

도시형 드론택배 상용화 방안 연구

A Study on the Commercialization Plan of Urban Drone Delivery Service

공군사관학교 박선욱, 길만재, 이주영

초 록

최근 코로나19로 인한 비대면 상거래 활발해지는 등 유통채널의 다양화로 인해 물동량이 급증하면서 배송경쟁이 치열해 지고 있다. 아마존, UPS, DHL, 알리바바 등 세계 일류기업들은 이전부터 더 신속한 배송과 인력중심의 배송에서 탈피하고자 드론(무인항공기)과 같은 무인이동체를 상용화하려는 시도를 하고 있다. 그러나 드론 상용화를 위해서는 드론 안전을 담보할 수 있는 설계에서부터 감항인증 등의 기준 마련 및 표준 규격 설정 등과 같은 기술 발전 뿐만 아니라 운영시 발생할 수 있는 사생활 침해, 공역에 대한 관리체계 구축, 운영기준 및 절차 마련 등이 선결되어야 한다. 하지만 현재 진행되었거나 진행중인 많은 연구들은 드론을 배송서비스의 단순한 운송수단이나 화물차량을 대체하여 운용하는 택배산업의 측면에서 연구되고 있다. 그러나 드론택배의 좀 더 구체적인 상용화 방안을 강구하기 위해서는 항공운송산업의 관점에서 연구를 접근해야 한다고 생각한다.

드론택배는 항공화물운송으로 항공기인 드론뿐만 아니라 화물을 적하역하고 이착륙할 수 있는 비행장과 안전을 위해 정해진 경로와 구역을 운항해야 하므로 공역과 항공로 설정과 관리가 필요하다. 그래서 이번 연구는 드론택배를 위한 구성요소로 드론의 표준규격 설정과 이착륙장 규격 및 운용방법, 공역 및 항공로를 관리, 항공종사자들에 대해 자세히 알아보고, 서비스모델 및 운영절차에 대해 살펴보도록 하겠다.

Key Words : 드론, 도시 드론택배, 이착륙장, 공역 및 항공로, 법규

1. 서 론

코로나 19로 인해 비대면, 언택트 시대라는 새로운 국면에 접어든 오늘날, 이전과 가장 큰 변화는 아마 폭발적으로 증가한 전 세계적인 택배물동량일 것이다. 우리나라 역시 2016년에 20억 개의 택배물동량에서 매년 10% 정도 꾸준히 증가하다 2020년 지난해 2배 정도 높은 증가율을 보여 30억 개를 돌파하였다. 이렇게 증가하는 택배 추세에 힘입어 주목받는 분야가 바로 드론을 이용한 택배서비스이다. 아마존, UPS, DHL, 알리바바 등 세계 일류기업들은 이전부터 더 신속한 배송과 인력 중심의 배송에서 탈피하고자 드론(무인항공기)과 같은 무인이동체를 상용화하려고 시도하고 있다.

Drone Market Report 2019¹⁾에 따르면 세계 드론시장은 연평균 20.5%의 증가율로 성장하고 있으며 2024년에는 430억 달러 이상의 시장가치

를 지닐 것으로 전망하고 있다. 급증하는 택배 물량의 수용에 대응하고, 공로수송으로 인한 여러 문제가 증가하는 상황 속에서 드론택배서비스는 새로운 물류 4.0(Logistics 4.0) 시대에 최적의 서비스를 제공하는 산업이 될 것이다.

드론택배를 향한 전 세계적인 굴지의 기업들의 투자와 개발로 세계 각국이 드론택배의 상용화를 눈앞에 두고 있는 상황 속에 있으나 드론 상용화를 위해서는 드론 안전을 담보할 수 있는 설계에서부터 감항인증 등의 기준 마련 및 표준 규격 설정 등과 같은 기술 발전뿐만 아니라 운영 시 발생할 수 있는 사생활 침해 방지, 항공로와 공역에 대한 관리체계 구축, 운영기준 및 절차 마련 등이 선결되어야 한다.

본 연구에서는 전국 택배물동량의 대부분을 차지하는 국내 주요 8개 도시의 규모에 집중하여 도시형 드론택배 상용화 방안에 관해 연구하였다. 특히 택배의 관점에서 더 나아가 항공운송 관점에서 도시형 드론택배서비스를 위한 항공기인 드론의 성능 등 항공운송 구성요소와 운영절차 및

1) Drone Industry Insights <www.droneii.com/project/drone-market-report>(2020.4.1)

법제도 개선 방향 까지 연구해 봄으로써 조기 상용화를 위한 구체적 방안을 제시하고자 한다.

2. 문헌연구

2.1. 드론의 정의 및 유형

드론은 항공사업법에 따르면 초경량비행장치 중 무인비행장치로 사람이 탑승하지 아니한 비행장치이며, 무인동력비행장치(연료의 중량을 제외한 자체 중량이 150킬로그램 이하인 무인비행기, 무인헬리콥터 또는 무인멀티콥터)와 무인비행선(연료의 중량을 제외한 자체중량이 180킬로그램 이하이고 길이가 20미터 이하인 무인비행선)으로 구분된다. 크기나 무게로 구분할 때는 대형(600kg 이상), 중형(600kg~150kg), 소형(중소형 [150kg~25kg], 소형 [25kg~12kg], 초소형 [12kg 이하])으로 나누고 있다. 기타 고도 및 운용방향을 복합적으로 적용하여 구분하기도 하며, 기타 자율·원격, 가시권·비가시권, 위험기반 등 다양하게 구분되기도 한다. 택배에 활용할 수 있는 드론은 비가시권의 자율형이어야 하며, 25kg 이내의 화물은 중소형급에 운용하고, 5kg 이하의 화물은 초소형급에 운송하기에 적합하다고 판단된다.

2.2. 드론택배를 위한 기술요소 및 현 드론 성능

드론시스템은 목적에 따라 조금씩 다르지만, 일반적으로 필수구성 장비, 선택 장비, 지상지원장비로 이뤄진다. 필수구성 장비에는 드론, 지상통제시스템, 임무탑재 장비, 통신링크 등이 있다. 선택 장비에는 지상 중계기, 공중중계기, 원격 영상 수신 및 감지기, 조정기 등이 있다. 지상지원장비에는 훈련체계, 정비, 시험장비 등이 있다. 그러나 이는 드론시스템을 위한 기본적인 기술요소일 뿐이며, 드론물류서비스를 위한 드론체계가 별도로 존재해야 한다

김용정, 송영욱(2019)에 따르면 물류서비스에 드론을 사용하기 위해서는 기존보다 더 정교한 추가 장비와 데이터 분석이 필요하며, 도시에서는 고층빌딩처럼 비행에 장애가 될 수 있는 시설들과 충돌하지 않도록 해줄 이미지 인식기술 및 센서기술, 그리고 복잡한 도시에서 원하는 지역에 도착하기 위한 위성 GPS 정보, 도시의 정확한 지형을 파악해서 도착지점과의 정밀 비교를 통해 제대로 도착했는지 확인하기 위한 3D 렌더링 및

인식기술이 필요하다. 또한, 드론이 택배 수령자가 실제 수화인인지 파악하기 위해 인식 코드 및 장비에 관한 기술도 필요할 것이다. 이를 위해서는 기존보다 더욱 고도의 성능을 요구하는데, 아직 현 기술로는 이를 충족시키기에 미흡하며, 현재 우리나라의 드론기술 수준과 성능은 다음의 표와 같다.

<표 1> 국내 드론기술 수준 현황

분류	내 용
군수용 드론	미국 대비 85% 수준의 기술력 보유, 기술격차 5년 내외 추정 (국방과학기술수준조사, 15년)
민수용 드론	소형드론 분야 세계 최고 수준 대비 65% 기술력 보유, 기술력과 가격 경쟁력 모두 열위로 평가(항공우주연구소)
부품 기술력	고부가가치 부품(항법·제어 S/W)은 선진국 대비 열세, 일반 부품(소형모터, 프로펠러)은 중국 대비 열세
잠재력	8대 부품의 격차는 크나 스마트폰과 드론에 공통으로 들어가는 부품 분야에서는 잠재력이 있는 것으로 평가

<표 2> MTOW 25kg 미만 드론 종류

구 분	XD-14T	V-100	ND-810	MH SD
장축/전고 (m)	1.21/0.74	1.482	1.60	1.4/0.83
최대이륙중량(kg)	25	23.7	25	15
탑재중량(kg)	10	10	10	5
순항속도(km/h)	60	60	50	-
최대속도(km/h)	107	90	-	80
운용반경(km)	15	2	10	10
운용시간(min)	35	40	40	25
운용풍속(m/s)	12	13	-	-
제조사	엑스 드론	숨비	네온테크	켄코아 에어로스 페이스

〈표 3〉 MTOW 25kg 이상 드론 종류

구 분	C-200	ED-815A	XD-X8U	S-200
장축/전고 (m)	2.1	2.771	1.29/0.8	2.273
최대이륙 중량(kg)	60	40	40	41
탑재중량 (kg)	10	15	20	22
순항속도 (km/h)	-	-	60	-
최대속도 (km/h)	60	70	107	90
운용반경 (km)	-	20이상	15	2
운용시간 (min)	25	60	45	25
제조사	숨비	이랩 코리아	-	숨비

2.3. 드론 관련 법규 및 정책 방향

2.3.1 드론 관련 법규

우리나라의 드론 관련 법규는 「항공사업법」, 「항공안전법」과 「드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률(약칭: 드론법)」로 「드론법」에서 “드론사용사업자”란 타인의 수요에 맞추어 드론을 사용하여 유상으로 운송, 농약살포, 사진촬영 등의 업무를 수행할 목적으로 「항공사업법」 제2조 제23호에 따른 초경량비행장치사용사업(타인의 수요에 맞추어 국토교통부령으로 정하는 초경량비행장치를 사용하여 유상으로 농약살포, 사진촬영 등의 사업) 등 국토교통부령으로 정하는 사업을 영위하는 자를 말한다. 항공사업법 시행규칙 제6조에서 초경량비행장치사용사업의 사업범위는 비료 또는 농약 살포, 씨앗 뿌리기 등 농업 지원, 사진촬영, 육상·해상 측량 또는 탐사, 산림 또는 공원 등의 관측 또는 탐사, 조종교육 등이다.

