

KISTEP 미래예측 브리프 2021-2

벌떼 드론 자율무기가 초래할 미래 모습과 대응 방안

이상남, 임승혁



목 차

1. 연구 배경.....	1
2. 연구 방법.....	2
3. 기술 동향.....	4
4. 이슈 동향.....	9
5. 미래사회 시나리오.....	13
6. 결론 및 향후과제.....	31
참고문헌.....	33

1 연구 배경

- 별떼 드론 등 자율무기 확산은 전 세계 국가의 군사력 순위 등 국가 위상에 큰 영향을 미칠 수 있고 살상용 자율무기가 야기할 수 있는 신종 위협에 대한 우려 존재
 - 미국, 중국은 자율무기 등 첨단 기술을 선점하고 군사력의 우위를 차지하기 위한 측면에서도 글로벌 패권경쟁 진행 중
 - ※ 별떼 드론 자율무기는 다수의 드론이 통일적인 조정체계 아래 분산공격을 수행하는 인공지능 기반 무인병기로 손실은 최소화하고 파괴력은 극대화하여 미래전의 양상을 바꿀 것으로 예상
 - 별떼 드론 기술이 발달하고 상용화되었을 때 나타날 수 있는 미래 모습을 그려보고 정책적으로 대응이 필요한 이슈 사전 검토 필요
 - ※ 가공할 파괴력을 지닌 자율무기가 상용화된 이후 적절하게 통제되지 못하거나 자율무기의 고유한 오류가 발생되었을 경우 과도한 살상행위가 만연하는 미래 모습을 우려
- 인공지능기술의 발달과 활용은 풍족하고 편리한 세상을 만들기도 하나 파괴적이고 불안한 미래를 초래할 위험도 내포
 - 인공지능은 여러 목적으로 활용이 가능한 민군겸용 기반기술로 평화적 목적 외에 군사적 목적으로 활용될 시 과도한 파괴를 야기할 수 있는 위험 존재
 - ※ 인공지능은 일반인이 위험물질을 탑재한 원격 정밀, 자율운영 장치의 제작을 용이하게 하고 일개인이 행사할 수 있는 폭력규모도 극대화 가능(Future of Humanity Institute 외, 2018)
 - 인공지능 발달이 초래하는 부정적인 미래 모습을 별떼 드론 자율무기를 중심으로 살펴보고 주요 영향 요인 도출 및 시나리오 작성을 통해 대응 방안 검토 필요
 - ※ 인공지능에 기반한 자율무기는 기존 감시정찰, 군수지원 등 비전투에서 살상기능이 주된 전투용으로 확대 활용될 가능성이 높음

2 연구 방법

벌떼 드론 자율무기 기술 동향 검토

- 자율무기, 드론, 벌떼 기술을 중심으로 기술 정의, 세부 기술 동향, 각국의 기술 현황 등을 분석

자율무기관련 최신 관심 동향 분석

- 최근 4년(2018~2021) 간 국내 신문에서 언급된 뉴스 및 해외보고서에서 논의된 주요 키워드 현황 분석
 - 중앙지 및 경제지를 대상으로 자율살상무기 관련 키워드 검색을 통해 뉴스 규모 및 변화 추이 검토
 - 자율무기를 다룬 해외보고서의 주요 키워드 빈도를 분석하여 국제적인 차원의 관심 동향을 검토
 - 자율살상무기 관련 핵심키워드 분석을 통해 주요 관심 주제를 검토

자율무기(벌떼 드론) 분야 미래 시나리오 분석

- 시나리오 플래닝 기법을 활용하여 향후 20년(~2040) 내 예상되는 미래사회 변화모습을 살펴보고 정책적 시사점 도출
 - 시나리오는 미래에 일어날 수 있는 여러 가지 상황을 예상하여 ‘스토리’ 형식으로 전달하는 방법으로 불확실성이 높고 복잡한 요인들로 얽혀 있는 이슈에 다양한 미래 모습을 제안(한국과학기술기획평가원, 2011)
 - 본 연구에서 수행된 미래 시나리오 작성 단계는 다음과 같음

〈표 1〉 시나리오 플래닝 분석 절차

구분	주요 내용
핵심주제 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 의사결정 범위, 예측 시점, 국가 등 설정
▼ 핵심의사결정요소 도출	<ul style="list-style-type: none"> • 의사결정에 영향을 주는 요소 결정
▼ 변화동인 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 핵심주제에 영향을 미치는 동인 발굴 및 핵심동인 해석
▼ 미래 시나리오 설정	<ul style="list-style-type: none"> • 핵심불확실성동인 간 관계 분석, 시나리오 후보군 도출 및 평가, 미래 시나리오 작성 등
▼ 정책적 시사점 도출	<ul style="list-style-type: none"> • 미래시나리오 갭 분석을 통해 회피 및 대응 정책 방안 마련

3 기술 동향

자율무기체계

- 인공지능(AI)이 탑재된 상태에서 인간의 개입 없이 표적을 선택하고 공격할 수 있는 무기체계(김광우, 2018)
 - 무기의 지능화 단계에 따라 자동화-반자율-자율로 구분할 수 있으며 자율단계는 목표 지향적이며(goal-oriented) 스스로 지시하는 수준을 의미(유준구, 2019)
 - ※ 자동단계는 조건기반(threshold-based) 명령에 의해 단순한 작업을 실행, 반자율단계는 규칙기반(rule-based) 명령에 의해 업무를 수행, 자율단계는 심층학습을 통해 스스로 학습, 예측, 판단을 수행

〈표 2〉 '관측-판단-결심-행동' 고리(OODA loop) 기준 자율단계 구분

구분	주요 내용	비고
자동화단계 (autonomous)	임무수행의 일정단계에서 인간이 개입 및 통제를 행사, 사람이 원격 조정하는 무인 무기, 인간이 교전결정	human-in-the-loop
반자율단계 (automated)	인간이 감독 역할을 수행하는 자율무기, 자율무기가 독립적으로 작동하나 기능 장애나 시스템 고장 등 잘못될 경우 인간이 개입 가능	human-on-the-loop
자율단계 (autonomous)	기계가 스스로 독립적으로 작동, 최종적인 감독 권한은 사람이 갖고 있지만 초기의 명령을 입력한 이후에는 사람의 항시 관여 불필요	human-out-of-the-loop

출처: Paul Scharre (2018), 김상배 (2019) p97에서 발췌하여 표로 정리



출처: Niklas Schörmig (2019)

〔그림 1〕 '관측-판단-결심-행동' 고리(OODA loop)와 인간개입 정도

- 인공지능, 로봇, 정보통신 기술이 결합하여 무인화, 자율화, 원격화 된 무기는 전쟁의 패러다임을 지능화전으로 변화시키고 기술 보유 여부에 따라 군사력의 승패를 좌우
 - 무기체계의 지능성, 정밀성이 향상되어 장거리 정밀타격이 가능하여 거리의 경쟁이 시간의 경쟁으로 전환(설인효, 2019)
 - ※ '누가 더 빨리 쏘는지가 승패를 결정하고, 최단시간 내 최소한의 타격으로 상대의 전쟁수행 능력을 제거하는 '마비전'의 작전개념이 부각
 - 비인간 행위자가 전쟁수행의 주력이 되는 사이버-키네틱 또는 로봇전쟁의 출현이 가능하여 전쟁 전술, 전략의 변화를 요구(김상배, 2019)
 - ※ 인간이 전장의 위험에 처하지 않고도 전쟁 수행이 가능하여 전쟁 개시는 용이하나 전쟁 종료는 어려운 상시 전쟁의 위험도 우려
 - 재래식 무기와 지능화기술 결합 시 테러, 범죄 집단의 원거리 정밀 공격이 가능하여 군사적 목적의 무분별한 기술 확산은 사회 혼란 야기 가능



출처: 한화디펜스 KISTEP 원내 세미나 발표 자료(2021)

[그림 2] 과학기술변화와 전쟁 패러다임의 변화

벌떼 드론 기술

- 드론은 항공, 인공지능, 정보통신, 소프트웨어 기술이 융합된 산업으로서 4차 산업혁명의 대표적인 분야로 지속 성장 전망
 - 개인 취미용에서 민간 부문의 감시, 측량, 배송, 농약 살포, 시설 안전진단과 군사 목적의 정찰, 공격, 수송 등의 수요로 발전 중
 - ※ 현재 육군 및 공군(중고도 정찰용)은 무인기를 운용 중이며 신속시범획득사업 등을 통해 무인기를 빠르게 획득하며 발빠른 대응 중
 - 민간 분야의 사물인터넷, 5G, 클라우드, 인공지능 등 선도적 기술과 드론의 기술 융합을 통해 다양한 용도의 드론 개발 전망
 - ※ 정보통신 기술발전과 비행제어컴퓨터, 항법장비, 배터리, 모터, 통신장비, 동력장치 등 드론 적용 주요 구성품의 발전에 따라 감시정찰, 정보수집, 통신 중계, 수송, 공격, 공중급유 등 다목적 및 다양한 드론 활용 확대 가능
- 벌떼 드론은 다수의 동종 또는 이종의 소형 드론으로 집단을 구성하여 상호 네트워크를 통한 정보 공유, 군집으로 상황 판단, 이동, 임무 수행 등을 할 수 있는 시스템
 - 소형, 경량, 저가 등의 특징이 있어 일반 드론 대비 경제성이 높고 다양한 임무의 복합 수행이 가능하여 자율 임무 능력 정도에 따라 높은 효과 기대 가능
 - 군집드론관련 기술로 자율이동을 위한 환경 및 표적 인식 기술, 드론 간 통신을 위한 네트워크 기술, 군집드론 운영을 위한 근접제어 기술, 상대항법 기술 등의 개선 필요
 - ※ 군집드론 기체관련 주요 구성품의 소형경량화, 저가화, 저전력 소모 기술 등의 개발도 필요
 - 군사적 목적으로 사용 시 작전 초기 인명피해를 최소화하고 다수의 드론이 동시에 여러 방향에서 표적을 공격하여 적의 대응이 어렵고 방어체계에 상당한 혼란을 야기
 - ※ '신의 방패' 이지스구축함도 벌떼 드론을 완벽히 막지 못하고 벌떼 드론 방어체계 구축 비용이 자폭 드론 비용 대비 막대함
- 벌떼 드론의 군사적 또는 테러 활용가능성이 높아짐에 따라 다수의 무인기를 효과적·효율적으로 방어할 수 있는 안티드론 기술개발 필요성 대두 및 기술 발전 중
 - ※ Epirus社(미국)는 2021년 4월 지향성 EMP무기인 Leonidas 테스트에서 상용드론 66개를 한 번에 모두 무력화 시키는 장면을 공개하는 등 벌떼 드론의 안티드론 기술개발도 활발

