방식에 있어서 엄연한 한계가 존재한다. 불법 드론이 지상에서 전파를 수신하지 않고, 사전에 주입된 경로 데이터에 따라 비행을 진행한다면 전파차단장치는 무용지물이 될 수 있다. 따라서, 전파차단장치와 더불어 불법드론을 적극적으로 식별하고 조치하기 위한 방안으로 치안드론 활용이 고려될 수 있다. 치안드론은 범죄예방 및 실종자 수색 등의 목적으로 2015년 구리경찰서에서 시작하여 2018년에는 서울 한강경찰대와 경남경찰청, 2019년에는 전국 시·도 경찰청에 도입·운영되었으며, 현재까지 활용 영역을 확대해 나가고 있다.⁹⁶¹⁾⁹⁶²⁾ 치안 드론의 페이로드에 카메라, 레이더, 센서뿐만 아니라, 전파교란 장치, 총기 또는

961) 하지는 기자, “구리경찰서, 전국 최초 ‘드론’ 치안서비스 뒀다

(http://www.kyeonggi.com/news/article_View.html?idxno=937193, 2021-12-7, 최종방문)

962) 최상기·우대식.(2019). “실종자 신속구조를 위한 효율적인 드론수색방법에 관한 연구”, 경찰학 연구, 19(2), 200.

레이저빔과 같은 무기류, 포획을 위한 그물 등을 장착하여 불법 드론을 무력화할 수 있도록 구성한다면 보다 능동적인 대응이 가능할 것이다. 하지만, 이를 위해서는 불법 드론에 물리적인 강제력을 행사할 수 있는 치안 드론의 페이로드 유형, 사용범위, 절차 등이 사전에 고려되어야 할 필요가 있다.

라. 비행정보 보관

드론에 대한 디지털포렌식을 수행하기 위해서는 초경량 무인비행장치 외부에 추가 장착되는 부가장치의 유형 및 장착 가능 범위를 구체화할 필요가 있고, 사고 전·후 분석을 위해 비행 정보를 디지털 데이터형식으로 기록할 수 있는 메모리 또는 저장매체가 필요하다. 하지만 현행 법률 상 정의하고 있는 드론의 구성요소 또는 기술기준에는 기록유지에 관한 사항은 명시되어 있지 않다. 항공안전법 시행규칙 제109조⁹⁶³⁾에는 항공운송사업에 사용되는 터빈발전기를 장착한 비행기, 최대이륙중량이 3천 180킬로그램을 초과하는 헬리콥터 등 인원이 탑승하는 유인항공기에 대해서만 비행자료 및 조종실 내 음성을 디지털 방식으로 기록할 수 있는 비행기록장치 각 1기 이상 갖출 것을 명시하고 있다.

또한, 국토교통부의 초경량비행장치 기술기준⁹⁶⁴⁾에서는 비행 안전을 위한 기술상의 기준을 정하고 있는데, 드론에 해당하는 사항은 “새로운 형태의 비행 장치 시험비행 운용기준”에 명시되어 있다. 하지만, 세부내용을 살펴보면 안정성 평가를 위한 시험비행의 절차와 위험도 평가항목만 제시되어 있고, 문제 발생 시 또는 비행 간 기록을 유지하고 확인할 수 있는 항목이 반영되지 않아, 드론 제작 시 디지털 기록유지에 대한 의무사항은 존재하지 않는 실정이라 볼 수 있다. 기기 자체의 비행정보 또는 기기와 연결된 부가장치와의 통신 데이터 및 로그 기록을 유지하지 않는다면 드론에 대한 디지털포렌식을 진행하는데 있어 큰 제약사항이 될 것이다.

963) 항공안전법 시행규칙 제109조(사고예방장치 등).

964) 국토교통부 고시 제2020-625호 초경량비행장치 기술기준.

제5절 | 드론사고 디지털포렌식 개선방안

1. 드론 디지털포렌식 인프라 구축

드론 포렌식의 수요와 중요성에 비추어 조직인력, 법제, 기술개발, 분석기법 등에 대한 인프라가 확충되어야 한다. 드론 산업은 활발하게 발전하고 있으나 디지털포렌식 기반 조성은 미흡하다. 정부부처별로 드론보안 또는 드론포렌식에 대해서 탐지·식별, 연구개발, 드론 사이버보안 등에 대해서 개별적·부분적으로 대응하여 왔으나 이제는 이를 통합적으로 관리·지원할 수 있는 여건을 마련해야 한다. 이때 드론의 특수성을 고려하여 일반사건·사고뿐만 아니라 테러나 안보 관점에서도 인프라를 확충해야 나가야 할 것이다.