「항공사업법」 제48조 ②항에 따르면 초경량비행장치사업을 하기 위한 등록 요건은 자본금 또는 자산평가액이 3천만원 이상으로서 대통령령(제23조 초경량비행장치사업의 등록 요건)으로 정하는 금액 이상일 것. 다만, 최대이륙중량이 25킬로그램 이하인 무인비행장치만을 사용하여 초경량비행장치사용사업을 하려는 경우는 제외하고 있다.

2.3.2. 드론 관련 정책

현재, 전 세계 드론산업의 활성화를 위한 미국을 비롯한 각국의 관련 규정 및 기술 기준은 나라별

로 모두 상이하다. 프랑스는 드론의 상업적 이용에 있어 EU 국가 중 가장 완화된 규제 정책을 시행하고 있으며, 실제 25kg 미만 상업용 드론에 대한 규제를 대폭 완화하여 드론산업의 활성화를 도모하고 있다. 독일과 오스트리아는 25kg 미만의 경우 사진 촬영의 제한 외에는 어떠한 규제도 없다. 반면, 미국은 드론택배 상용화 기술이 가장 앞서 있는 나라이지만 2015년 연방항공청(FAA)의 드론에 대한 높은 수준의 규제방안으로 인해 많은 어려움이 있었다. 실제로, 아마존의 첫 드론 배송은 FAA의 보안 문제와 안전상에 대한 규제로 본사가 위치한 미국이 아닌 영국에서 이루어졌다. 하지만, 최근 FAA가 드론 규제 완화를 위한 새로운 규정을 발표하는 등 2020년 적극적인 드론산업 활성화를 위한 규제 완화에 나선 이후로 아마존, 월마트, UPS 등의 상업용 드론 배송 산업의 성장이 가속화되는 중이다. 원격 ID(Remote ID)를 활용해 비행 중인 드론을 지상에서 확인할 수 있는 체계를 마련하고 야간 드론 운영을 금지했던 이전 정책을 최신 훈련과 테스트를 통해 야간 비행을 가능케 하였다. 전 세계적으로 드론 물류 관련 규제의 혁신과 차별화된 규제 완화 정책을 향해 달려가고 있는 것만큼은 분명하며, 각국의 정책은 〈그림 1〉과 같이 정리하였다.

구 분	한국	미국	중국	일본
기체 신고·등록	사업용 또는 자중 12kg 초과	사업용 또는 250g 초과	7kg 초과	200g 초과
조종자격	12kg 초과 사업용 기체 · 만 14세 이상	사업용 기체 · 만 16세 이상	자중 7kg 초과	200g 초과
비행고도 제한	150m 이하 · 지면, 수면 또는 구조물 기준	120m 이하 · 지면, 수면 또는 구조물 기준	120m 이하 · 조종사 관측할 기준	150m 이하 · 지면 또는 수면기준
비행구역 제한	서울 일부(0.3km), 공항(반경 9.3km), 원전(반경 19km), 유전선 일대	위험한 주변(25km), 공 항(반경 9.3km), 위험한 공 항(25km), 원전(반경 5.6km), 경기관(반경 5.6km)	배이징 일대, 공 항주변, 원전주변 등	도로 전역, (인구 4천명/km ² 이상 거주 지역), 공 항(반경 3km), 원전주변 등
비행속도 제한	제한 없음	161km/h 이하	100km/h 이하	제한 없음
가시권 밖, 야간 비행	원칙 불허 예외 허용 · 시범비행, 시범사업 · 공역 내 비행 허용	원칙 불허 예외 허용 · Waiver 규정을 통해 간헐적 허가	원칙 불허 예외 허용 · 클라우드서비스에 접속 또는 별도 보고 필요	원칙 불허 예외 허용
군중위 비행	원칙 불허 예외 허용 · 위험한 방식의 비행금지	원칙 불허 예외 허용	원칙 불허 예외 허용 · 클라우드서비스에 접속 및 실시간 보고 필요	원칙 불허 예외 허용
드론 활용 사업범위	제한 없음 · 국민적 안전·안보에 위해를 주는 사업 제외	제한 없음	제한 없음	제한 없음

〈그림 1〉 각국의 드론 정책

자료: 국토부 보도자료(2019.10.17) 드론 규제, 미리 내다보고 선제적으로 개선합니다, p. 14, 인용.

한국 역시 드론 활성화를 위한 네거티브 규제로의 전환 등 혁신의 노력을 지속하고 있지만, 아직 드론산업 발전의 장애로 작용하고 있는 부분이 존재한다. 「항공안전법 시행규칙」 제 206조에서는 〈표 4〉와 같이 인명이나 재산에 위험을 가할 우려가 있는 비행, 인구 밀집 지역과 그 밖의 사람이 많이 모인 장소의 상공 비행 등을 금지하고 있다.

〈표 4〉 항공안전법 시행규칙 제206조

항공안전법 시행규칙	내 용
제206조 (무인항공기의 비행허가 신청 등)	<p>③ 무인항공기를 비행시키려는 자는 다음 각 호의 사항을 따라야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 인명이나 재산에 위험을 초래할 우려가 있는 비행을 시키지 말 것 2. 인구가 밀집된 지역과 그 밖에 사람이 많이 모인 장소의 상공을 비행시키지 말 것 3. 관제구역·통제구역·주의구역에서 항공교통 관제기관의 승인을 받지 아니하고 비행시키지 말 것 4. 안개 등으로 인하여 지상목표물을 육안으로 식별할 수 없는 상태에서 비행시키지 말 것 5. 비행 시정 및 구름으로부터의 거리 기준을 위반하여 비행시키지 말 것 6. 야간에 비행시키지 말 것 7. 그 밖에 국토교통부장관이 정하여 고시하는 사항을 지킬 것

그래도 정부는 드론 활성화를 위한 규제 완화로 드론업체 설립조건을 완화하고, 드론을 띄울 수 있는 시험비행 장소를 7곳에서 전국 22곳으로 늘리며, 비행승인 절차 또한 온라인을 통해 간소화하고, 매년 정기적으로 받아야 하는 드론 안전성 검사를 소형드론(25kg 이하)만 면제하는 방향으로 드론 규제 완화를 추구하고 있다. 또한, 2021년에 많은 제약을 가하던 종전 항공안전법 시행령과 시행규칙을 새롭게 개정하여 시행하여 조종자격을 체계화하고, 항공안전법 시행규칙에 따라 예외적으로 허용하던 야간비행과 육안거리 밖 조종에 대해 과거 최장 90일간의 심사 후에 허용을 결정하던 것이 2019년 기준 30일로 심사 기간이 단축되는 등, 드론 무게에 대한 제한, 비행제한구역에 대한 규정, 야간비행과 비행 범위에 대한 제한을 완화하는 규제 개선과 정책들이 이루어지고 있다.

2.4. 선행연구 검토 결과

드론을 이용한 물류서비스에 관한 선행연구 내용을 살펴보면 크게 3가지로 구분하여 연구가 진행되고 있다는 것을 알 수 있다. 하나는 드론 비행을 효율적으로 하기 위해 수리적 모델을 활용하여 이동계획수립 및 최적화 등 항공교통관리 및 운영에 초점을 맞춘 것이며, 두 번째로는 드론 택배를 위한 드론과 관련된 기술적 발전 방향을 제시하기 위해 기술적 요소와 수준을 각국의 기술동향과 함께 검토하여 필요로 하는 기술 수준

을 제시하고 있다. 마지막으로 제도적인 측면에서의 접근으로 드론 물류서비스의 도입 필요성을 제사하고 드론 상용화를 위한 법제도 등 정책 방향을 제안하고 있다. 첫 번째 연구로 김영화, 정연서, 박문성 외 1명(2018)은 드론 택배 서비스를 현실화하기 위해 현재 가장 큰 한계점인 드론 택배 핵심 기술들의 해결을 위해 지속적인 실증 사이트 운영 및 R&D 투자 등을 강조하였고 운용 제어시스템, 운영관리시스템 등으로 구성되는 택배 시스템을 적용한 실증 사업의 기획을 통한 드론 택배 서비스 실현 방안에 대해 분석하였다. 배성용, 김승훈, 김지환 외 2명(2018)은 드론의 비행에 많은 영향을 주는 바람 등 외부환경의 극복을 통한 임무 수행이 가능한 수직 벽 이/착륙 및 주행을 통한 드론 택배의 활성화 방법을 제시하였다. 두 번째로 유준호, 박희민, 이정숙 외 1명(2019)은 드론을 활용한 현 택배 물류 시스템의 기술적, 법적 한계들을 알아보고 드론 택배 시스템의 활성화를 위한 드론 통합관제 기준 및 통신 기준들을 제시하였으며, 세 번째로 김순자, 배기형, 최창열(2016)은 드론과 무인항공기를 이용한 택배 배송이 국내에서 보편화하기까지 쉽지 않지만, 드론 사용 면허, 활용 목적, 사용 규칙 등을 모두 포괄하는 총체적 규제안의 마련 등의 정책적 방안을 통해 해결해나갈 것을 강조하였다.

이에 본 연구는 기존의 선행연구들을 바탕으로, 국내 택배 대다수가 이루어지는 도심 지역에 초점을 맞춰 도심 지역 드론 택배 상용화 방안을 항공운송의 관점에서 제안함으로써 물류산업의 획기적인 발전을 도모할 수 있다는 점에 집중하여 보다 구체적이고 세부적인 기술적, 정책적 방안들에 대해 제시해 보고자 한다.