< (참고) 별떼 전술 개요 >

- 별떼 전술: 전투단위들이 하나의 대형을 이루기보다는 소규모로 분산되어 있다가 유사시에 이들을 통합해서 운용
 - 별처럼 엄청난 수의 무인병기 무리를 동원하면, 적의 방어능력에 과부하를 줄 수 있고, 과부하를 통해 적을 물리칠 수 있음
 - 제한된 성능을 보유한 다수의 병기들을 운용하며 개별 병기들은 기존 병기보다 열세이나 상호 커뮤니케이션이 가능한 개별 주체로 많은 수가 떼를 이루어 몰려다니면서 기존의 첨단병기보다 월등한 타격 성능 보임
 - 인공지능은 전장정보의 실시간 수집과 처리 및 활용을 바탕으로 타격대상을 식별하여 판단하고 공격하는 기능을 원활히 수행할 수 있게 함
 - 인공지능을 적용한 수많은 드론 떼가 각 전투 단위들의 데이터를 수집하여 다른 단위들과 공유하며 집합적으로 공격과 방어의 기동을 동시에 수행
 - 자율무기에 탑재된 알고리즘이 지휘통제 기능을 대체하고 새로운 전투조직 출현, 해외 군사기지의 필요성 사라질 수 있음

- 별떼 전술이 필요로 하는 핵심요소
 - (1) 작고 양적으로 많으며 분산되고 네트워크화된 병기 및 부대를 통해 작전을 운용
 - (2) 모든 종류의 전력에 대한 혼합 및 결합적 운용
 - (3) 근접 및 원격을 모두 포함하는 전투능력 구비
 - (4) 통합된 정찰 및 감시체계 구비
 - (5) 전력 및 화력의 지속적 동원 및 적에 대한 충격 부여
 - (6) 외관상 무정형으로 보이거나 잘 조율된 형태로 행해지는 전 방향으로부터의 공격
 - (7) 전략은 집중적으로 전술은 분산적으로 병참 및 부대편제는 광역적으로 배치 운용

* 출처: 이장욱(2020), 김상배(2019)에서 관련 내용 발췌 정리

(참고) 주요국 드론 기술동향

가 미국

- 세계 최고의 드론 기술과 실전 검증, 생산 기반을 보유하고 있으며 군용, 민간 포함 드론 전체 시장의 최대 수출국
- 각 군이 독자적 계획을 갖고 새로운 형태의 드론을* 지속 개발하고 유인기 임무의 무인기화 추진
 - * 항공모함 운용 드론(X-47B), 공중급유드론(MQ-25), 대형, 고중량 운반이 가능한 다수 소형 드론 등
- 다양한 임무(감시/정찰/수색, 수송, 화생방 탐지, 통신중계, 공격 등) 수행이 가능한 군집드론 체계 개발 및 드론 비용 저가화 주력
 - ※ 다수 드론 자율제어 및 협동작전, 50대 이상의 자폭드론(Coyote)의 군집 운용 및 표적 타격 기술 개발(LOCUST 프로그램), 전투기(F-18)에서 소형 드론(103개) 발사하는 군집운용 시험, 전투기와 드론(XQ-58, ATS)의 편대 운용 및 재사용 위한 회수 기술(랜딩 기어, 낙하산 등) 시험

나 중국

- 군용 드론은 미국 군용 드론 라인업*과 유사하게 개발 및 전력화 중이나 미국보다 먼저 군용 벌떼 드론이 실전배치될 가능성** 잠재
 - * 고고도/중고도/저고도, 대형/중형/소형, 공격/정찰/수송 등
 - ** 빅데이터 수집, AI의 군사적 활용 등 윤리적 제약에서 상대적으로 자유로움
 - ※ 미국 등의 기술을 모방(CETC사의 SW6의 형상과 운영개념은 미국 레이시온사의 Coyote를 모방)하는 한편, 빠른 시제품 출시를 통해 미국과의 격차를 줄이는 중
- 민간드론은 DJI사가 세계 시장의 70% 이상 점유

다 유럽연합(EU)

- 영국 공군과 Leonardo Electronics社가 협력하여 적 방공망을 무력화하기 위한 공격형 벌떼 드론개발 프로젝트 진행 중
- 프랑스 Icarus Swarm社는 상용드론과 거의 유사한 마이크로 드론을 활용한 프로젝트 진행 중

라 이스라엘

- 미국과 군용 드론 시장 양분(정찰, 공격 등 다양한 드론 보유, 중소형 드론 집중)
- 저비용/고효율의 실전 검증 드론 및 수출 실적 다수 보유

4 이슈 동향

뉴스 현황¹⁾

○ 최근 4년간 중앙지 및 경제지에서 언급된 자율무기관련 뉴스는 매년 1만 건을 넘어 관심이 높음

- '18년 10,056건, '19년 12,779건, '20년 11,015건, '21년 10,608건

※ 인공지능, 데이터 경제 발달에 따라 최근 관심이 높은 '디지털 격차'관련 뉴스는 해당기간 연평균 2,458건으로 자율무기관련 뉴스가 약 4.5배 많아 높은 관심을 보여줌

〈표 3〉 자율무기 관련 뉴스 건 수(2018~2021)

구 분	2018	2019	2020	2021 ²⁾	2021(E) ³⁾	연평균 증가율 (CAGR)
자율무기	10,056	12,779	11,015	7,072	10,608	1.8%

○ 인공지능(AI)이 주요 상위 키워드에 위치하여 인공지능기술 발달에 따른 무기체계 변화 관점에서 자율무기에 접근하는 높은 경향을 시사

- 무기체계 관련 주요 키워드로 드론, 군집비행, 리퍼, 비행기 등의 빈도가 높아 자율무기 중 드론, 별떼전략에 대한 관심이 큼을 보여줌

※ 상위 20위내의 키워드가 '18~'19년에는 자폭용, 드론, 로봇, 군집비행에서 '20~'21년 리퍼, 테라헤르츠, 비행기, 소총사격 등이 신규 추가 되는 등 높은 관심으로 키워드 유입이 많은 것으로 분석됨

- 웨리어플랫폼, 디지털 강군, 운용체계 발전, 미래전장과 방위사업청, 지상작전사령부, 육군, 해병대 등의 키워드는 우리나라 군대의 자율무기 추진관련 주요 방점 및 주요 수행 주체 등을 나타냄

※ 자율무기관련 민간 방위산업체 중에서는 '한화디펜스', 'LG넥스원'이 주요 키워드로 등장

1) 한국언론진흥재단의 빅카인즈(BIGKinds)를 활용하여 분석

2) 2021년 8월까지의(2021.01.01.~2021.08.31.) 뉴스 건 수

3) 2021(E)는 2021.01.01.~2021.08.31.의 데이터를 12개월로 환산한 추정치

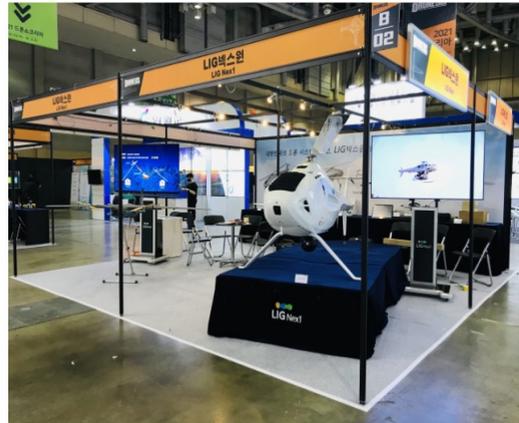
〈표 4〉 자율무기관련 뉴스 핵심키워드 상위 20위(2018~2021)

순위	2018~2019		2020~2021		
	키워드	가중치	키워드	가중치	순위 변화
1	한화시스템	9.34	AI	14.3	↑ 4
2	사령부	6	LIG넥스원	13.31	↑ 2
3	한화지상방산	5.52	한화디펜스	9.02	신규
4	LIG넥스원	4.47	방위사업청	8.28	신규
5	AI	4.19	LG전자	6.45	신규
6	상륙작전	3.75	방위산업체	5.14	신규
7	해병대	3.56	미래 전장	4.07	신규
8	자폭용	3.53	국방과학연구소	4.07	신규
9	국방부	3.33	가속화	3.68	신규
10	Drone	2.64	딥러닝	3.33	신규
11	방위산업전	2.57	언택트	3.2	신규
12	사단급 부대	2.57	현대전	2.61	신규
13	목표물	2.53	리퍼	2.57	신규
14	ICT	2.47	테라헤르츠	2.57	신규
15	Robot	2.47	비행기	2.31	신규
16	군집비행	2.4	포항공대	1.75	신규
17	산업통상자원부	2.31	소총사격	1.75	신규
18	LG유플러스	1.82	위리어플랫폼	1.71	신규
19	운영체계 발전	1.78	공동연구	1.71	신규
20	지상작전사령부	1.75	디지털 강군	1.71	신규

헤럴드경제

<신제품 신기술> LIG넥스원, 미래전장 누빌 '드론봇 전투체계' 공개

경제·경제일반 | IT·과학·오버일 | IT·과학·보안 2021.04.29 | 유재훈 기자



[헤럴드경제 유재훈 기자] LIG넥스원(대표 김지찬)이 우리 군이 중점적으로 추진 중인 '드론봇 전투체계'에 최적화된 통합솔루션을 공개했다.