2. 드론위협에 대한 전파차단장치 개선과 하드킬 방식의 도입

전파법에서 적용되는 소프트킬 형태의 전파차단방식과 함께 물리적으로 드론 위협을 예방·차단할 수 있는 하드킬 형태의 대응방식 도입이 필요하다. 안티드론의 관점에서 드론 무력화를 수행하는 방법으로 소프트킬과 하드킬 방식이 존재한다. 전파법에서 정의하는 무선차단장치의 의미는 소프트킬 방식의 전파교란(재밍 등)에 해당하기 때문에 통제권 탈취나 레이저, EMP, 고에너지 마이크로웨이브, 화기, 그물포 등의 하드킬 방식은 적용할 수 없는 규제 사각지대가 발생한다. 즉 무력화의 적극성을 고려했을 때 전파차단장치는 해당 시설에 고정적으로 설치하여 접근 범위 내 해당하는 드론에 대응하기 위한 수동적인 방식에 국한되어 있는 것이다. 역으로 능동적인 방식을 반영할 경우, 이는 전파법에 목적에 부합하지 않는 문제가 발생한다. 따라서 전파법에서 확장된 하드킬을 포괄하는 안티드론 대응방식을 아우를 수 있는 법제 반영이 필요하다. 이와 관련하여 앞서 언급한 치안 드론은 능동적 하드킬 방식의 적용의 좋은 예가 될 수 있다. 치안 드론의 페이로드에 화기, 그물포와 같은 무기탑재를 허용하고 이를 불법 드론 대응에 활용한다면, 전파차단장치의 한계점을 보완할 수 있다. 단, 하드킬 방식의 치안드론을 적용하기 위해서는 사용 범위 및 대상, 운용환

경, 조건 및 절차, 허용 가능한 페이로드 유형, 오작동 및 사고에 대한 대응 및 조치방안 등을 선결적으로 해결해야 할 것이다.

3. 드론 포렌식 플랫폼 구축

드론 구성요소 각각에 대한 디지털포렌식 가능성을 검토하여 관련 기술과 절차를 수립하여 공유할 수 있는 플랫폼이 필요하다. 하드웨어 관점에서 살펴보면, 드론의 구성요소 부품을 공급하는 제조사별 품질기준 수립과 제조 작업 처리 프로세스의 표준화를 통해 포렌식 영역을 제조사까지 확대하고, 미래 드론까지 지원할 수 있는 플랫폼이 필요하다. 소프트웨어적인 측면에서는 장기적으로 공통된 비행로그 및 기타 장치 데이터 포맷 유형을 마련하고, 각종 드론데이터를 디지털포렌식 분석가들이 해석할 수 있도록 변환하는 프로그램이 개발되어야 한다.

이를 통해 드론을 조종하는 원격조종기의 경우 디지털포렌식을 통해 사용자가 의도한 동작 행위와 드론의 움직임이 일치하는지를 판별할 수 있다. 드론의 정보가 클라우드로 전송되었을 가능성도 고려해야 한다. 드론 기체에 대한 디지털포렌식은 기체 획득 시점의 상태를 확인할 수 있고, 드론 내 저장장치에 기록된 데이터 추출 및 분석을 통해 드론의 비행 전·중·후의 상태를 직·간접적으로 확인·유추할 수 있다. 또한, 드론의 구동부인 모터와 프로펠러 등의 상태를 확인하고 이에 대한 데이터를 비교·분석함으로써 물리적인 이상여부를 판단할 수 있다. 드론과 연결된 페이로드는 그 형태와 사용 용도에 따라 중요한 증거요소가 될 수 있다. 일반적으로 드론에 부착되는 페이로드인 카메라는 드론을 통해 촬영한 이미지 또는 영상에 대한 증거를 식별할 수 있다. 만약, 페이로드가 카메라가 아닌 농약살포기, 가스분석기, 군용 목적으로 사용하는 레이더 또는 무기와 같은 유형일 경우에는 그 활용 목적에 맞는 추가 데이터를 식별함으로써 원인과 의도를 파악할 수 있다. 드론의 상황을 모니터링하고 지원하는 지상관제 시스템에 대한 디지털포렌식도 필요할 수 있다. 제3자의 입장에서 확인된 드론의 외적인 상태, 사전 협의되었을 경우 데이터 공유 및 전송에 따른 증거확보 등을 예상할 수 있다.