3. 드론의 물류 분야 적용 사례

3.1. 해외사례

3.1.1. 미국

구체적인 사례를 보자면, 아마존은 2014년에 자체 개발한 ‘옥토크터(Octo-copter)’를 통해 물류 센터를 중심으로 반경 16km 지역 내에 약 2.3kg 물품을 30분 안에 배송하는 테스트와 2015년 12월 7일 ‘프라임 에어’를 통해 영국 케임브리지 근교에 있는 배송센터 인근 수 마일 거주 고객을 대상으로 배송에 성공하였다. 또한, 2017년 3월 미국 캘리포니아에서의 배송 시연 성공을 통해

미국 내 50여 개의 물류창고를 기준으로 반경 25 km 이내에 있는 장소에 2.5kg 미만의 물품을 30 분 안에 배송할 수 있게 되었다.²⁾

3.1.2 독일

독일의 DHL은 2013년 ‘패킷콥터(Paket-kopter)’라는 드론을 이용해 50m 상공에서 1km 떨어진 지점까지 상품을 배송하였으며, 2014년에는 자체 개발한 파슬콥터를 이용해 독일 북부 노르덴 시의 노르트다이하 항구에서 12km 떨어진 북해의 위스트 섬에 의약품의 배송하였다. 이러한 DHL의 ‘파슬콥터 4.0’ 드론은 최근에 탄자니아 섬 지역에 필요한 의약품을 전달하고 현지 병원의 혈액 샘플 등을 실어오기도 하였다.

3.1.3 중국

2015년 2월 중국의 전자상거래 포털 사이트 알리바바는 그룹 내 자회사 B2C 쇼핑몰 타오바오를 통하여 상하이 YTO익스프레스와 제휴를 맺고 드론 시험배송을 시행했으며, 타오바오 고객에게 생강차, 의약품, 설탕 등 비교적 가벼운 물품을 드론으로 배송했다. 또한, 중국 알리바바 계열의 온라인 음식 배달업체 어러머는 상하이에서 2018년 드론 음식 배달 승인을 허가받은 이후, 최대 속도 65km/h로 최대 6kg의 음식을 20km까지 배달할 수 있는 배달 드론 E7을 통해 드론 음식배달서비스를 시행하였다.

아마존 프라임에어 드론	DHL 파슬콥터	어러머 E7
		
주요 상품을 30분 내에 배송하는 최첨단 무인항공기 배송서비스로 2015년 도입 예정	2013년 12월 소형 고속 무인항공기 ‘파슬콥터(Parcelcopter)’를 이용한 배송 테스트 처음 실시	2017년 9월 어러머의 배달 드론 E7 드론 배송 서비스 시험 운영 실시

〈그림 2〉 해외 드론의 종류

3.2. 국내사례

과거 미국과 중국보다 뒤쳐진 기술력으로 수입

2) 서민교, 김희준, 한국에서의 드론을 활용한 물류배송 상용화 가능성에 관한 연구, 『인터넷전자상거래 연구』 제18권 제6호, 한국인터넷전자상거래학회, 2018, p. 382.

부품에 의존하던 상황 속에서 작년 국내 연구진이 드론택배 상용화 핵심 기술인 하이브리드 전기 추진시스템 드론용 발전기와 전동기 기술을 국내 자체적으로 개발하는 데 성공하였고, 물류 드론이 인천항에서 자월도 해안으로 처음으로 80km 이상 의약품의 장거리 배송을 성공시켰다. 국내 드론기술은 글로벌 기업과 비교했을 때 떨어지지 않는 수준으로 평가받고 있고, 현재 다양한 사업들이 정부 및 업체 차원에서 추진되고 있다.

대표적인 드론의 물류 적용 사례로 CJ대한통운과 우정사업본부가 있다. CJ대한통운은 2015년 5월 국민안전처와 재난구호를 위한 협약을 맺고, 3엽 날개와 로터 4개를 장착한 드론인 CJ 스카이다어를 이용하여 재난 발생 시 신속 대응을 위한 긴급구조 활동을 지원하기로 하였고, 재난 발생으로 고립된 지역에 의약품 키트를 긴급물품으로 지원하였다. 또한, 2년에 걸쳐 드론 안전성 검증 시험사업을 하여 강원도 영월군 농업기술센터로 배송되는 택배 화물을 대상으로 2016년 한 달간 총 4회의 드론 택배 서비스를 시험하였다.³⁾

우정사업본부 역시 2017년 11월, 전남 고흥에서 드론을 출발시켜 4km 떨어진 섬인 득량도에 소포와 등기를 배달하는 사업을 시험 시행하였으며, 강원도 영월 산간지역에 있는 별마로 천문대에 재난재해나 폭설시 드론을 이용하여 긴급구조물품을 배송하는 서비스 역시 시행 중이다.⁴⁾

CJ Skydoor	우정사업본부 ED-815A
	
2016년 재난 발생시 긴급 구조 활동 지원에 이용	2017년 국내 최초로 실제 우편물 배송원에 이용

〈그림 3〉 국내 드론의 종류

3.4. 시사점

미국, 중국, 독일 말고도 일본의 라쿠텐 쇼핑몰 기업, 스위스 국영 우편 기관인 스위스 포스트 등

3) 한경수, 정훈, 드론 물류 배송 서비스 동향, 『전자통신동향분석』 제25권 제1호, 한국전자통신연구원, 2020, p. 76.

4) 강호중, 드론 택배서비스 실용화 방안 연구, 『한국항공우주정책·법학회지』 제35권 제2호, 한국항공우주정책·법학회, 2020, p. 290.

전 세계 수많은 국가가 굴지의 글로벌 기업, 정부의 주도하에 드론택배서비스를 개발하였고 상당부분 성공시켰다. 따라서 수많은 기업이 상당한 개발과 투자를 통해 드론택배서비스의 상용화를 눈앞에 두고 있고, 미국의 경우 드론이 집 앞까지 물건을 배송하는 볼보와 페덱스의 드론 배송 제휴와 아마존의 로봇 배송까지 실제 상용화를 위한 준비가 진행 중이다.

그러나 드론택배서비스가 일부 시범사업의 일환으로 시행되어 우리가 생각하는 것 만큼 상용화되지 못하고 있다. 드론택배의 최종 수준이라고 할 수 있는 원거리(비가시권)·자율비행까지는 기술과 인프라 구축이 되지 않은게 현실이다. 또한 각국의 규제 정책, 안전성, 소음, 이해관계 충돌, 기술적 결함 등으로 인해 여전히 많은 제약이 존재하고 있다. 우리나라도 여전히 드론을 활용한 택배물류서비스는 초보 단계에 있으며 법적 규제와 기술적인 문제점들, 보험제도 미흡 등으로 인해 여러 난관에 부딪히고 있다. 이에 본 연구에서 도시형 드론 택배를 상용화시키기 위한 여러 방안

4. 도시형 드론 택배 상용화 방안

본 연구는 도시형 드론 택배 상용화를 위해 보다 구체적인 방안을 제시할 것이다. 5kg 정도의 택배 무게를 적재하는 드론과 5~25kg 사이의 무게를 적재하는 드론으로 나누고, 전국 주요 도심지 면적과 반경의 분석을 통해 실제적인 각각의 드론의 요구성능과 적용 방안을 제시할 것이다. 또한, 헬리패드와 같은 드론 이착륙장의 시설 도입과 실제 유인항공기 간의 공역별 분리기준처럼 드론 운용 허용 고도인 150m 이하 공역별 분리기준을 본 연구 자체적으로 설계 및 도안하여 UTM 시스템, 드론 하이웨이 등과 연계되어 효율적이고 안전한 드론 운영절차에 대해 제시하겠다. 더불어 드론택배사업을 조경량비행장치사용사업이 아닌 소형항공운송사업에 포함함으로써 좀 더 신뢰성과 경쟁력을 갖춘 사업자가 운영하는 방안 등의 구체적으로 드론 관련 법규 및 정책 방향으로 제시해 봄으로써 본 연구가 생각하는 도시형 드론 택배 상용화 방안을 다루겠다.

4.1. 구성요소

4.1.1 드론 요구 성능

(1) 드론 적재중량

식품유통전문지 더바이어는 전자상거래업체 관계자들을 대상으로 2018년에 택배사 서비스 만족도 조사를 시행하였는데 101개 전자상거래업체를 대상으로 확인한 배송 택배의 평균 무게를 보면, 84.2%의 택배가 5kg 미만의 소형택배였다. 따라서 드론택배서비스에 사용되는 드론을 택배의 과반수를 차지하는 5kg 정도의 소형택배를 적재할 수 있는 드론과 대형택배로 불리는 15kg에서 25kg 사이의 택배를 적재할 수 있는 드론으로 나누어 생각해 봐야 한다. 25kg 이상의 택배를 적재하는 것은 현재 기술 단계로는 실현하기 어려울 뿐만 아니라 택배 배송 횟수가 적을 것으로 예상하기에 본 연구에서는 다루지 않을 것이다.

(2) 드론 무게

위 <표 2>과 <표 3>는 최대이륙중량이 25kg 미만인 드론들과 25kg 이상인 드론들을 보여준다. 이를 바탕으로 5kg 이하의 화물을 적재할 수 있는 드론의 최대이륙중량은 25kg 이하, 5kg에서 25kg의 화물을 적재할 수 있는 드론의 최대이륙중량은 50kg 이내가 되어야 한다.