LIG넥스원은 29일 부산 해운대 벵스코에서 열린 '2021 드론쇼 코리아(Drone Show Korea)'에서 국방과학연구소의 인공협력인공지능이 주도하는 인공기술협력사업으로 개발 중인 '다목적 무인탐지'와 신속시범회색사업으로 진행 중인 '소형 정찰·타격 복합형 드론'을 선보였다. 또 국가 주요 시설 보호를 위한 핵심 장비로 높은 관심을 받고 있는 '자량형 대드론방호시스템'도 눈길을 끌었다.

세계일보

軍, 지상작전사령부 사단에 '드론봇' 부대 편성·공군은 무인정찰비행대

정치·정치대 | 정치·북한 | IT·과학·오버일 2018.02.20 | 박태훈



육군은 1,3군 사령부를 통합해 운영하게 될 지상작전사령부 출범과 함께 사단급 부대까지 **드론봇(드론+로봇)** 부대를 신규 편성하기로 했다.

해군은 이지스 구축함을 주축으로 하는 기동전대, 광란은 **무인정찰기(UAV) 정찰비행대**를 각각 창설하기로 했다.

20일 국방부는 국회 국방위원회 보고를 통해 '국방개혁 2.0'의 핵심과제인 이런 내용의 부대구조 개편 계획을 추진 중이라고 말했다.

이에 따르면 육군은 강원도 원주의 1군사령부와 경기 용인의 3군사령부를 통합해 올해 창설하는 지상작전사령부에서 사단급 부대까지 제대별로 **드론봇 부대(드론봇 전투단)**를 신규 편성하기로 했다.

드론봇 전투단은 적 지도부, 탄도미사일, 장사정포 등 핵심표적을 감시하고, 필요시 **드론**을 활용해 타격함으로써 작전속표 달성에 기여할 수 있는 부대를 말한다.

드론봇 전투단은 **정찰·공격용 드론부대**와 **전투로봇 부대**로 편성될 것으로 알려졌다.

정찰용 드론부대는 이동 또는 은폐표적을 포함한 정밀표적을 탐지한 후 실시간으로 영상을 전송하게 된다. 이를 통해 적 핵심시설 및 대화적전 표적에 대한 첩보 수집, **전투피해 평가**를 지원할 수 있다.

[그림 3] 자율무기관련 뉴스 기사(사례)

해외 예측기관 보고서

- EU, 캐나다, 세계경제포럼 등의 보고서에서 무기분야 키워드를 분석한 결과 자율(autonomous), 인공지능(AI), 지능화(intelligence) 등이 상위 키워드를 차지
- 전통적인 전략무기인 핵(nuclear)이 상위 키워드에 여전히 위치해 있으나 자율, 인공지능, 지능화 등의 키워드가 최근 주요키워드로 상위 위치 차지
- 미중 간 인공지능 기반 무기 기술 경쟁, 인공지능의 민군 겸용 연구 동향, 자율살상 무기의 미래세대 위협 등을 주요 주제로 다루고 있음

〈표 5〉 해외 미래예측기관 보고서의 무기분야 관련 핵심키워드 상위 20개

순위	2018~2019		2020~2021		
	키워드	문장 수	키워드	문장 수	순위 변화
1	systems	31	develop	30	신규
2	nuclear	22	nuclear	26	-
3	power	21	conflict	26	↑ 1
4	conflict	18	war	26	↑ 15
5	autonomous	17	ai	23	↑ 10
6	military	13	race	20	↑ 16
7	control	11	forces	20	↑ 2
8	support	11	autonomous	20	↓ 3
9	forces	11	cyber	19	신규
10	nation	11	mass	17	↑ 7
11	environment	10	military	17	↓ 5
12	technology	9	risk	17	↑ 4
13	data	9	technologies	16	↑ 19
14	security	9	technology	16	↓ 2
15	ai	9	power	15	↓ 12
16	risk	9	increasing	14	신규
17	mass	9	data	14	↓ 4
18	analysis	9	security	14	↓ 4
19	war	9	intelligence	13	↑ 137
20	islamic	8	space	12	↑ 19

5 미래사회 시나리오

◆ 핵심주제 및 핵심의사결정 요소 정의

- 본 연구에서는 현재 연구개발, 실증 중인 자율무기(벌떼 드론)가 향후 2040년 무렵 우리 삶에 미치는 영향을 예측
 - (예측 시점) 2020~2040년(20년)
 - (예측 지역) 국내외
 - (대상 영역) 자율무기 중 벌떼 드론
- 핵심주제를 결정하기 위한 핵심의사결정요소를 STEEP(Social, Technology, Environment, Economy, Politics) 프레임으로 설정
 - ※ 2040년 자율무기인 벌떼 드론의 사용 확대에 영향을 주는 요인을 핵심의사결정요소로 설정, 즉 벌떼 드론 무기를 활용한 폭력행사의 수요와 공급에 영향을 미치는 요인

〈표 6〉 핵심의사결정요소 설정

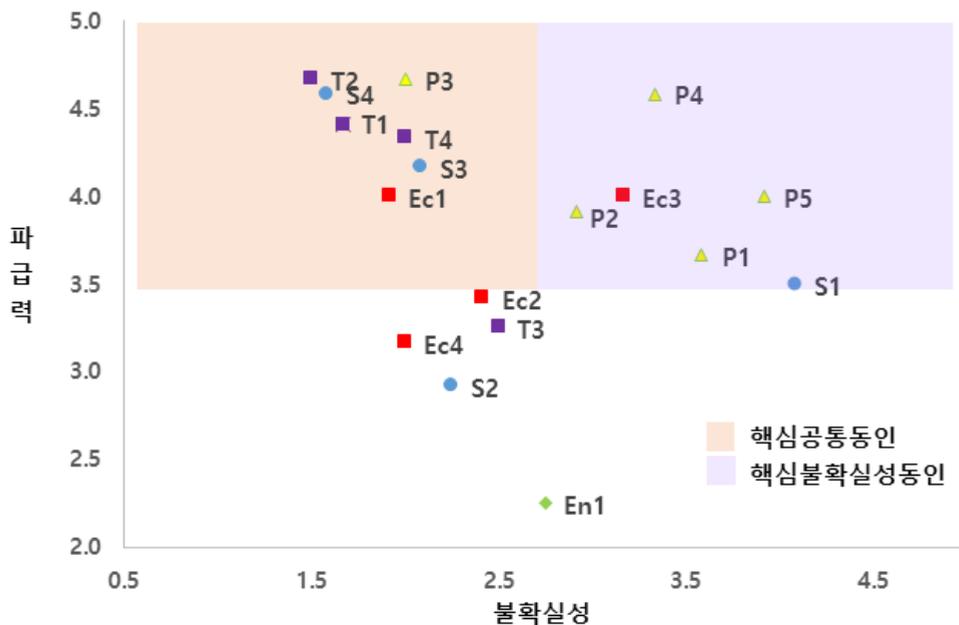
	주요 내용
(S) 사회	국민의 인식 ^{S1} , 사회양극화 ^{S2} , 정보화/글로벌화 ^{S3} , 인구구조 ^{S4}
(T) 기술	인공지능 기술개발 ^{T1} , 드론 기술개발 ^{T2} , 안티드론 기술개발 ^{T3} , 군집 기술개발 ^{T4}
(E) 환경	기후변화 위기 ^{En1}
(E) 경제	인공지능/드론 산업 ^{Ec1} , 방위산업 발달 ^{Ec2} , 범죄-테러 연계 사업화 ^{Ec3}
(P) 정치	국제규범 ^{P1} , 반대운동 ^{P2} , 군사패권경쟁 ^{P3} , 지역안보질서 ^{P4} , 정부통제권 ^{P5} , 정치적 양극화 ^{P6}

◆ 미래사회 변화동인 도출

- 문헌조사 및 전문가 의견수렴 등을 통해 도출된 핵심의사결정요소에 영향을 미치는 미래환경 변화동인은 총 18개이며, 해당 동인의 미래 변화방향은 다음과 같음
 - (사회 4개) 국민의 인식(호감/반감) 정도, 인구구조 변화에 따른 병력충원 여력 정도, 정보화/글로벌화 확대에 따른 무기 정보/유통 용이성 또는 확증편향 심화 및 폭력공동체 형성 정도, 사회양극화 심화에 따른 폭력행위 발생 정도

●○○ 미래 이슈 : 별떼 드론 자율무기가 초래할 미래 모습과 대응 방안

- (기술 4개) 인공지능 기술개발 정도, 드론 기술개발 정도, 안티드론 기술개발 정도, 군집 기술개발 정도
- (환경 1개) 기후변화 위기 심화 정도
 - ※ 기후변화 위기 심화 시 자연재난, 감염병 위기 등이 빈번하고 난민, 피해자가 확대되어 국제, 국내 갈등 악화 가능
- (경제 3개) 인공지능 및 드론산업 발달 정도, 군수 및 군사기업 등 방위산업 발달 정도, 범죄-테러 연계 및 사업 확대 정도*
 - * 테러세력, 조직범죄집단, 해커 등 비국가폭력행위자가 서로 결합하고 부의 축적수단으로 폭력행사 자체를 활용하는 정도
- (정치 6개) 국제규범 수립 정도, 반대운동 정도, 군사 패권경쟁 정도, 지역안보질서 불안정성 정도, 정부의 국민통제권 정도, 정치적 양극화 정도



[그림 4] 변화동인별 불확실성과 파급력

○ 각 변화동인이 핵심의사결정요소에 미치는 파급력과 불확실성을 평가한 결과 핵심공통동인과 핵심불확실성동인을 도출

※ 드론, 자율무기관련 기술, 정책 전문가에게 해당 동인의 파급력과 불확실성을 5점 척도로 의견조사 진행 (점수가 높을수록 파급력과 불확실성이 높음)