4. 드론 비행정보 기록 의무화

일정 규모 이상의 드론에 대해서는 범죄 및 사고원인 규명을 위해 비행정보 등에 대한 기록을 의무화할 필요가 있다. 따라서 현행법상 드론사고에 대한 디지털포렌식을 위해서는 무인 초경량 비행장치 중에서도 부가장치의 유형 및 장착 가능 범위 및 위험 기준 등을 정의하여 이를 디지털 기록으로 유지할 수 있는 방안을 강구해야 한다. 앞서 기술한 사고사례 중 드론 테러와 관련하여 1kg 미만의 드론은 일반 레이더에 포착되지 않으며 현행법상 2kg 미만의 비사업용 드론은 초경량비행장치 신고대상에서 제외되므로 테러용 드론으로 제작 시 이에 대한 대응이 힘든 상황이다. 즉 신고의 무가 부과되지 않는 드론에 대해서는 슬로터 붓과 같은 위험 발생 시 추적 및 원인 분석 등 대응할 수 있는 제도적 장치가 부재한 것이다. 따라서 드론 등급별(1~4종)⁹⁶⁵⁾ 비행기록에 대한 유지의무와 그 내용을 구체화함으로써 드론사고 발생 시 디지털포렌식을 통한 사고원인 조사 및 향후 대응체계 수립을 위한 기초자료로서 활용하는 방안이 강구되어야 할 것이다.

▶▶ [표 3-24] 무인동력비행장치별 자격기준 및 기록유지 의무 부과(안)

구분	최대이륙중량	자체중량	기록유지
1종 무인동력비행장치	25kg 초과	150kg 이하	250g 초과 무인동력비행장치
2종 무인동력비행장치	7kg 초과	25kg 이하	
3종 무인동력비행장치	2kg 초과	7kg 이하	
4종 무인동력비행장치	250g 초과	2kg 이하	

5. 드론포렌식 상시준비(Readiness) 제도 도입

드론에 대한 사고가 발생하였을 경우 신속하고 효과적으로 증거를 수집할 수 있도록 드론 기체정보, 비행정보, 영상정보 등 보관해야할 정보와 저장방식 등을 표준화·제도화할 수 있도록 드론포렌식 상시준비(Drone Forensic Readiness) 제도를 도입할

965) 2020년 개정된 항공안전법 시행규칙 제306조에서는 초경량비행장치의 조종자 증명에 대해 무인동력비행장치를 최대이륙중량을 기준으로 1~4종으로 구분하여 세분화하였다(참고로 250g 미만의 무인동력비행장치는 조종자 증명을 요구하지 않는다).

필요가 있다. 드론의 경우 종류 및 형태가 다양하고 제조사에 따라 자체적인 방식으로 드론에 대한 기록을 유지·관리함으로써 인하여 별도 전용 소프트웨어를 사용하거나 개별적으로 드론 분석을 통한 포렌식을 진행하는 문제점이 발생한다. 이는 사고 발생 시 초기 대응에서부터 원인 규명에 이르기까지 소요되는 시간을 지연시키는 요소일 뿐만 아니라 표준화 되어있지 않은 드론포렌식을 수행하는 분석관들에게도 난제로 남아 있는 실정이다.