(3) 드론 항속거리(반경)

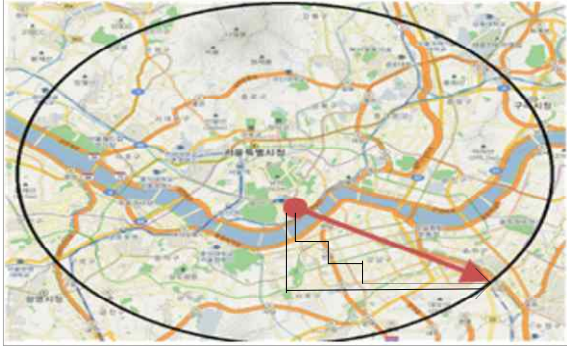
택배물동량이 늘어나고 도심지역 집중이 심화하면서, 물류업계는 교통혼잡과 미세먼지 증가, 근로환경 악화 등 어려움을 겪고 있다. 드론 택배가 공로운송 의존도를 낮춰줄 것이라 기대하며 전국 주요 8개 도시를 기준으로 <표 5>를 참조하여 택배드론의 항속거리를 정하고자 한다.

<표 5> 전국 주요 도시 면적 및 반경

구 분	서울	부산	대구	대전	광주	고양	용인	창원
면적 (km^2)	605	770	883	539	501	268	591	747
반경 (km)	13.9	15.7	16.8	13.1	12.6	9.2	13.7	15.4
총거리 (km)	19.6	22.2	23.8	18.5	17.8	13.0	19.4	21.8

각 도시의 면적을 기준으로 대략적인 반경을 알 수 있다. 택배 드론의 이동 경로가 최단 거리인 직선으로 이루어질 수 없기에 반경을 대각선으로 두고 <그림 4>와 같이 피타고라스의 정리를 통

해 최대항속거리를 가늠했다. 고양시 13.0km부터 대구시 23.8km까지의 이동거리가 나왔고, 이를 통해 택배드론은 최대이륙중량일 때에도 반경 25km, 총 50km이상의 항속거리를 달성해야 하는 것을 알 수 있다.



<그림 4> 서울시 항속거리 유도 과정

(4) 드론 비행 속도

택배 수취인이 택배 배송을 준비할 수 있는 시간과 아마존의 사례를 참고하여 30분 안에 배송을 완료하는 것을 목표로 하였다. 따라서 택배드론은 최대이륙중량일 때 최소 50km/h 이상의 속도로 이동할 수 있어야 한다.

(5) 드론 크기(직경)

위 <표 2>과 <표 3>를 통해 최대이륙중량 25kg 이하인 드론의 크기(장축)는 대략 2m, 그 이상인 드론의 크기는 3m인 것을 알 수 있으며 드론 이착륙장의 크기를 최소로 결정하기 위해서는 현재의 크기를 유지하는 것이 타당하다고 생각한다.

(6) 드론 배터리 성능

최근 드론에는 리튬이온 폴리머(LI-PO) 배터리가 많이 사용되고 있으며 가볍고 충분한 전력이 지속해서 유지된다는 장점이 있다.⁵⁾

그러나 리튬 폴리머 배터리는 온도에 민감하여 외부 온도가 영하권일시 성능이 급격히 저하된다(상온 25℃에서 100%, 40℃에서 95%, 0℃에서 80%, -20℃에서 60%). 따라서 배터리 냉각, 과열 등 온도의 영향을 극복해낼 수 있는 온도 유

지 기술이 필요하다. 또한 정풍에서는 소모량이 커지기에 항상 배터리 잔량이 30% 정도 되면 배송을 중단하고 복귀시켜야 한다.⁶⁾ 따라서 배터리의 성능은 운영에 있어 가장 중요한 조건이어서 운영시간 연장을 위해 수소연료전지를 활용하여 운용반경과 시간을 확대해 나가야겠다.

(7) 드론 비상착륙장치

드론 추락 시 위치에너지에서 전환되는 운동에너지의 양을 줄이기 위해 비상착륙장치의 장착은 필수적이다. 또한, 낙하속도를 감소시켜 낙하시간이 증가하기에 지상에서 추락하는 드론을 보고 피할 수 있는 확률 역시 증가하며, 드론의 파손도 감소시킬 수 있을 것이다.

$$v_t = \sqrt{\frac{2mg}{\rho C_d A}} \quad 7)$$

택배 드론의 제원(드론 질량 35kg, 공기를 받는 면적 $2.78m \times 2.78m = 7.7m^2$, $C_d=0.1$)을 위 식에 대입해 보면 종단속도는 약 26.9m/s이다. 이 속도는 상당히 위험한 속도로 지상에서 위험을 대비할 수 있는 비상착륙장치인 낙하산을 군용 무인기에서는 사용하고 있다.

군의 낙하산 성능은 조속 화물용 낙하산의 경우 낙하속도 기준은 8.5m/s이며, 대인 낙하산의 경우 평균 5.5m/s, 개산속도는 3.4m/s, 개산시간 1.2초이다. 드론 낙하산의 경우 화물용에 해당할 수 있으나, 도심지에서는 기준을 강화하여 대인 낙하산과 유사한 성능을 내도록 해야겠다.

(8) 악천후 비행 기술

악천후의 기상에서 안전한 비행을 위해서는 방수, 내풍성 등의 기술이 요구된다. 우리나라의 기후에 대해 살펴보면 <그림 5>와 같으며, 연평균 105일가량 비, 눈, 우박 등이 오는 것으로 나와 있어 방수 기능은 필수이며, 화물도 보호할 수 있어야 한다. 또한, 우리나라는 13.9m/s 이상의 바람을 폭풍으로 하고 있어, 이 이하의 풍속에서는 드론 운용이 가능해야 할 것이다. 뇌전은 천둥과 번개 중 어느 하나가 발생하는 것으로, 연평균

6) Ibid., p. 92.

7) 김상현, 드론 교통흐름 안전성 평가지표 개발, 『경제·인문사회연구회 합동연구 총서』, 한국교통연구원, 2018년, p. 49.

5) 장현, 사업용 드론의 운용과 안전에 관한 연구, 2018년, p. 32.

22일 정도 발생하기에 이러한 날에는 안전을 위하여 운용을 제한하고 적용해야 하는 기술은 배제하는 것으로 하겠다.

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연합계
30년 평균 (1991~2020)	6.5	6.1	7.9	8.4	8.7	9.9	14.8	13.8	9.3	5.9	7.4	7	105.7
최근 10년	5.9	6.1	7.3	9.5	8.1	9.7	15.2	13.6	9.7	6.3	8.7	7.8	107.9
최근 5년	5.7	6.0	7.3	8.6	8.2	9.4	14.3	12.5	10.7	6.8	6.2	6.5	102.0

<그림 5> 전국 연평균 강수일수
자료 : 기상청 기상자료개방포털

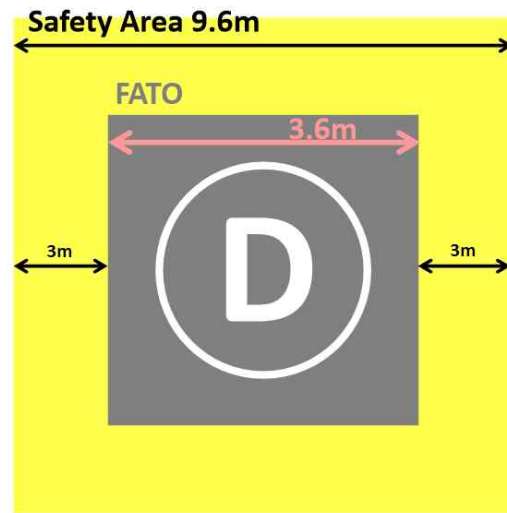
4.1.2 이착륙장

미국처럼 국토가 넓은 국가들은 아파트보다 개인 주택 형태의 주거가 많아 드론으로 화물 택배를 해도 마당이나 일정한 협의가 이뤄진 장소에 화물을 배송할 수 있지만, 우리나라처럼 도심 지역의 고밀도 아파트 단지 주거형태에서는 그러한 방식이 채택되기 어렵다. 건축법시행령 제40조에 따라 층수가 11층 이상인 건축물로써 11층 이상의 층의 바닥면적 합계가 1만 제곱미터 이상인 건축물의 옥상에는 건설교통부령이 정하는 기준에 따라 헬리패드⁸⁾를 설치하여야 한다. 헬리패드가 이미 건설된 건축물의 경우 이를 사용하고, 그렇지 못한 건축물의 경우 드론이 안전하게 이착륙할 수 있는 별도의 장소 마련이 필요하다. 특히 아파트 단지 내에서는 관리실 근처나 아파트 옥상에 드론 착륙장을 만들어 관리직원이나 부녀회, 요즘 부상하고 있는 배달로봇 등이 수거하여 각 수취가구로 배달하는 방법을 고려해 볼 수 있다.

드론 이착륙장은 헬리콥터가 드론과 유사하여 이·착륙시설 상공에서 정지 비행하며 지면으로 서서히 내려앉는 운행특성을 갖고 있어 헬기장 설치기준을 참고하였다. 「공항시설법 시행규칙」 [별표 1] 공항시설 및 비행장 설치기준을 보게 되면, 활주로(FATO)의 크기는 기체 전장의 1.2배, 착륙대(Safety Area)의 크기는 활주로 끝단에서 0.5배로 규정하고 있다. 드론 이착륙장의 경우, 드론은 헬리콥터보다 공기력에 의한 전후좌우 움직임이 심할 것으로 예상하기에 안전구역의 길이와 폭을 활주로 끝단에서 드론 장축과 동일한 길이로 늘려야 적합하다고 판단, 이러한 기준을 제시하고자 한다. 예를 들면, 최대이륙중량(MTOW) 50kg 이상인 택배드론은 장축이 3m이기에

활주로는 3m×1.2인 3.6m, 착륙대는 3m를 최소 기준으로 <그림 6>과 같은 이착륙장을 설계하는 것이 바람직할 것이다.