- 핵심공통동인은 높은 파급력을 가졌으나 미래 불확실성이 낮은 동인으로 (T2)드론 기술개발 정도, (S4)인구구조 변화에 따른 병력충원 여력 정도, (P3)군사 패권경쟁 정도가 선정
- 핵심불확실성동인은 불확실성과 파급력이 높은 동인으로 (P4)지역안보질서 불안정성 정도, (P5)정부의 국민통제권 정도, (Ec3)범죄-테러 연계 및 사업 확대 정도 등 선정

〈표 7〉 동인별 변화방향과 평가 결과 집계표

동인 도출 프레임	핵심동인 후보	변화 방향	파급력	불확실성
Social (S)	(S1) 자율무기에 대한 국민의 인식 변화	<p>자율무기에 대한 대중의 관심 확대 및 주요 사회 이슈로 부상 (살상 목적 자율무기의 도덕, 윤리, 법률적 문제에 대해 국민의 관심이 증가하고 자율무기 통제가 사회적 문제로 대두되어 반대 여론 확산)</p> <p>자율무기 문제에 대한 대중의 관심도 현 수준 유지 (국방경쟁 우위, 군사력 첨단화·효율화, 자율무기의 긍정적 효과(아군 인명피해 최소화 등)를 강조한 찬성 여론이 우세 또는 대등한 현 수준 유지)</p>	3.50	4.08
	(S2) 전 지구적 사회 양극화 정도	<p>전 지구적 사회 양극화 증가 (국제기구, 국가의 사회복지 여력이 축소되어 사회 양극화 증가하고 사회갈등 심화)</p> <p>전 지구적 사회 양극화 감소 (국제기구, 국가의 사회복지 노력이 강화되어 부의 배분이 보다 평등해지고 사회 양극화 및 사회갈등 감소)</p>	2.92	2.25
	(S3) 정보화, 글로벌화 확대 정도	<p>정보 취득·확산, 상호연결, 글로벌 이동 용이성 증가 (극단적 입장, 자율무기관련 정보유통 활성화, 확증편향 강화, 사이버 또는 실재에서 손쉽게 집단공동체 형성)</p> <p>정보 취득·확산, 상호연결, 글로벌 이동 용이성 제한적 (극단적 입장, 자율무기관련 정보유통 활성화 미약, 확증편향 완화, 사이버 또는 실재에서 제한적인 집단공동체 형성)</p>	4.17	2.08

●○○ 미래 이슈 : 별때 드론 자율무기가 초래할 미래 모습과 대응 방안

동인 도출 프레임	핵심동인 후보	변화 방향	파급력	불확실성
	(S4) 인구구조 변화에 따른 병력 충원 여력	<p>인구구조 변화로 충원 가능한 병력 인력풀 감소 (군사강국의 인구노령화와 청년인력 부족으로 자율무기에 대한 수요 증대)</p> <p>인구구조 변화하나 충원 가능한 병력 인력풀 유지/증가 (군사강국의 인구노령화 정도가 미약하고 이민 등 청년인력이 충분하여 자율무기에 대한 수요 제한적)</p>	4.58	1.58
Techno logy (T)	(T1) 인공지능 기술개발 정도	<p>인공지능 기술 급진적 발전 (상식 추론, 목표달성 계획 능력, 유관 HW/SW가 급격히 발달하여 자율능력 증대) ※ [참고: 인공지능 기술분야] 탐색, 계획, 지식표현/추론, 상식 추론, 기계학습, 도구(하드웨어/소프트웨어)</p> <p>인공지능 기술 제한적 발전 (식별, 기계학습 역량은 지속 발전하나 상식추론, 탐색/계획 역량은 발전이 미약하고 식별관련 인공지능의 고유한 오류가 미해결되어 자율능력 구현 제한적)</p>	4.42	1.67
	(T2) 드론 기술개발 정도	<p>드론 보급 대폭 확대 (소형화, 고도 상승, 체공능력 기술이 발전하고 군사 외 민간(농업, 배송, 교통, 경비)에서도 안정적으로 상용화)</p> <p>드론 보급 제한적 확대 (기술수준, 경제성 등의 문제로 드론 상용화 속도가 늦음)</p>	4.67	1.50
	(T3) 안티드론 기술개발 정도	<p>드론무기를 제어하는 완성도 높은 안티드론 기술개발 및 보급 대폭 확대 (드론무기를 효과적으로 제어하는 안티드론 기술의 완성도가 높아지고 전역에 보급되어 드론공격 차단)</p> <p>드론무기를 제어하는 안티드론 기술개발 및 보급 제한적 확대 (안티드론이 드론 대비 기술개발 속도가 빠르지 않고 품질, 비용이 미흡하여 보급도 제한적)</p>	3.25	2.50
	(T4) 군집 (Swarm) 기술개발 정도	<p>군집 자율무기 시스템/운용 기술 급진적 발전 (무인공격 무기를 다량으로 동시 운용하는 군집 운용 기술 발달 및 상용화)</p> <p>군집 자율무기 시스템/운용 기술 제한적 발전 (집합적으로 공격과 방어 기동을 동시에 수행하는 군집 운영 기술 개발 어려움)</p>	4.33	2.00

동인 도출 프레임	핵심동인 후보	변화 방향	파급력	불확실성
Environment (En)	(En1) 기후변화 위기 정도	<p>기후변화 위기 심화와 자연재난 악화 (기후변화 위기가 심화되어 자연재난, 감염병 발생이 빈번하여 난민, 피해자가 확대되고 국제 및 국내 갈등 심화)</p> <p>기후변화 위기 완화와 자연재난 감소 (기후변화 위기가 완화되어 자연재난 감염병 발생이 감소하여 난민, 피해자가 감소되고 국제 및 국내 갈등 완화)</p>	2.25	2.75
		<p>인공지능/드론 산업 확대 (인공지능, 드론 등 지능화, 자율화, 무인화 기능에 대한 수요 증가로 산업 성장 가속화 및 확대)</p> <p>인공지능/드론 산업 현 수준 유지 (인공지능, 드론의 기술결함 및 부작용이 부각되어 산업 성장 속도 둔화 및 현 수준 유지)</p>	4.00	1.92
Economy (Ec)	(Ec2) 방위산업 발달 정도	<p>방위 산업 확대 (군수기업, 군사기업(안보사영화) 성장으로 군사 분야 비즈니스가 확대되고 자율무기에 대한 수요, 보급도 증가)</p> <p>방위 산업 현 수준 유지 (군수기업, 군사기업(안보사영화) 비성장 등으로 군사분야 비즈니스 현수준 유지 축소되어 자율무기에 대한 수요, 보급 감소)</p>	3.42	2.42
	(Ec3) 범죄-테러 연계 및 사업 확대 정도	<p>범죄-테러 연계 강화 및 사업 확대 (경제적 이익 또는 자금조달 목적의 범죄-테러 비즈니스 확대로 자율무기에 대한 수요, 보급 증가)</p> <p>범죄-테러 연계 약화 및 사업 축소 (경제적 이익 또는 자금조달 목적의 범죄-테러 비즈니스 축소로 자율무기에 대한 수요, 보급 감소)</p>	4.00	3.17
Politics (P)	(P1) 국제규범 제정 정도	<p>자율살상무기를 제재하는 국제규범 강화 (국제사회(국가간)에서 자율살상무기 규제에 동의하고 사용, 확산에 엄격한 국제규범 적용)</p> <p>자율살상무기를 제재하는 국제규범 제정 및 도입 미약 (국제규범에 대해 논의는 지속되나 국제사회(국가간) 의견차로 합의안 제정 및 적용 되지 않음)</p>	3.17	2.00

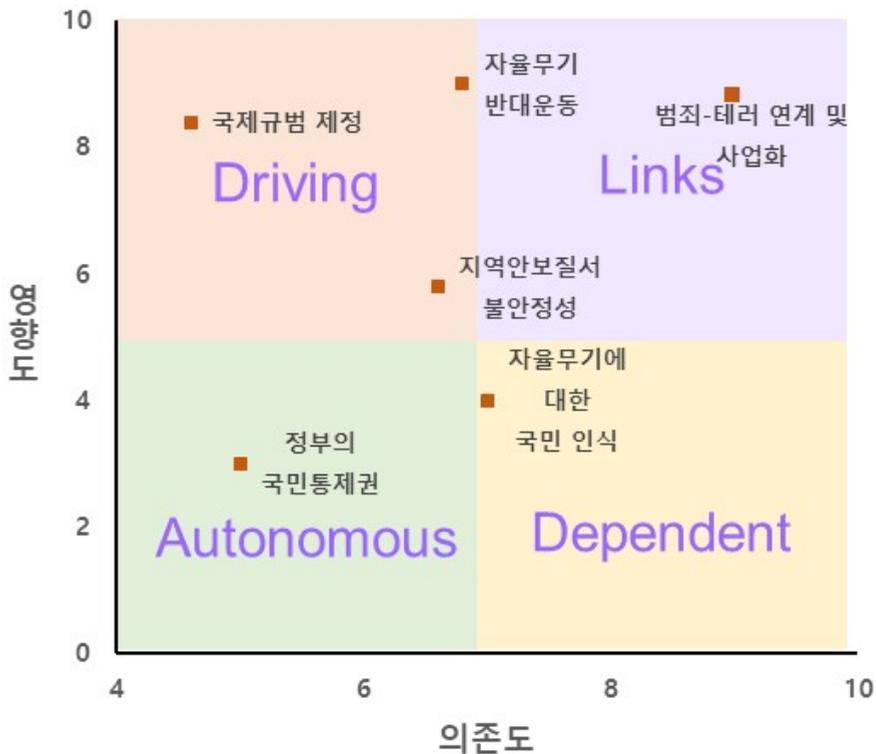
동인 도출 프레임	핵심동인 후보	변화 방향	파급력	불확실성
	(P2) 자율무기 반대 운동 정도	<p>자율살상무기에 대한 국내외 반대 운동 증대 (자율살상무기의 윤리, 도덕, 법률적 문제가 부각되고 전세계 및 국내에서 자율살상무기 반대 운동단체 결성 및 사용, 확산 반대 운동 증대)</p> <p>자율살상무기에 대한 국내외 반대 운동 현 수준 유지 또는 감소 (자율살상무기의 윤리, 도덕, 법률적 문제가 부각되지 않고 전세계 및 국내의 반대운동 단체 결성 및 반대 운동 현 수준 유지 또는 감소)</p>	3.67	3.58
	(P3) 군사 패권경쟁 정도	<p>국제 군사 패권경쟁 심화 (군사 강대국간 글로벌 패권경쟁이 심화되고 자율무기 개발, 보급, 실전배치 경향 강화)</p> <p>국제 군사 패권경쟁 완화 (군사 강대국간 공존을 위해 패권경쟁 보다 협력이 강조되고 자율무기 개발, 보급, 실전배치 경향 완화)</p>	3.92	2.92
	(P4) 지역안보 질서의 불안정성 정도	<p>지역안보질서의 불안정성 심화 (지역, 국내 분쟁 발생 증가, 강대국의 지역 통제권 약화, 국가들의 군비증가 등 자체 군사력 강화로 지역안보 불안정성 심화)</p> <p>지역안보질서의 불안정성 완화 (지역, 국내 분쟁 발생 감소, 강대국이 지역 통제권 유지, 국가들의 자체 군사력 현상유지로 지역안보 불안정성 완화)</p>	4.67	2.00
	(P5) 국민에 대한 정부통제권 정도	<p>국민에 대한 정부통제권 약화 (정보 생산·유통 경로 다양화, 비국가 폭력행위자(군사기업, 무장조직, 범죄집단, 테러조직)에 대한 통제능력 약화로 자율무기 유통 및 폭력행위 발생 가능성 확대)</p> <p>국민에 대한 정부통제권 유지 및 강화 (비국가 폭력행위자(군사기업, 무장조직, 범죄집단, 테러조직)에 대한 통제능력 현상 유지 및 강화로 자율무기 유통 및 폭력행위 발생 가능성 감소)</p>	4.58	3.33
	(P6) 극단주의, 정치적 양극화 심화 정도	<p>종교적, 이념적, 정치적 극단주의 증대 (정치적, 종교적 극단화 심화되고 갈등해소의 수단으로 폭력을 고려하는 행위자 증가)</p> <p>종교적, 이념적, 정치적 갈등 제한적 (정치사회적 의사소통이 원활하고 종교간 공존의식 강화되어 지엽적 갈등이 있으나 대체로 평화롭게 해결)</p>	4.00	3.92