드론포렌식 상시준비 제도를 도입할 경우 관련 증거를 빠르게 채증·분석할 수 있으며, 이로 인해 드론 사고 예방 및 피해를 최소화할 수 있다. 더불어 개별적인 드론사고 분석에 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있으며, 관련 법적 분쟁에 대비 또한 가능할 것이다. 드론포렌식 상시준비 제도 도입을 위해서 어떠한 사항들이 고려되어야 하는지도 검토해야 한다. 먼저, 드론을 식별하고 유형에 따라 정리할 필요가 있다. 제조사, 구성요소, 최대 이륙중량, 운용고도, 조종방식, 이·착륙 방식 등에 따른 유형을 파악하여 드론사고가 발생했을 시 이를 특정할 수 있는 데이터를 사전 구축해 놓는 것이다. 드론 식별과 관련한 연구로 ETRI에서는 DIM(Drone Identity Module)을 이용한 불법드론 식별과 드론 인증 및 암호화 기술개발도 활발히 진행중에 있으며, 전에 언급한 드론 윈스톱 서비스와 같은 제도 또한 드론이 누구의 소유이며 허가를 득한 비행인지 불법 비행인지 여부를 사전에 관리할 수 있도록 지원하는 제도 중 하나이다. 이처럼 드론이 식별되고 유형이 정의가 될 경우 이와 관련한 추가적인 항목들을 파악할 수 있다. 예를 들어 개인용 드론의 경우 핸드폰, 원격조종기, 드론 연결 장치(카메라 등)로 추가 항목들이 존재할 것이며, 상업용의 경우 드론 원격관제시스템과 같은 인프라 자산까지 고려할 수 있을 것이다. 드론의 유형과 구성요소 등에 대한 식별은 이를 통한 위협 시나리오 산정으로 이어진다. 앞서 언급한 한국인터넷진흥원의 드론 사이버보안 가이드가 좋은 예시가 될 수 있다. 사이버보안 측면에서 드론에 대한 위협 시나리오를 산정하고 이에 대응하기 위한 조치방안을 가이드로 제시하는 것과 같이 드론포렌식 상시준비 제도 또한 포렌식을 진행하기 위한 시나리오를 가정할 필요가 있다. 드론사고 유형 별 디지털증거 수집을 위한 절차와 방식을 구체화해야 하며, 드론에서 획득할 수 있는 디지털증거 유형을 분류·정리함으로써 즉각적이고 체계화된 드론포렌식을 위한 여건을 조성할 수 있다.

다음으로 법적·기술적·인적 요구사항을 식별해야 한다. 법적 요구사항으로는 현행법상에 존재하는 항공안전법, 항공·철도 사고조사에 관한 법, 전파법 등에서 규정하고 있는 드론포렌식 관련 요구·제한사항을 식별하는 것이 필요하다. 아직까지는 드론포렌식과 상시준비 제도에 관한 명확한 규정·지침이 존재하지 않을뿐더러 이에 대한 논의 또한 미비한 실정으로 추가적인 검토가 필요할 것으로 보인다. 기술적인 요구사항으로는 드론 비행 사고의 고의성과 전·후 관계를 파악하기 위한 비행기록 기준이 제시되어야 할 것이다. 예를 들어, 드론이 이동한 경로에 대한 기록, 원격 조종사와 드론이 주고받은 비행 통제 신호기록, 드론 기체에 대한 상태정보 기록(롤링, 피치, 요 회전, 배터리, GPS수신 위성수 등), 드론의 고도와 속도 기록, 기타 센서값 등이 대표적이다. 다음으로 해당 기록 기준에 대한 표준화된 데이터 형태가 정의되어야 한다. 드론과 관련한 각종 표준화 연구와도 연계가 필요할 것이며, 기존 항공기에 적용되었던 사항과 비교·분석하여 드론에 적합한 데이터 유형을 추출하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다. 이렇게 정의된 드론 기록 형식은 표준화 절차를 통해 드론 제작 시 안정성 인증에 반영하여 검증받도록 하여 기체의 유형에 관계없이 초경량 무인 비행 장치에 대해서 적용할 수 있도록 해야 한다.

인적 요구사항으로는 드론포렌식 전문 인력에 대한 확보가 필요할 것이다. 이를 위해 드론포렌식 교육, 자격 검증제도 등이 검토되어야 한다. 드론포렌식 교육의 경우 실제 드론 데이터를 분석할 수 있는 환경을 제공하는 것도 좋은 방안이 될 수 있다. 예를 들면 앞서 기술한 NIST의 CFReDS가 좋은 예이다. 82종에 대한 드론 이미지 데이터를 공개함으로써 누구든지 사이트에 접속해서 이를 다운로드하여 분석할 수 있다. 자격 검증제도는 국내 디지털포렌식 전문가 1·2급과 연계하여 시행하는 방안을 강구해볼만 하다. 급변하는 환경을 고려 드론뿐만 아니라 IoT 나 다른 매체에 대한 포렌식 이론 및 실습 문항을 확대함으로써 교육과 연계한 자격 검증까지 고려할 수 있을 것이다.