드론 이착륙장은 D를 표기하여 가시성을 높이는 동시에 헬기장과 구분이 쉽게 해야 한다. 또한, 드론 탈취를 방지하기 위한 외부인의 접촉을 차단해 줄 보안시설 및 감시시스템과 드론 탈락 방지시설 및 펜스가 필요하겠다.⁸⁾



<그림 6> 드론 이착륙장

4.1.3 공역 및 항공로

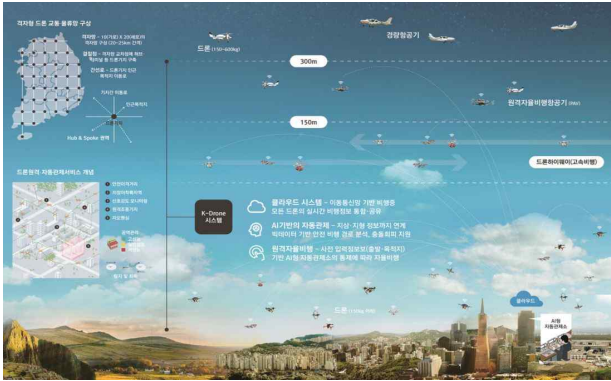
(1) 드론 항공교통관리

UTM⁹⁾ 시스템은 저고도 공역(150m 이하)에서 자체무게 150kg 이하인 드론의 안전하고 효율적인 운항을 위한 교통관리체계로, 모든 드론이 <그림 7>과 같이 드론 하이웨이를 이용하여 운항할 수 있도록 관리 및 감시하는 시스템이다. 해당 시스템이 요구하는 기능들은 TMS 혹은 항공기 지상통제시스템(Ground Control sys')과 유사할 것이다. UTM 시스템은 실시간 항적추적, 예상 비행궤적 생성, 운용 안전관리, 임무/비행 연동, 지도 등 데이터 보관 및 처리, 경고/메시지 처리 기능을 가지게 되며, 별도의 시뮬레이터도 필요하다. 또한, 이력관리시스템, 기상정보, 유인기

8) 안병선·황호연, 도심항공 모빌리티(UAM)의 국내 적용을 위한 수직이착륙장 설계 요구조건 분석 및 형상 제안, 『한국항공학회논문지』, 한국항공학회, 2021년, p. 42.

9) UTM: UAS Traffic Manegement

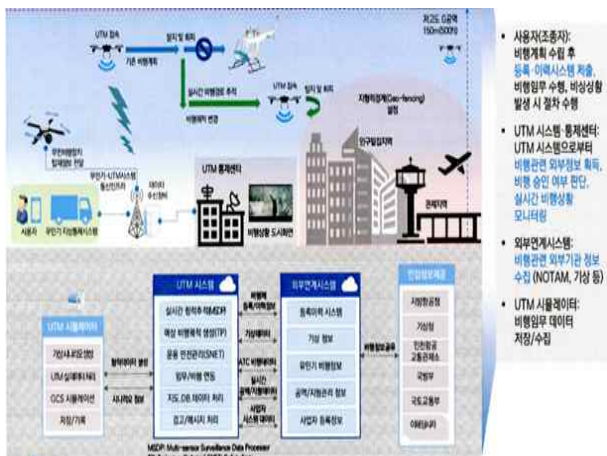
비행정보, 구역/지형관리 정보 등의 외부시스템과도 연계하여 운영되어야 한다.



〈그림 7〉 드론 하이웨이

자료: 국토교통부 보도자료(2017.12.21.), 드론산업 규모 5년내 20배 육성위한 종합계획 발표, p. 3.
한국형 K-드론 시스템 구축, 인용.

드론 이력관리시스템은 드론을 등록하고 조회하는 시스템으로 국내 제조사, 수입판매기업, 드론 운영자가 등록을 신청하면 시스템 담당자가 승인하여 등록된 드론과 사용자에게 대해서만 비행계획(항공사진 촬영 포함)을 접수하고 비행 관련 획득한 외부정보 등과 취합해 비행승인 여부를 판단하게 되며, 드론의 불법 유통/사용과 운영자 변경 등을 관리할 수 있게 된다. ICAO 무인비행장치 등록시스템과 정보를 연계할 수 있도록 설계되어 국제적인 사용도 가능해야 하며, 〈그림 8〉과 같이 UTM 시스템과도 연계하여 다수의 드론을 통합하여 모니터링하고 실시간 위치 및 상태를 확인한다.



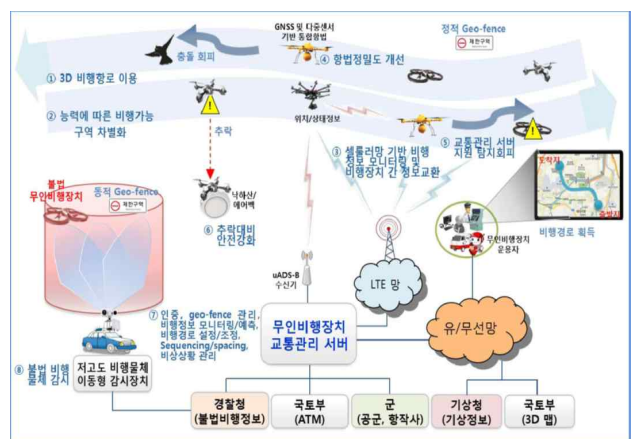
〈그림 8〉 UTM 구성 및 운용

자료 : 강창봉(항공안전기술원), p. 35, 인용.

드론 교통관리를 운영하는 방법으로는 중앙집중형 운영시스템과 분산처리형 운영시스템이 있을 수 있다. 중앙집중형은 모든 드론의 움직임을 한 곳의 관제센터가 제어하는 방식으로 센터가 설정한 이동 경로를 따라서만 드론들이 이동하게 된다. 전체 시스템 차원에서는 최적의 운영 효율을 확보할 수 있으나, 관제센터 시스템상에 미미한 오류라도 발생 시에는 혼란과 위험한 상황이 발생할 수도 있다.

분산처리형은 관제센터가 이동공간에 대한 실시간 정보만을 제공하면 드론이 이동 경로를 탐색하여 스스로 움직임을 제어해 목적지에 도착하는 것으로, 개별 드론에 내장된 시스템을 통해 이루어져 고성능의 처리시스템이 필요하다. 드론의 운영 수가 적은 초기에는 중앙집중형으로 운영되었지만 그 수가 증가하게 되면 분산처리형으로 전환되어야 할 것이다.

드론 교통관리를 위해서는 위치 확인이 중요한데 정확도 향상을 위해 GNSS/INS¹⁰⁾의 성능개신 및 SBAS¹¹⁾ 추가 이용할 수 있도록 해야 하며, GNSS 수신 불능 또는 불안정 지역(도심 등)에서의 LTE, 영상/LiDAR¹²⁾ 등의 다중센서 기반의 융합 측위 등의 대체방법도 마련해야 한다. 테러 등 불법 드론의 운영을 탐지하고 제재하기 위해 동적 geo-fence를 위한 다중센서 기반의 감시체계도 운영되어야 한다. 이를 통합한 〈그림 9〉와 같은 무인비행장치의 교통관리 운용시스템을 구축 및 운영해야 하겠다.



〈그림 9〉 무인비행장치 교통관리 운용

자료 : 한국전자통신연구원, 인용.

10) GNSS/INS: global navigation satellite system / inertial navigation equipment

11) SBAS : Satellite-Based Augmentation System

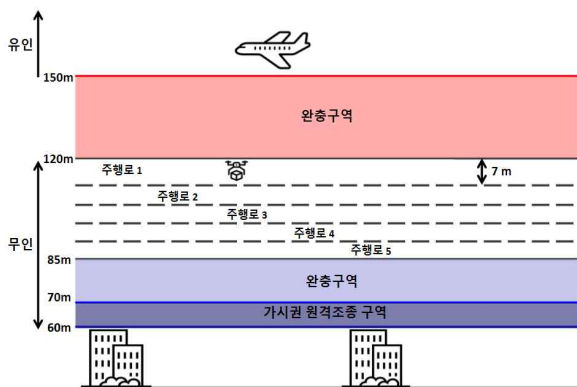
12) LiDAR : laser radar

(2) 공역 설정

현재 소형무인기는 150m(500ft) 이하의 고도에서 운용하도록 허용되어 있으며 이보다 높은 고도는 유인항공기를 운용하는 고도이기에 택배 드론을 위한 공역 고도의 최대치를 500ft로 한다. 배중원(2016)은 “소형무인기 저고도 안전비행을 위한 순항경로 분리간격 고찰”에서 수직분리간격이 200ft(61m)인 공역 모델에서 드론 간의 수평분리거리는 3m 이하, 수직분리거리는 3~5m 수준이며 최대 약 6m가 요구된다고 제안했다.

저고도 무인항공기는 비행 목적에 따라 비행 패턴이 달라지는데, 공역 운영개념은 무인항공기의 비행 패턴을 고려하여 설계해야 한다. 택배 드론은 출발지에서 배송 목적지로의 경로를 찾아 지상권 장애물 및 주변 무인기들을 피하면서 비행을 하고, 공중 배송을 통해 소비자에게 상품을 신속히 전달하고 되돌아오는 비행 패턴을 띤다. 비행 패턴을 고려했을 때 공역 내 드론 간 충돌을 방지하기 위해 드론 간의 고도 분리를 고려한 배중원(2016)의 공역 모델이 바람직하다고 판단하였다.

다만, 해당 공역 모델의 개념을 차용하였으나, 세부사항에는 변화를 주고자 한다. 먼저 가시권/원격조종 드론을 위해 70m까지의 가시권 원격조종구역을 설정하고, 해당 드론들과 택배 드론들 사이 15m의 완충구역을 추가로 설정하고자 한다. 비가시권/자율조종 드론을 위한 공역의 고도는 85m에서 120m까지로, 다섯 개의 주행로로 구성되어 있다. 공역의 주행로를 구분하여 물리적 분리를 배중원(2016)이 제시한 5m에서 <그림 10>과 같이 7m로 늘리고자 한다. 주행로 간 수직분리거리를 7m로 늘려 드론 간 발생할 수 있는 공중충돌 가능성을 최소화하기 위함이다.