◆ 핵심불확실성동인 특성 분석

○ 핵심불확실성동인 간의 연관성(영향 및 의존관계)을 살펴본 결과, 미래시나리오를 결정하는 기준이 되는 핵심불확실성동인은 (P1)국제규범 제정, (P2)자율무기 반대운동, (P4)지역안보질서의 불안정성, (Ec3)범죄-테러 연계 및 사업 확대임

※ 드론, 자율무기관련 기술, 정책 전문가에게 해당 동인의 영향 및 의존관계를 각각 3점 척도(±양방향)로 의견조사하고 합산하여 최종 영향도 및 의존도 값 산출

- 미래시나리오를 결정하는 드라이빙(Driving) 핵심불확실성동인은 자율무기에 대한 전세계 국가의 규제 합의와 이를 통한 (P1)국제규범 제정, (P2)자율무기 반대운동, (P4)지역안보질서의 불안정성 임
- 의존도와 영향도가 높으며 상호 연결성이 높은 링크(Links) 핵심불확실성동인은 (Ec3)범죄-테러 연계 및 사업화임

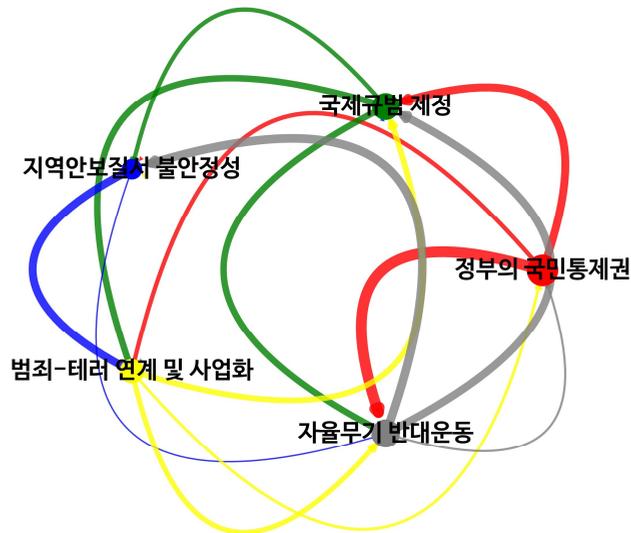


[그림 5] 핵심불확실성동인의 의존도 및 영향도

〈표 8〉 동인 특성

	주요 내용
Driving	시스템의 상태를 결정하는 결정적인 동인
Links	시스템에 의존도 및 영향도가 모두 높은 동인 (Driving 동인과 Dependent 동인의 연결고리)
Dependent	Driving 동인에 의존적인 동인
Autonomous	시스템과 많은 관계를 갖지 않는 동인

- 핵심불확실성동인들이 전체 네트워크를 구성하고 있으나 동인 간 상호 관계에 따라 방향성 존재
 - 국제규범 제정은 자율무기 반대운동, 범죄-테러 연계 및 사업화, 지역안보질서 불안정성 등 타 핵심불확실성동인에 영향을 주고 있음
 - 정부의 국민통제권은 자율무기 반대운동, 국제규범 제정, 범죄-테러 연계 및 사업화에 영향을 주고 있음
 - 자율무기 반대운동도 국제규범 제정, 지역안보질서 불안정성에 영향을 주고 있음



[그림 6] 핵심불확실성동인의 네트워크⁴⁾

4) 화살표의 두께가 두꺼울수록 강도가 강함

◆ 2040 미래 시나리오

○ 핵심공통동인과 핵심불확실성동인 간 미래 변화방향에 대한 64개 시나리오 중 논리구조가 약하거나 유사 시나리오는 통합하여 최종 3가지 시나리오 선정

불안정한 균형: 현재 삶 유지 (높은 갈등, 높은 통제력)				
시나리오 I	공통동인		핵심불확실성동인	
	동인명	변화방향	동인명	변화방향
1	드론 기술개발	드론 보급 대폭 확대	지역안보질서 불안정성	지역안보질서의 불안정성 완화
2	인구구조 변화	충원 가능한 병력 인력풀 감소	정부의 국민통제권	국민에 대한 정부통제권 약화
3	군사 패권경쟁	국제 군사 패권경쟁 심화	범죄-테러 연계 및 사업 확대 정도	범죄-테러 연계 강화 및 사업 축소
4	인공지능 기술개발	인공지능 기술 급진적 발전	국제규범 제정	국제규범 제정 및 도입 미약
5	군집(Swarm) 기술개발	군집 자율무기 시스템/운용 기술 급진적 발전	자율무기 반대운동	자율살상무기에 대한 국내외 반대운동 증대

2040년 세계는 드론, 인공지능 기술의 급격한 발전에 따라 드론 및 벌떼 드론 공격 역량은 크게 향상되었으나 지역안보질서의 불안정성이 높지 않고 범죄, 테러 집단에 대한 통제가 효과적으로 이루어진다. 이에 따라 역량 있는 군사강대국만 일부 전술적 목적으로 벌떼 드론 자율무기를 사용한다. 인공지능과 벌떼 드론 기술에 대한 접근성은 높아졌으나 안티드론 기술개발, 군사적 목적의 사용규제 등이 원활하게 이루어져 일상의 갈등을 벌떼 드론 자율무기라는 강력한 무력을 활용해 해결하려는 시도는 만연하지 않았다.

드론기술의 발달로 체공력, 고고도 유지, 소형경량화가 향상되었다. 드론 수요는 도입 초기 얼리어답터들의 개인 취미용에 국한되었으나 점점 확대되어 민간 부문의 감시(촬영), 측량, 배송, 농약 살포, 시설 안전진단 수요로 발전하였고 육/해/공군의 군사부문에서도 감시/정찰, 공격, 수송 등의 수요로 발전하였다.

군사강대국의 노령화로 충원 가능한 인력풀이 감소하고 군인 등 인명피해에 대한 부정적인 국민 여론도 강해 군사력의 무인화도 지속 추진되었다. 별떼 드론 기술은 항공기, 정보통신, 소프트웨어, 인공지능 등이 융합되는 기술로 관련 기술을 보유한 국가를 중심으로 기술혁신이 이루어졌다. 위 기술들은 특정 목적에 국한된 기술이 아닌 군사, 민간 양쪽에서 모두 활용하는 기반기술로 군사에서 민간으로 스핀오프뿐만 아니라 민간에서 군사로 스핀온도 활발하다. 이에 따라 테러, 범죄 집단에서 민간 부문에 적용된 드론, 인공지능, 정보통신, 소프트웨어 기술을 군사적 목적으로 변형하여 활용하려는 노력이 지속되고 있다. 그러나 탐지식별, 제압 등 효과적인 안티드론 기술의 개발과 통신/보안장비, 지상통제 장비 등 별떼 드론운동을 위한 핵심 기술이 적절히 규제되고 성공적으로 유통이 제한되어 국가가 아닌 폭력행위 집단이 별떼 드론 같은 첨단 기술을 사용하는 데는 한계가 있다. 군사강대국과 비국가 폭력집단간의 드론무기 역량 격차가 더욱 확대되어 비국가 폭력집단의 드론무기 사용 시 군사강대국의 추적 및 응징이 즉각적으로 실행되어 보복의 두려움 때문에도 비국가 폭력집단이 드론 자율무기를 무작정 사용하는 것은 어렵다.