<그림 10> 드론 공역 설정

(3) 항공로(드론 전용 표준 비행로) 설정

계기비행을 하는 국제항공기는 전 세계에 설정된 표준 비행항로를 이용하며 이·착륙은 물론, 중간마다 참고점과 관제소를 통과하며 전문 관제사의 통제를 받는다. 우리나라도 택배드론이 빈번히 비행하게 될 지역에 표준 비행로를 도시별로 개설(고도, 길이, 폭, 방향 설정)한다면 드론 비행의 효율성과 안전성을 창출할 수 있다. 각 지방 도로, 도시의 저명한 참고점을 기준으로 장애물 회피 지점도 고려하면 유용할 것이다.¹³⁾

따라서 도시에서도 드론의 비정상적 비행운용이나 돌발상황(높은 장애물과 인접하거나 돌발적 환경요인 발생, 드론 간 공중충돌 등) 시에도 안전을 확보하기 위해서 사람, 건물 등 지상 보호물로부터 상시 보호받을 수 있는 자동차 도로를 기준으로 경로를 설정한다. 중앙선이 있고 인도와 보도가 분리된 2차로 이상의 도로를 기준으로 중앙선을 기준으로 오고 가는 경로를 설정하는 것이 안전할 것이다. 택배 드론 이동 경로 간 교차로는 드론 간 공중충돌의 위험도가 높아지는 구간이기에 인구밀도가 낮은 지역이나 건물로 인한 보호 효과가 높은 지역 상공에 위치하는 것이 지상의 제3자 안전도를 높일 수 있을 것이다.

4.2. 서비스모델

드론택배의 조기 상용화를 위한 서비스모델은 드론운송의 특성과 운용사례에서 제시된 다양한 문제점과 제한사항을 고려하여 드론택배 상의 구성들이 효율적이고 최적화된 물류 프로세스 구조를 가지도록 구성하여야 한다. 최근 도시구조가 초대형/초고층 빌딩화와 기술의 발전으로 택배 물류 서비스도 전문화되면서 분절화되는 구조로 변화하고 있다. 이러한 환경변화와 택배물류서비스에 대한 불만족, 드론기술의 미성숙으로 인한 제한사항을 보완하고 드론 택배 상용화를 위해 드론택배 물류센터를 중심으로 하는 서비스모델을 다음과 같이 제시한다.

드론택배 전문기업 또는 기존 택배 기업이 운영 주체가 되는 드론택배 물류센터를 중심으로 드론 택배에 필요한 드론 이력관리 시스템을 활용한 등록 및 비행계획 수립 등 다양한 업무처리 시스템과 드론 운영에 필요한 운항 관리 인력의 교육 및 유지보수체계를 구축해야 한다. 드론택배

13) 장현, op. cit., p. 81.

물류센터는 드론 택배만을 취급하는 것만 아니라 기존의 화물차 택배업도 같이 수행하면서 고객의 요구나 택배 기업의 판단에 의해 운송수단을 선택하여 배송하게 된다. 따라서 경제적 운송수단의 선택을 위한 비용산정시스템도 갖추어야 하겠다.

드론택배 전문기업의 운용조직은 총괄부서인 GC E(Ground Control Element)를 구성하고 예하에 이·착륙 통제소(LRE, Launcher & Recovery Element)와 임무통제소(MCE, Mission Control Element)를 둔다. 이·착륙 통제소는 항공운송의 지상 조업 업무를 수행하는 조직에 해당하는 것으로 택배드론을 보관하면서 유지보수와 관리를 하며, 배송 임무가 주어지면 화물을 드론에 탑재하여 이륙을 준비하고 배송이 완료되면 복귀한 드론을 회수하여 다음 배송을 준비시키는 업무를 수행한다. 또 하나의 예하조직으로 임무통제소(MCE, Mission Control Element)는 항공운송의 운항관리 업무를 수행하는 조직으로 비행계획 수립 등 과정과 배송 관련 임무가 정확히 수행되는지를 확인하며 우발상황에 대비하는 업무를 수행한다.

4.3. 운영절차

드론택배서비스는 단거리(편도 5km 이내), 중거리(편도 5~25km), 장거리(25km이상), 릴레이 이송, 복합 이송으로 분류할 수 있다.

본 연구는 도시형 드론택배의 상용화 방안에 관한 연구로, 도심 내 지역에서의 운송으로 가정하였기 때문에 소형무인기를 이용한 중거리 단일이송의 방식을 전제로 도시형 드론택배의 운용 절차에 관해 논하고자 한다. 중거리 택배 운용방식에 있어 중요한 것은 비가시권 비행과 야간비행의 여부, 그리고 고도제한의 준수이다. 거기다가 도심 내라는 환경적 조건이 존재하기 때문에 고층빌딩이 늘어서 있는 도시의 특성상 장애물 회피가 가능한지 아닌지도 고려해야 할 조건이다.



〈그림 11〉 드론 택배 운용과정

자료 : 국토교통부 보도자료(2021.2.24), 해상 드론배송 속도낸다·부두에서 선박까지 유상배송 시작, p. 2, 인용

드론택배의 운용과정은 〈그림 11〉에서 보는 바와 같이 주문을 접수하여 발송을 준비하고 이륙 후 정해진 경로를 이동하여 목적지에 도착하면 기체를 하강시켜 수취인을 식별하여 물품을 하역하고 인계 후 물류센터로 복귀하는 과정을 거칠 것이다. 이러한 과정에서 거쳐야 하는 많은 이벤트를 정리하면 다음과 같다.

도심 내 드론택배를 상용화하고자 하는 목적은 기존 배송에 들던 시간을 줄이고, 드론과 같은 장비에 배송을 일부 부담함으로써 택배 배달에 대한 업무부담을 낮추고자 하는 데에도 일부 이유가 존재한다. 따라서 도심형 드론택배를 상용화하는 데 있어 원격비행이 아닌, 프로그래밍한 알고리즘에 따라 자율적으로 비행하는 드론을 사용할 것을 제안하고자 한다. 또한, 프로그래밍한 알고리즘에 따라 운용하는 드론의 경우 주·야간 비행 환경에 크게 영향을 받지 않기 때문에 야간에도 배송이 가능해짐으로써 택배 배송에 대한 업무부담을 크게 해결할 수 있다.

다음은 고도제한과 장애물 회피의 조건의 경우 이를 모두 수용하면서 도심 내 드론택배를 운용하기 위해서는 고도와 경로의 설정이 중요하다. 고도의 설정은 4.1.2에서 상술했던 것과 같이 85m에서 120m 사이로 설정하고, 각 드론 간 충돌이 발생하지 않도록 3m의 수평분리기준을 유지하며 주행로 간 7m의 수직분리기준도 그대로 가져간다.

그리고 경로의 설정 역시 상술했던 것과 같은 방법을 채용하고자 한다. 2차선 도로의 경로를 따라 드론 역시 자동차처럼 움직이도록 하는 것이다. 그리고 건물의 높낮이가 제각각이라 낮은 건물은 바로 지나쳐 갈 수 있다면 지나치는 것이 시간 단축에 대한 효율은 높으나 이를 위해서는 추가적인 장비가 요구된다. 운송을 위해서는 적재중량을 최대한 늘리고 자체무게는 최대한 낮추는 것이 필요하다. 따라서 효율성을 위해 도로를 따라가는 방법을 채택하였다. 또, 이렇게 공로를 이용해 운송하면 도시의 빌딩과 같은 고층 건물에 충돌할 위험이 없기에 장애물 회피에 대한 조건도 충족할 수 있게 된다.

운송 중 배송과정에 있어 필요한 조건은 충족하였으니, 다음으로 고려해야 할 것은 드론의 이·착륙장이다. 우리나라는 미국과 달리 주택 형태의 주거단지가 아닌 아파트와 같은 고밀도 공동주택 형태의 단지가 뻗뻗하게 늘어서 있다. 단지별 공동 이착륙장을 건설하여 규격화된 트레이에 담아 일괄배송하는 것이 효율적이다. 택배의 7~80%가

5kg 이하인 것을 생각할 때 이러한 방법은 충분히 가능성 있다고 판단된다.

드론 택배를 사용하기 위해서는 드론이 물건을 들고 내릴 드론 이착륙장이 필요하다. 앞서 말했던 대로 헬리패드¹⁴⁾가 존재하는 곳은 헬리패드를 이용하고, 헬리패드가 없는 단지에는 드론 전용의 이착륙장을 추가로 건설하여야 한다. 이착륙장은 4.1.2에서 언급했던 형태로 설계한다.

마지막으로 고려해야 할 것은 배송된 물품이나 드론의 불법탈취를 방지하는 것이다. 이에 대한 대책으로 아파트 옥상은 아파트관리법에 따라 불미스러운 일을 방지하기 위해 출입을 제한할 수 있게 되어있고, 실제로 대부분 아파트가 옥상 출입을 제한하고 있다. 실질적으로 경비원만 옥상 출입이 가능한 상황이므로, 옥상의 이착륙장에 드론이 화물을 운송하면 경비원이나 배송로봇이 이를 무인택배함에 옮겨두는 방법을 사용하면 택배물 불법탈취의 방지가 충분히 가능하다. 수취인이 직접 화물을 인수받으려면 인증절차를 거쳐 이착륙장에 출입할 수 있도록 시스템을 구축해야 한다.

4.4. 관련 법규 및 규제의 개정 방향

도시형 드론택배를 상용화함으로써 얻을 수 있는 효용은 막대하지만 여러 문제점을 지니고 있고, 해결되지 않으면 난관에 부딪히게 될 것이다. 초고층 건물들과 아파트들이 즐비하게 붙어 있는 대한민국의 도시 지형적 특성으로 인해 안전을 위한 드론 전용 비행구역 확보와 프로그래밍한 드론이 정해진 경로에 따라 이동하기 위해 부착된 촬영 기구들로 인한 사생활 침해 등 법적·정책적 측면에서 해결해야 할 필요성이 증대한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 문제에 대응하는 드론택배 전문기업이 경쟁력 있고 신뢰할 수 있을 만한 규모를 가져야 한다고 생각된다. 하지만 현재 초경량비행장치사업을 자본금 3천만원 이상, 1대를 운용해도 사업을 할 수 있도록 되어 있어 누구나 쉽게 사업을 할 수 있어 각종 안전시스템과 사고 발생 시 보상 등의 해결이 쉽지 않을 것이다. 따라서 운송사업에 한해서는 등록 기준을 강화하여 안전을 보장할 수 있도록 해야 하겠다.

4.4.1 상법 개정 방향

「상법」 제896조 항공기의 적용 범위는 상행위나 그 밖의 영리를 목적으로 운항에 사용하는 항

공기를 의미하지만, 단서에서 초경량비행장치는 제외하고 있다. 즉, 항공안전법상의 무인비행장치를 활용한 택배 운송사업은 하나의 상행위로 상법의 적용 범위인 물건 운송에 해당하지만, 제896조 단서 조항에 따라 그 적용 범위에서 배제되는 것이다.

드론이 상업적으로 활용될 가능성이 작았고, 운송의 경우에는 더더욱 가능성이 희박했던 당시의 상황을 고려하면 상법의 적용 범위가 납득된다. 그러나 드론산업이 비약적으로 발전하고 있어 드론의 화물 운송, 더 나아가 여객운송까지 바라보고 있는 지금은 상법을 개정하여 적용 범위를 넓혀야 할 것이다.

4.4.2. 항공사업법 개정 방향

항공사업법에서 규정하는 운송사업과 사용사업은 타인의 수요에 맞춰 유상으로 항공기를 이용하는 사업을 뜻한다. 소비자의 수요로 주문이 들어와 물품의 대가로 배송료를 받는 무인비행장치 택배사업은 항공사업법상 운송사업에 속하게 되어야 하나, 현재는 「드론법」에만 명시되어 있으며, 초경량비행장치사업으로 되어있어 드론택배서비스에 대한 사업의 적용 범위가 어디까지인지를 다시 정의해야 한다.

현재 무인동력비행장치를 이용한 사업 중 운송사업이 가장 상업성이 있다 하겠다. 따라서 현재 제한되고 있는 사업 분야를 확대하여 드론을 이용하는 운송사업을 사용사업 범위에 포함하자는 의견도 존재한다. 현행 사업의 범위 내에서 드론택배사업을 법률의 테두리 안에 두기 가장 쉽고 빠른 방법이 될 수 있으나¹⁴⁾ 이는 장기적으로 보았을 때 문제를 낳을 수 있다. 드론 이용이 활성화된 미래에는 화물뿐만 아니라 여객운송도 실현될 수 있는데 여객과 화물의 운송이라는 면에서 옮기는 대상만 다르고 성격이 유사한 두 사업이 여객운송의 경우에는 항공운송사업으로, 화물의 경우에는 사용사업으로 분류되는 것은 혼란을 가중할 우려가 있기 때문이다.

이에 본 연구에서는 드론 운송사업을 소형항공운송사업에 포함해야 한다고 제안한다. 「항공사업법 시행령」 [별표2]에 따르면 소형항공운송사업을 등록하려는 자는 항공기 1대 이상, 최대이륙중량 5,700kg 초과, 2만5천kg 이하의 항공기를

14) 김성미, 『드론의 현행 법적 정의와 상업적 운용에 따른 문제점』, 항공우주정책·법학회지, 2018년, p. 29.

보유해야 하고, 법인의 경우 납입자본금 15억 원 이상, 개인의 경우 자산평가액이 22억5천만 원 이상일 것을 요구하고 있다. 최대이륙중량이 5,700kg 이하인 항공기의 경우에는 법인은 납입자본금 7억5천만 원 이상, 개인은 자산평가액 11억2천5백만 원 이상일 것을 요건으로 정해놓았다.

그러나 드론택배사업에서 운용이 활성화될 것이라 예상되는 것은 최대이륙중량 50kg 이하인 초경량비행장치이다. 또한, 소형항공운송사업에 해당하는 기기는 「항공안전법」 제2조 제1호에 따라 항공기에 한정되어 있다. 무인동력비행장치는 「항공안전법」 제2조 제3호에 따른 초경량비행장치에 속하기에 드론택배사업은 소형항공운송사업에 해당하지 않으며 무게 기준에 부적합하기도 하다. 화물운송용 드론과 여객운송용 드론의 이륙중량을 최대이륙중량을 고려하여 현재 소형항공운송사업 등록 기준을 무인동력비행장치를 위해 마련해야 할 것이다. 소형항공운송사업에 속하는 기기의 범위 역시 수정이 필요하다. 추가로 등록 기준은 두 대 이상의 드론을 동 시간대에 운용하는 경우와 비가시권/자율주행을 하는 경우에만 소형항공운송사업으로 등록하도록 강제하는 것이 바람직할 것이다.

드론 택배에 있어 가장 큰 위험성 중 하나는 드론 간 공중충돌과 장애물과의 충돌, 그리하여 이어지는 지상 제3자로의 피해가 있다. 무인비행장치를 사용하는 택배 배송을 소형항공운송사업 안에 포함해 「항공사업법」 제70조에 따라 항공보험 가입을 강제해야 하며 보험제도에 대해서는 4.5에서 다루겠다.

4.4.2. 항공안전법 개정 방향

배송을 위한 드론택배들이 비행하는 구역들에 대해서도 여러 문제가 있다. 항공안전법에 따라 비행을 제한하고 금지하는 구역에 대해서도 사전 승인 없는 운행, 야간 또는 비가시권 비행행위에 대한 위반 여부조차 파악할 수 없는 실정이다. 이는 우리가 본 연구에서 구상한 도시형 드론택배가 앞서 언급한 대로 주·야간에 큰 영향을 받지 않기에 야간 배송을 활성화하는 데 있어 예상치 못한 드론 간의 충돌 사고를 야기할 수도 있기에 중대한 부분이다. 이에 드론 비행구역을 실효성 있게 단속하고 규제할 수 있는 기술적 조치와 제도가 필요하다. 2019년 10월에 정부가 발표한 “드론분야 선제적 규제 혁파 로드맵”¹⁵⁾에 따라

구상 예정인 항공기 항로와 다른 저고도·고고도 등을 구분하는 드론전용구역(Drone-Space)을 단계적으로 구축하여 드론 택배의 자유로운 비행환경을 조성하는 첨단시스템 기반 운용할 수 있는 단계가 된다면 이러한 규제도 해소되어야 한다. 머지않아 상용화될 많은 드론택배들의 자유롭고 안전한 비행을 위한 드론 교통관리체계를 구축 및 세밀화함과 동시에 국토교통부를 비롯한 각 부처 간의 합동으로 드론 길 구축 프로젝트, 드론 전용 3차원 공간 정밀지도를 구축해나가야 한다.

4.4.3. 공항시설법 개정 방향

〈그림 6〉에서 드론 이착륙장의 규격에 대해 언급하였는데, 이를 설치 및 관리하기 위해서는 법에 반영할 필요가 있겠다. 「공항시설법 시행규칙」 [별표 1]에 드론 이착륙장을 별도로 신설하여 개정하고, 「국토부 고시 이착륙장 설치 및 관리 기준」에도 반영되어야 할 것이다.

앞서 언급한 법제도 이외에도 택배드론 및 화물 불법탈취와 납치, 이로 인한 개인정보 피해를 비롯한 사생활 침해로 범죄 수단으로 이용될 수 있는 드론을 무력화할 수 있는 안티드론 기술이 필수적이다. 2018년 12월 19일 영국 개트윅 공항 활주로 드론 2대 출몰로 2일간 폐쇄되었던 사건을 통해서 안티드론의 필요성을 느꼈듯이 안티드론 도입을 위한 법규 및 정책을 마련해야 한다. 해외에서의 활발한 안티드론 기술개발에 비해 국내에서의 안티드론 기술개발은 전파법상으로 군, 일부 인프라 시설을 제외한 민간에서 전파교란 행위는 불법이라는 법적 규제로 부진한 상태이다. 그렇기에 전파법 및 공항시설법을 개정해야 하고 네덜란드 Robin Radar System의 ELVIRA인 드론 탐지 레이더, RF 탐지기과 영상 음향 다중센서로 독일 Dedrone과 무력화 기술로 포획 그물망이 아닌 레이저 빔을 활용한 요격기술 등 국외에서 민수용으로 활발하게 개발 및 연구되는 안티드론 기술들을 벤치마킹하여 적합한 안티드론 기술개발을 이뤄나가야 한다.¹⁶⁾

4.5. 보험제도

15) 신경, 드론산업 발전을 위한 선제적 규제혁파 로드맵, 『항공진흥』, 한국항공협회, 2019, p. 8.

16) 박준영, 드론테러 방호를 위한 안티드론 기술 현황, 『전기의 세계』, 대한전기학회, 2020, p. 17.