군사강대국 측면에서 별떼 드론 기술은 국가 간 군사경쟁을 더욱 가속화하였다. 별떼 드론 발전과 전략 운용으로 기존 핵무기 등 전략무기를 무력화하여 상대방에게 심각한 타격을 주는 것이 가능하게 되었다. 특히, 속도전, 마비전이 중심이 되는 추세에서 인공지능, 네트워크 기술로 인해 핵심 기능 실현이 가능하였다. 인공지능을 적용한 수많은 드론 떼가 각 전투단위들의 데이터를 수집하여 다른 단위들과 공유하며 집합적으로 공격과 방어의 기동을 동시에 수행하게 되었다(김상배(2019)). 이에 따라 자율무기에 탑재된 알고리즘이 지휘통제 기능을 대체하였고 군사강국의 새로운 전투조직 출현은 해외 군사기지의 필요성을 사라지게 하면서(김상배(2019)) 비용절감, 인력절감, 인력손실을 최소화하는 장점을 발휘한다. 군사강국은 해외 주둔에 따른 타 국가와의 갈등과 군인사망에 따른 국내 전쟁수행 반대 여론에 직면할 가능성도 낮아졌다.

중국은 지속적인 경제성장으로 세계 경제에서 차지하는 비중이 가장 크나 경제 규모 외에 군사, 외교, 금융 측면에서는 미국을 따라 잡지는 못했다. 단독 유일의 세계 패권국가 부재한 상황에서 미국과 중국 간의 세계 패권 경쟁은 여전하다. 별떼 드론 기술 및 전략에서도 두 국가 간 우위를 선점하기 위한 경쟁이 치열하다. 국제적으로 어떤 한 국가가 군사적 우위를 독점하지 못하는 상황에서

군사적 긴장은 높으나 상호 극단적 결과 발생을 경계 한다. 이에 따라 군비경쟁 상황에서도 실제 충돌은 발생하지 않는 불안정한 균형 상태가 유지된다.

두 강대국이 상대방의 동맹으로부터 포위되는 것을 회피하고 전 세계로의 진출 교두보를 확보하기 위해 동맹국 및 관련 지역에서 영향력을 유지하고자 노력한다. 이에 따라 지역 분쟁에 적극적으로 개입하는 세계 경찰 역할을 충실히 수행하여 지역안보의 불안정성도 감소하였다.

인터넷과 데이터 경제의 발달로 소셜네트워크서비스를 활용한 의사소통과 개인 맞춤형 서비스가 지속적으로 발달하였다. 취미, 정치적 입장 등 공통의 관심사를 가진 집단의 결속이 쉬워지고 자기 신념에 맞는 정보만 접하게 되는 탈진실 또는 정보버블 현상이 가속화된다. 이에 따라 사회의제를 결정하고 여론을 주도하는 정부의 역할이 약화되었다. 반면 국민 개개인의 정보가 데이터화 되어 항상 기록됨에 따라 신원을 추적하는 것은 더 쉬워지기도 하였다. 그러나 강화된 개인 정보보호제도로 정부가 실제 국민의 정보를 임의로 열람하는 것은 불가능하게 되었다. 결론적으로 정부의 국민통제권은 약화되었다. 그러나 정부가 국민의 활동을 체계적으로 관리하는 시스템은 더 개선되어 정부의 통제영역 바깥에서 테러, 범죄를 수행하는 폭력집단이 활동할 가능성은 낮아졌다.

무인화, 자율화에 기반 한 별떼 드론 기술을 보유한 강대국은 보다 적은 인력과 운영비용으로 더 강력한 군사력 행사가 가능하게 되었다. 별떼 드론 기술을 보유하지 못한 후발국과 군사력 격차가 더욱 커졌다. 무인화, 자율화된 전투수행으로 직접 전투현장에 참여하는 인력이 줄어들고 원거리 비공개 상황에서 전투를 통제하여 자국의 인명과 보복공격에 따른 손실을 극소화 하였다. 그러나 자율화된 기계에 살상의 권한을 부여함에 따라 살상을 극대화하는 알고리즘이 초래할 수 있는 인류공멸의 위험과 알고리즘 오류에 따른 민간인 살상 사례는 국제법 위반 및 윤리적 문제를 제기하였다. 별떼 드론 기술을 보유하지 못한 군사 약소국과 반자율살상무기 운동가들을 중심으로 국제규범 제정 및 자율무기 반대운동이 추진되었다. 그러나 UN 상임이사국인 별떼 드론 기술 보유 군사강국의 반대와 별떼 드론 기술 비보유 국가 간의 입장 차이로 국제규범 제정은 지지부진 하였다. 국제법 및 윤리 문제를 지적하는 반대운동은 확장되었으나 자국의 군인 피해가 줄어든 상황에서 별떼 드론을 주도하는 군사강대국의 일반 국민 내에서 자율무기에 대한 반대 여론이 찬성 여론을 압도하지는 못한다.

일부 강대국만이 별떼 드론 기술을 보유하고 폭력집단 및 일반국민들의 본 기

●○○ 미래 이슈 : 벌떼 드론 자율무기가 초래할 미래 모습과 대응 방안

술에 대한 접근이 적절히 통제되어 벌떼 드론 기술이 무차별 대량살상에 악용되지는 않는다. 그러나 벌떼 드론의 기반인 핵심 기술은 민군겸용으로 민간에서도 일반적으로 활용되는 기술이고 SW, IT기술은 복제가 쉬워 언제든지 누설, 전파될 위험성이 높다. 드론, 벌떼 전략의 빠른 기술개발 속도에 맞춰 안티드론, 보안 기술이 적절한 시기에 개발되어 벌떼 드론 기술의 통제가 가능하였다. 그러나 안티드론, 보안기술의 개발 속도가 조금이라도 뒤쳐질 경우 벌떼 드론 기술의 확산과 가공할 무력행사에 대한 통제가 불가능할 수 있어 불안정한 균형을 유지하고 있는 상태이다.

시나리오 II	폭력이 만연한 세계 (높은 갈등, 낮은 통제력)			
	공동동인		핵심불확실성동인	
	동인명	변화방향	동인명	변화방향
1	드론 기술개발	드론 보급 대폭 확대	지역안보질서 불안정성	지역안보질서의 불안정성 심화
2	인구구조 변화	충원 가능한 병력 인력풀 감소	정부의 국민통제권	국민에 대한 정부통제권 약화
3	군사 패권경쟁	국제 군사 패권경쟁 심화	범죄-테러 연계 및 사업 확대 정도	범죄-테러 연계 강화 및 사업 확대
4	인공지능 기술개발	인공지능 기술 급진적 발전	국제규범 제정	국제규범 제정 및 도입 미약
5	군집(Swarm) 기술개발	군집 자율무기 시스템/운용 기술 급진적 발전	자율무기 반대운동	자율살상무기에 대한 국내외 반대운동 약화

2040년 세계는 드론, 인공지능 기술의 급격한 발전에 따라 드론 및 벌떼 드론 공격 역량은 크게 향상되었으나 지역안보질서의 불안정성이 높아지고 범죄, 테러 집단의 활동이 활발하고 통제도 어렵다. 자율무기에 대한 국제규범 제정도 부진하고 반대운동도 미약한 가운데 군사강대국이 고도화된 벌떼 드론 자율무기 기술을 개발하고 운영하나 인공지능, 드론, IT기술이 보편화되어 일반 국가 및 전문가들도 자체개발할 수 있을 정도로 접근이 용이하게 되었다. 드론, 인공지능, IT

기술의 활발한 민간 활용과 복제가 용이한 알고리즘 특성으로 인해 안티드론 기술 개발, 군사적 목적의 사용규제 등이 적절하게 이뤄지지 못했다. 이에 따라 테러, 범죄 집단이 재래식 무기와 결합한 별떼 드론 자율무기를 정치적, 경제적 목적을 위해 일상적으로 활용함에 따라 가공할 폭력 행사가 빈번하다. 집단 간 갈등으로 무력을 사용한 문제해결 시도가 늘어나고 무력 사용이 집단 갈등을 유발하는 악순환이 가중된다.

경량화, 대형화, 고고도화, 장기체공, 군집비행 등 드론기술이 발달되어 민간부문 외에 군사부문의 활용도 확대되었다. 군사 강대국의 모병제 확산과 육체노동에 대한 기피 성향이 증가하여 군대의 무인화, 자율화 추세는 지속되었다.

미국과 중국 간 세계 제 1위 국가 지위를 차지하기 위한 경쟁이 치열한 가운데 군사, 기술패권을 향한 각국의 노력은 계속된다. 별떼 드론 기술은 민간에서도 상용화된 기술로 저비용으로 상대방의 군사력에 심각한 타격을 줄 수 있어 미국, 중국 등 세계 패권을 노리는 국가 및 일정 수준 이상의 기술력을 보유한 다수의 국가가 치열한 기술개발 경쟁에 참여하였다.

다수 국가의 기술개발 경쟁에 따라 국가가 주도하는 국방기술이 민간 및 테러/범죄 집단으로 유출될 수 있는 경로가 늘어났다. 또한 글로벌화로 인해 사람들의 전세계적인 이동이 더욱 활발하고 커뮤니케이션 방법도 다양화됨에 따라 기술의 확산속도는 더욱 빨라졌다. 반면에 기술의 확산, 유출을 방지하는 절차마련과 기술개발은 더욱 복잡하고 어려워졌다.

소셜네트워크서비스, 개인맞춤형 콘텐츠 기술이 더욱 심화되어 정보생산, 유통도 개인화, 소규모 집단화가 활발하였다. 이에 따라 사람들이 자기가 믿고 싶은 것을 진실이라고 여기는 자기 확신 편향이 강화되고 정치적 견해의 양극화와 사회통합이 시급히 해결해야할 주요 사회문제가 되었다.

중동, 아프리카, 아시아 내에 민족분쟁, 종교 갈등이 심화되어 지역 내 혼란과 폭력을 활용한 문제해결 시도가 빈번하게 되었다. 미국, 중국 등 세계 패권을 노리는 군사강국도 우선 해결해야 하는 국내 문제와 재정여력의 한계로 선택적으로 지역문제에 개입한다. 또한 국가 간의 갈등을 해결하는 국제기구의 역할도 한계가 있다. 이에 따라 분쟁의 소지가 있는 국가들은 자체적인 국방 역량을 강화해야 할 필요성이 높아지고 지역분쟁은 더욱 빈번하게 되는 악순환이 발생한다.