현행 초경량비행장치의 보험 및 공제 가입은 「자동차손해배상 보장법 시행령」을 적용받고 있으나, 앞서 언급하였듯이 드론택배를 항공운송 사업으로 보게 된다면 항공보험에 적용 받는 것이 타당하겠다. 항공보험은 항공운송사업의 책임 분산과 피해자의 보호라는 두 가지 목적을 가지고 있어 오늘날 국제항공운송에 있어 필수 불가결한 것처럼 드론 관련 보험 역시 드론 도입 및 활용이 가속화됨에 따라 제3자의 신체 및 재산상 손해와 드론 기체의 파손과 전손이 증가하고 있기에 적용이 가능하겠다. 하지만 드론사고에 관한 객관적인 기초자료가 부재한 실정으로 드론 관련 보험요율이 매우 높게 설정된 상태이고 해킹이나 분실, 기상악화로 인한 사고와 같은 특수성을 반영한 드론 보험 역시 미흡한 수준이어서 개인과 사업자는 많은 경제적 부담감을 느끼고 있다.

드론 보험은 항공보험과 유사점이 많은 동시에 드론만의 특성을 가진다. 그렇기에 드론 보험의 방향은 이미 체계화된 보험체계를 가지고 있는 항공보험을 모티브로 드론 보험을 설계해나감과 동시에 드론만의 특성으로 인한 손해에 대한 담보 역시 보장해나가야 한다. 앞서 언급한 특징이자 Munich Re라는 기업이 실제 기업들을 대상으로 조사한 결과에 따르면 기업이 우려하는 드론 관련 손해로 사생활 침해가 69%¹⁷⁾를 차지한 것으로 보아 PC와 서버의 통신망보다 해킹이 쉽고 도난, 분실이 잦은 드론으로 인한 사생활 침해에 관한 손해보험을 구축해야 한다.

현재 「항공사업법」 제70조에 따르면 초경량비행장치를 사업용으로 활용하는 경우에 한하여 제3자 배상보험 가입을 의무화하고 있는데, 본 연구는 이 규제만으로는 부족하다고 생각한다. 유럽연합의 항공기 보험 규정(EU Regulation 785/2004)에 따라 무인기 운영자는 비행 목적과 관계없이 보험에 가입해야 하는 영국의 보험 제도를 본받아 드론 관련 피해로부터 보험 가입자와 피보험자 모두를 보호해나가야 한다.

또한, 해외 국가들 대부분의 드론 관련 보험들이 최대이륙중량, 드론 무게 및 운영 목적에 따라 보험 가입을 강제하거나 배상해주는 정도의 유무를 차별적으로 달리하는데, 이 또한 관련 사고 피해로부터 충분히 구제해주지 못해 산업 활성화를 저해한다. 예를 들어, 영국의 경우 500kg 미만 상업용 드론 운영자에게는 제3자 책임보험을 의

무적으로 가입시켜 사고로부터의 피해를 보호해주지만 20kg 이하 및 500kg 미만의 비상업용 드론에 대해서는 제3자 책임보험 가입을 의무화하지 않는데¹⁸⁾, 현 대다수를 차지하는 것은 25kg 이하 드론으로 이들에 대해서도 의무적으로 보험에 가입시키는 보험 제도화를 통해 드론 상호 간으로 인한 사고 발생 시 제대로 된 보상체계를 마련해야 한다.

더불어 자동차 보험체계와 같은 대인·대물 배상 등의 책임보험과 조종자를 담보하고 기체손상·도난손해 등에 대한 폭넓은 보상을 갖춘 드론 보험을 설계하여 소프트웨어 또는 하드웨어 결함과 제3자에 의한 해킹으로 인한 손해 등 다양한 리스크 발생을 보호해야 하겠다.¹⁹⁾

드론 관련 사고로 인한 손해에는 제3자의 신체, 재물 손해, 개인 사생활 침해, 드론 촬영정보 유출 배상 책임, 드론 적하물 손해 또는 적하물 낙하 배상책임 등에 대해 느리지만 천천히 하나하나 보험제도 구축하여 책임부담을 경감해 가도록 보험사들의 적극적인 드론 보험 상품들이 출시되어야 할 것이다.

5. 결 론

우리나라의 택배물류서비스는 1992년 서비스를 시작한 이래 가장 호황을 맞고 있으나 과도한 물동량으로 인해 노동자들은 과로로 고통받고 있으며 고객의 불만 사례도 늘어나고 배송 경쟁도 치열해지고 있어 더 신속한 배송과 인력 중심에서 탈피하고자 드론과 같은 무인이동체를 활용하려는 시도가 주목받고 있다.

국내에서도 물류산업의 혁신을 불러올 것으로 기대되는 드론 배송사업에 많은 관심을 가지고 민간뿐만 아니라 정부에서도 글로벌 수준의 인프라 구축 등을 위해 투자와 정책적 지원을 아끼지 않고 있다.

그러나 드론의 상용화를 위해서는 기술 발전뿐만 아니라 운영 시 발생할 수 있는 여러 문제점을 선결해야 한다. 본 연구는 특히 도시에서의 드론 택배 상용화를 위해 택배의 관점에서 나아가 항공운송 측면에서 갖추어야 할 구성요소들의 기

17) Insurance Journal, "Market for Drone Insurance Expected to Take Off in Next 5 Years", 2015. <http://www.insurancejournal.com/news/national/2015/05/13/368051.htm#>.

18) 김선이, 권민희, 드론사고의 법적 구제에 관한 보험제도, 『한국항공우주정책법학회지』, 한국항공우주법학회, 2018, p. 14.

19) 김주표, 무인항공기 드론 사고의 법적 책임과 보험제도, 『기업법연구』, 한국기업법학회, 2018, p. 194.

준을 제시하여, 보다 구체적인 방안을 제안하였다.

또한, 가장 먼저 해결해야 할 안전성 확보와 향후 드론 택시 도입까지를 염두에 두어 사업자의 기준을 강화하는 방안으로 드론택배사업을 소형 항공운송사업에 포함해야 한다고 제안하였다. 이를 통해 신뢰할 수 있는 사업자와 드론 택배 전문기업을 경영함으로써 체계적인 드론 운용과 안전관리시스템(SMS)을 구축하고 운영할 수 있는 조직 등을 갖출 수 있을 것이다.

이와 아울러 드론 택배 운용성 향상을 위해 야간 또는 비가시권 비행이 가능하도록 항공안전법 개정 및 드론 이착륙장에 대한 설치 및 관리를 위한 공항시설법 개정과 자동차 보험을 준용하고 있는 드론 보험제도도 항공보험으로 체계 전환을 제안하였다.

우리 정부도 적극적인 드론 상용화를 위한 종합적이고 체계적인 로드맵을 발표하면서 드론 규제를 선제적으로 개선하려 노력하고 있다.

이에 본 연구의 결과가 향후 드론 택배 서비스를 조기에 상용화하기 위한 정책 수립과 이 분야를 연구하는 전문가에게 좀 더 실질적인 방법들을 제공하리라 생각되며 추가적인 연구에 방향을 제시해 줄 수 있을 것이다. 하지만 상용화 시에 필요한 정확한 시장 확보를 위한 수요예측과 최적화된 물류네트워크 설계 등 수리적 모델 부분이나 세부적인 프로세스를 명확히 그리지 못한 것은 연구의 한계점으로 남는다. 향후 이 부분에 대한 더 심도 있는 연구가 필요하다고 본다. 정부가 구상하고 있는 2025년까지 도시지역에서의 드론택배서비스 사업이 이러한 연구와 다양한 시범사업을 통해 현실화되기를 기대한다.

참고문헌

[1] Drone Industry Insights <www.droneii.com/project/drone-market-report>(2020.4.1)
[2] 국토부 보도자료('19.10.17) 드론 규제, 미리 내다보고 선제적으로 개선합니다.
[3] 서민교, 김희준, 한국에서의 드론을 활용한 물류배송 상용화 가능성에 관한 연구, 『인터넷전자상거래연구』 제18권 제6호, 한국인터넷전자상거래학회, 2018, p. 382.
[4] 한경수, 정훈, 드론 물류 배송 서비스 동향, 『전자통신동향분석』 제25권 제1호, 한국전자통신연구원, 2020, p. 76.

[5] 강호증, 드론 택배서비스 실용화 방안 연구, 『한국항공우주정책·법학회지』 제35권 제2호, 한국항공우주정책·법학회, 2020, p. 290.
[6] 장현, 사업용 드론의 운용과 안전에 관한 연구, 2018년, p. 32.
[7] Ibid. p. 92.
[8] 김상현, 드론 교통흐름 안전성 평가지표 개발, 『경제·인문사회연구회 합동연구 총서』, 한국교통연구원, 2018년, p. 49.
[9] 안병선·황호연, 도심항공 모빌리티(UAM)의 국내 적용을 위한 수직이착륙장 설계 요구조건 분석 및 형상 제안, 『한국항공학회논문지』, 한국항공학회논문지, 2021년, p. 42.
[10] 장현, op. cit., p. 81.
[11] 김성미, 드론의 현행 법적 정의와 상업적 운용에 따른 문제점, 『항공우주정책·법학회지』, 2018년, p. 29.
[12] 신경, 드론산업 발전을 위한 선제적 규제혁파 로드맵, 『항공진흥』, 한국항공협회, 2019, p. 8.
[13] 박준영, 드론테러 방호를 위한 안티드론 기술 현황, 『전기의 세계』, 대한전기학회, 2020, p. 17.
[14] Insurance Journal, "Market for Drone Insurance Expected to Take Off in Next 5 Years", 2015. <http://www.insurancejournal.com/news/national/2015/05/13/368051.htm#>.
[15] 김선이, 권민희, 드론사고의 법적 구제에 관한 보험제도, 『한국항공우주정책법학회지』, 한국항공우주법학회, 2018, p. 14.
[16] 김주표, 무인항공기 드론 사고의 법적 책임과 보험제도, 『기업법연구』, 한국기업법학회, 2018, p. 194.
[17] 류영기 외 4명, 무인항공기 드론 운용총론. 도서출판 골든벨, 2019.