테러, 범죄 집단은 정치적 목적 외에 자금마련 등 경제적 이익을 위해 국가기반시설을 공격하는 경우도 빈번하다. 즉, 전기, 수도, 가스, 통신 등 인프라를 별떼 드론, 해킹

등으로 공격하고 위협하여 몸값(ransom)을 받아내는 것이 주요 사업 모델이 되었다.

별떼 드론 기술이 보편화되어 일반국민 사이에서도 활용이 가능하게 되었다. 과거 단순 증오 범죄에 사용된 총기 문제가 이슈였다면 별떼 드론을 활용한 무차별 공격이 주요 사회문제로 대두되었다. 별떼 드론을 활용하여 학교, 공연장 등 대규모 군중이 모인 장소에서 무차별 공격이 시행되거나 SNS를 통한 특정 집단, 인물을 사전 표적으로 설정한 후 대량 살상하는 사건이 발생하였기 때문이다.

별떼 드론 등 자율무기를 활용한 살상 능력은 군사 강국과 빈국간의 군사력 양극화를 더욱 심화시켰다. 또한 국제법을 위반하는 사례가 다수 발생하여 자율살상무기에 대한 UN등 국제기구차원에서 국제규범을 제정하려는 시도가 더욱 늘어났다. 그러나 군사강국과 빈국간의 입장차가 현격하여 살상목적의 자율무기를 통제하는 국제규범은 제정되지 않고 계속 난항을 거듭한다.

별떼 드론 등 자율살상 무기 사용이 빈번함에 따라 반대하는 운동가 집단도 증가하고 반대운동도 확대되었으나 일반국민들 사이의 반대여론 확산과 국가의 궁극적인 자율살상무기 포기로 귀결되기에는 한계가 있다. 다수의 국가가 자율살상무기를 보유중인 상황에서 대다수 국민은 생존과 안전보장을 위해 자국의 자율무기 보유를 찬성하기 때문이다.

다수 국가가 별떼 드론 기술을 보유하고 폭력집단 및 일반국민들도 본 기술에 대한 접근이 가능하게 되어 별떼 드론 기술이 무차별 대량살상에 악용되는 경우가 빈번하다. 이에 따라 자율살상무기를 규제하는 국제규범 제정 움직임이 UN 등 국제기구를 중심으로 있으나 기술우위를 바탕으로 보다 선도적인 군사력 확보가 가능한 군사 강국의 반대가 강하고 모든 국가가 동시에 별떼 드론 기술을 포기하지 않는 한 해당 기술을 포기한 국가만 심각한 안보 위협에 처하는 죄수의 딜레마 상황으로 인해 국제규범 제정은 계속 난항을 거듭한다. 별떼 드론 등 자율살상 무기의 오용과 남용으로 자율살상무기를 반대하는 집단의 결속력은 높아지나 생존과 안보의 관점에서 자국의 자율살상무기 보유를 찬성하는 일반 국민들까지 반대 입장이 확고해지는 데는 한계가 있다. 별떼 드론이라는 가공할 파괴력과 자율성을 보유한 무기를 테러/범죄 집단과 일반인도 사용하는 경우가 빈번한 가운데 해당 기술을 통제하는 기술, 규범, 반대운동의 영향력은 크지 않아 과도한 폭력행위가 만연한 미래의 모습을 보여준다.

시나리오 III	평화로운 세계 (낮은 갈등, 높은 통제력)			
구분	공동동인		핵심불확실성동인	
	동인명	변화방향	동인명	변화방향
1	드론 기술개발	드론 보급 대폭 확대	지역안보질서 불안정성	지역안보질서의 불안정성 완화
2	인구구조 변화	충원 가능한 병력 인력풀 감소	정부의 국민통제권	국민에 대한 정부통제권 유지
3	군사 패권경쟁	국제 군사 패권경쟁 약화	범죄-테러 연계 및 사업 확대 정도	범죄-테러 연계 강화 및 사업 축소
4	인공지능 기술개발	인공지능 기술 급진적 발전	국제규범 제정	국제규범 제정 및 도입 활발
5	군집(Swarm) 기술개발	군집 자율무기 시스템/운용 기술 급진적 발전	자율무기 반대운동	자율살상무기에 대한 국내외 반대운동 강화

2040년 세계는 드론, 인공지능 기술의 급격한 발전에 따라 드론 및 벌떼 드론 공격 역량은 크게 향상되었으나 지역안보질서의 불안정성이 높지 않고 범죄, 테러 집단에 대한 통제가 효과적으로 이루어진다. 소셜네트워크, 개인맞춤형 서비스가 발달되었으나 시민사회가 성숙하여 가짜뉴스, 자기편향에 빠지는 문제를 해결하였다. 또한 기후위기, 재난을 정부, 국제사회 협력을 통해 성공적으로 극복하여 정부에 대한 신뢰가 높아졌고 사회적 양극화도 심화되지 않았다. 이에 따라 국민사이의 정치적 양극화가 심하지 않고 정부의 사회의제 설정과 여론을 리드하는 역량도 우수하여 사회통합이 원활하다. 세계는 미국, 중국, EU 등 3개 권역이 경제적으로 균형을 유지하는 가운데 벌떼 드론 등 자율살상무기관련 군사패권 경쟁은 최악을 향한 경쟁임을 깨닫고 국제기구를 통한 국제규범이 제정되고 안정적인 통제가 이루어진다. 인공지능, 드론기술 발전은 민간영역의 다양한 분야에서 평화롭게 사용되며 사람들의 생활편의를 향상시킨다.

경량화, 대형화, 고고도화, 장기체공, 군집비행 등 드론기술이 발달되어 민간부문 외에 군사부문에서도 활용이 확대되었다. 군사 강대국의 모병제 확산과 육체노동에 대한 기피 성향이 증가하여 군대의 무인화, 자율화 추세는 지속되었다.

미국, 중국은 패권 경쟁으로 모두 치명적인 경제적 손실을 입은 후 이미 글로벌화 한 세계경제에서 상호 협력과 분업만이 세계경제 혼란 없이 상호 생존을 보장하는 유일한 방법임을 깨닫게 되었다. 이에 따라 WTO에서 제정한 국제통상규범 준수를 우선하며 규범에 대한 상호감시와 시장경쟁을 추진하는 체계로 안정화 된다. 미중의 패권경쟁에 따른 양국의 경제규모 축소로 세계 경제는 미국, 중국, EU 3개 경제권이 삼각 균형을 유지하는 가운데 동아시아, 중동아프리카 등 지역 경제권도 협력이 강화되었다. 지역 경제권을 중심으로 국가 간 협력이 강화되며 지역 내 경제적 불평등 문제를 적극적으로 해결하여 경제, 사회적 양극화가 심화되지 않고 지역안보질서도 안정화 된다.

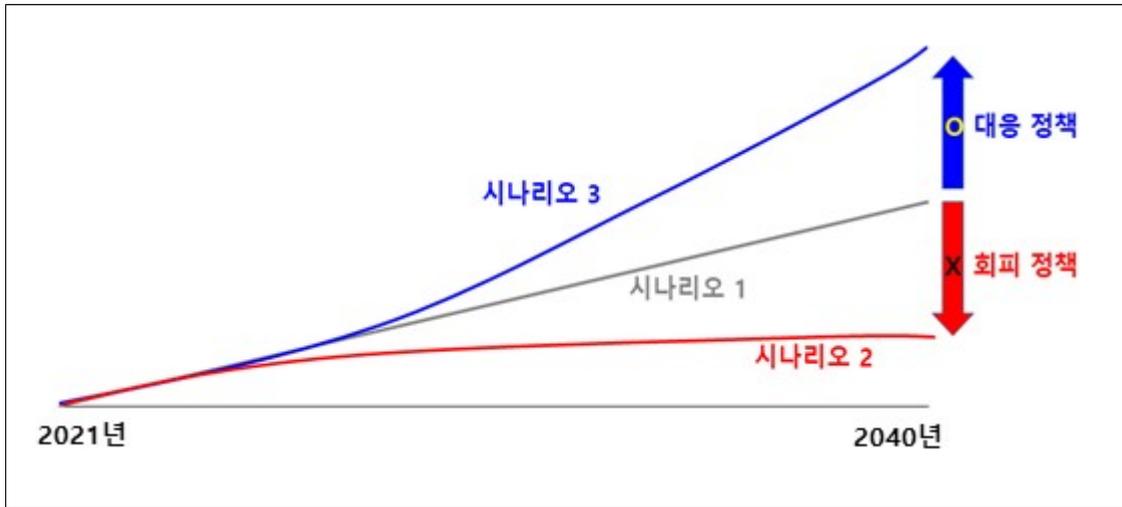
군사강대국의 노령화로 충원 가능한 인력풀이 감소하고 군인 등 인명피해에 대한 부정적인 내부 여론도 높아져 군사 무기의 무인화, 자율화는 끊임없이 진행되었다. 그러나 자율살상무기의 오폭, 오류로 인한 국제법 위반, 윤리 문제가 심각하게 제기되고 자율살상무기 반대 운동이 국제여론을 주도하게 되었다. 또한, 별떼 드론 등 자율무기를 보유하지 않거나 기술력이 부족한 국가들을 중심으로 자율무기 규제 목소리가 높아지면서 국제기구인 UN에서 자율살상무기를 규제하는 국제규범이 제정되었다. 국제규범을 통한 국가 간 상호감시로 별떼 드론 자율무기 사용이 통제되며 자율무기 활용은 감시, 정찰, 보급 등의 군사 임무에 한정되었다.

드론, 인공지능, 군집 기술이 급격히 발달하였으나 안티드론, 정보통신 기술도 빠른 속도로 발달하여 별떼 드론 등 자율무기의 테러, 범죄 집단의 확보 및 활용이 어렵고 적절하게 통제된다.

인터넷과 데이터 경제의 발달로 SNS에 의한 의사소통과 개인맞춤형 콘텐츠가 지속적으로 발달하였다. 자기신념에 맞는 정보만 취사선택하고 진실로 판단하는 자기편향의 심화와 정치적 양극화가 사회문제로 대두되었다. 그러나 소셜네트워크 서비스 등 새로운 미디어의 공공성과 책무성이 강조되어 시민사회와 공론의장에서 가짜뉴스의 진위가 적절하게 가려진다. 이에 따라 미디어를 통해 정부가 사회의제를 설정하고 여론을 리드하는 역량도 크게 훼손되지 않아 정부는 사회통합 등 공공의 이익을 위해 국민 내 협력을 도모하는 조정자 역할을 효과적으로 수행할 수 있다. 한편 기후위기, 자연재난 등 인류공동의 문제를 정부 및 국제사회 주도로 성공적으로 해결하여 재난에 따른 사회 양극화와 갈등을 사전에 방지하고 정부에 대한 국민 신뢰를 돈독하게 하였다.

◆ 정책 과제

- 별때 드론 통제 약화로 야기될 수 있는 ‘폭력이 만연한 세계’(시나리오 1→2)를 회피하기 위한 정책과 ‘평화로운 세계’를 지향(시나리오 1→3)하기 위한 정책 과제 도출



정책 과제명	주요 내용	정책 유형	
		회피	대응
별때 드론 기술의 민간 이용 관리 방안 수립	현재 별때 드론 기술에 대한 민간 부문의 접근과 군사적 이용을 방지하는 정책은 시급성과 우선순위가 낮음. 자율살상무기의 무차별적 확산과 대량살상 사건의 빈번한 발생을 방지하기 위해 민간이용 통제정책 마련 필요. 민간부문의 별때 드론 기술 이용을 평화적 목적에 한정하고 군사적, 폭력적 목적의 활용 및 기술 확산을 방지할 수 있는 방안 수립 필요	O	
인공지능 기술의 완성도 제고 및 안정화 지원	군사적 목적의 인공지능 활용은 인명과 직접 연관되어 무오류, 안정적 기능 실현이 중요하나 현재 인공지능은 알고리즘 또는 데이터에 기인한 오류가 존재하여 해결 필요. 또한 실제 현장에서 충실하게 기능하는지 실증을 통해 안정성을 확보할 수 있도록 정책적 지원 필요	O	
안티드론 기술 개발 강화	별때 드론 자율무기를 활용하는 적 또는 폭력집단의 공격에 대응할 수 있는 방어기술 확보 및 방어체계 마련 필요. 피해가 클 수 있는 국가중요시설, 인구밀집지역에 대한 방어 강화 방안도 마련 필요	O	

●○○ 미래 이슈 : 별떼 드론 자율무기가 초래할 미래 모습과 대응 방안

정책 과제명	주요 내용	정책 유형	
		회피	대응
민군겸용 기술의 협력 강화	인공지능, 정보통신, 드론 등 민군겸용으로 활용 가능한 기반기술의 경우 효과적인 개발과 남용 방지를 위해 연구자, 정책전문가 간 협력 필요. 인공지능 시스템의 안정적 운용을 위해 연구자간 과도한 경쟁 방지 및 연구자의 윤리성 확립 방안 마련도 필요	○	
자율살상무기 확산방지 국제공조 강화	별떼 드론 등 자율살상무기는 무인화라는 특성 때문에 폭력행위에 대한 책임감이 줄어들고 맹목적 살상을 자행하는 통제 불가능성 등 위험이 존재. 인류의 공멸을 초래하는 과도한 무기 경쟁을 방지하기 위해 자율살상무기의 기술개발 및 사용을 제한하는 국제공조 노력 필요		○
사회 양극화 해소 및 통합 노력 확대	기후위기로 인한 자연재난, 4차 산업혁명에 따른 경제 개편, 민족, 종교 갈등 심화로 인한 지역분쟁 등 사회양극화 요인을 정부 주도와 국제협력을 통해 적극적으로 해소하고 국가, 국제 차원에서 통합 정책 지속 실행 필요		○
대국민 소통강화	별떼 드론 등 자율살상무기에 대한 국민의 불안감 해소를 위해 객관적 정보를 상시 공유하고 소통의 장 마련 필요. 국민의 인공지능, 드론 기술에 대한 이해도 제고를 위한 다양한 프로그램 운영. 소셜네트워크, 개인맞춤형 콘텐츠의 가짜뉴스 폐해를 막기 위한 시민사회와 협력 필요. 선도적 의제설정과 문제해결 능력을 입증하여 국민신뢰를 확보하고 리더십 발휘 필요		○

6 결론 및 향후과제

◆ 연구결과 요약

- 현재 지속적으로 벌떼 드론 등 자율무기 도입이 확대되는 추세로 이로 인해 2040년 우리의 삶이 어떻게 변화되는지 핵심변화동인과 3가지 미래 시나리오 마련
 - 미래사회 핵심공통 동인은 드론 기술개발, 인구구조 변화에 따른 병력충원 여력, 군사 패권경쟁 정도 등이며, 핵심불확실성 동인은 지역안보질서 불안정성, 정부의 국민통제권, 범죄-테러 연계 및 사업 확대 정도 등이 도출
 - 핵심 공통 및 불확실성동인의 변화방향에 따라 다양한 미래시나리오 작성이 가능하며, 본 연구에서는 총 3개의 시나리오(평화로운 세계, 현재의 삶 유지, 폭력인 만연한 세계) 도출
- 2040년 벌떼 드론 자율무기가 야기할 수 있는 무력 남용 문제를 해결하고 평화로운 세계로 귀결하기 위해 다음의 주요 정책과제를 제시함
 - (벌떼 드론 기술의 민간 이용 관리 방안 마련) 민간부문의 벌떼 드론 기술 이용을 평화적 목적에 한정하고 군사적, 폭력적 목적의 활용 및 기술 확산을 방지할 수 있는 방안 수립 필요
 - (인공지능 기술의 완성도 제고 및 안정화 지원) 현재 인공지능의 알고리즘 또는 데이터에 기인한 오류 해결. 실증을 통해 안정성을 확보할 수 있는 정책지원 필요
 - (안티드론 기술 개발 강화) 폭력집단의 벌떼 드론 공격에 대응할 수 있는 방어기술 확보 및 방어체계 마련
 - (민군겸용 기술의 협력 강화) 인공지능 등 민군겸용 기술의 효과적인 개발과 남용 방지를 위해 연구자, 정책전문가 간 협력 지원. 연구자의 윤리성 확립 방안 지원
 - (자율살상무기 확산방지 국제공조 강화) 인류의 공멸을 초래하는 과도한 무기 경쟁을 방지하기 위해 자율살상무기의 기술개발 및 사용을 제한하는 국제공조 노력 필요

●○○ 미래 이슈 : 별떼 드론 자율무기가 초래할 미래 모습과 대응 방안

- (사회 양극화 해소 및 통합 노력 확대) 사회양극화 요인을 정부, 국제협력을 통해 적극적으로 해소하고 국가, 국제 차원에서 통합 정책 지속 실행 필요
- (대국민 소통강화) 별떼 드론 등 자율살상무기에 대한 국민의 불안감 해소를 위해 객관적 정보를 상시 공유하고 소통의 장을 마련하며 소셜네트워크, 개인맞춤형 콘텐츠의 가짜뉴스 피해를 막기 위해 시민사회와 협력 필요

◆ 향후 과제

- 별떼 드론의 핵심 기술 특성을 고려한 미래 시나리오 구성과 구체적인 정책 대응 방안 제시 필요
 - 별떼 드론 기술의 세부 핵심 기술의 실현 가능 시기, 자율무기 운영관련 장단점을 고려한 실현 가능성이 높은 미래 시나리오 구성과 기술개발관련 정책 제시 필요
- 군사, 외교의 국제정치 역학관계를 반영하여 실현가능한 미래 및 구체적인 세부 정책 방향 제시 필요
 - 세계차원의 경제사회적 갈등, 정치적 노력, 지역변화 등을 반영한 갈등요인들을 정확하게 분석하여 타당한 정책 방안 제시 필요

참 고 문 헌

- 김광우 (2018), “자율살상무기(일명 킬러로봇)에 대한 국제법적 문제와 우리나라에 대한 정책적 시사점”, 한국방위산업진흥회, 『국방과 기술』, 제473호
- 김상배 (2019), “미래전의 진화와 국제정치의 변환: 자율무기체계의 복합지정학”, 국방연구 제62권 제3호, p83~p118
- 설인효 (2019), “군사혁신의 구조적 맥락: 미중 군사혁신 경쟁 분석과 전망”, 서울대 국제문제 연구소 미래전 연구센터 이슈브리핑 18호
- 이장욱 (2020), “군사국가의 변환: 안보사영화, 전장무인화와 국가”, 4차 산업혁명과 신형군사 안보(서울대 미래전 연구센터 총서 1) 제7장
- 유준구 (2019), “자율살상무기체계의 논의 동향과 쟁점”, 국립외교원 외교안보연구소 정책연구 시리즈 2019-18
- 한국과학기술기획평가원 (2011), “다중시나리오 기반 국가과학기술로드맵 작성방법론 개발 및 적용 연구”
- 한화디펜스 (2021), “국방로봇의 군사적 활용 및 발전방향”, KISTEP 내부 세미나
- Future of Humanity Institute 외 (2018), “The Malicious Use of AI - Forecasting, Prevention and Mitigation”
- Niklas Schörnig (2019), “Unmanned Systems: The Robotic Revolution as a Challenge for Arms Control”, Information Technology for Peace and Security p233-p256
- Paul Scharre (2018), “Army of none: Autonomous weapons and future of war”, New York: W.W.Norton

저 자

이상남, snlee@kistep.re.kr, (Tel)043-750-2375, 한국과학기술기획평가원 연구위원

임승혁, lim@kistep.re.kr, (Tel)043-750-2512, 한국과학기술기획평가원 부연구위원



**벌떼 드론
자율무기가 초래할
미래 모습과
대응 방안**