

토픽모델링을 이용한 무인수상정 기술 동향 분석

김귀미, 마정목*
국방대학교 국방과학학과

A Study on the Research Trends in Unmanned Surface Vehicle using Topic Modeling

Kwimi Kim, Jungmok Ma*
Department of Defense Science, Korea National Defense University

요약 무인수상정은 해상에서 원격 제어 또는 자율항해가 가능한 선박으로 미래 전투 환경에서 인명 손실을 최소화하면서도 전투력 우위를 확보할 수 있는 수단이다. 무인수상정 개발에 필요한 기술을 기획하기 위해서 관련 기술의 동향 분석 및 유망기술 선정이 선행되어야 하나, 관련된 연구가 미흡하다. 본 연구의 목적은 무인수상정 관련 기술 동향을 정량적으로 분석하는 것으로, 토픽모델링을 이용하여 무인수상정 관련 세부기술을 도출하고, 유망/쇠퇴기술을 선정하였다. 분석 결과 유망기술로는 제어, 항법을 비롯하여 확인/검증, 자율수준, 임무 모듈, 활용 기술이, 쇠퇴기술로는 수중통신, 이미지 처리 기술이 선정되었다. 또한 기존 기술분류에 포함되지 않는 신기술 영역을 식별하였다. 여기에는 무인수상정 연구개발에 관련된 기술, 인공지능 기술, 유·무인체계와 협동 등 운용과 관련된 기술 그리고 진·회수 기술이 포함된다. 본 연구를 통해 파악된 기술 동향과 신기술 영역이 무인수상정과 관련된 핵심기술을 도출하고 연구개발 관련 정책에 효과적으로 활용되기를 기대한다.

Abstract Because the USV(Unmanned Surface Vehicle) is capable of remote control or autonomous navigation at sea, it can secure the superiority of combat power while minimizing human losses in a future combat environment. To plan the technology for the development of USV, the trend analysis of related technology and the selection of promising technology should be preceded, but there has been little research in this area. The purpose of this paper was to measure and evaluate the technology trends quantitatively. For this purpose, this study analyzed the technology trends and selected promising/declining technologies using topic modeling of papers and patent data. As a result of topic modeling, promising technologies include control and navigation, verification/validation, autonomous level, mission module, and application technology, and declining technologies include underwater communication and image processing technology. This study also identified new technology areas that were not included in the existing technology classification, e.g., technology related to research and development of USV, artificial intelligence, launch/recovery, and operation, such as cooperation with manned and unmanned systems. The technology trends and new technology areas identified through this study may be used to derive key technologies related to the development of the USV and establish appropriate R&D policies.

Keywords : Unmanned Surface Vehicle, Patent Analysis, Paper Analysis, Topic Modeling, Research Trend

*Corresponding Author : Jungmok Ma(Korea National Defense Univ.)

email: jmx@gmail.com

Received May 18, 2020

Accepted July 3, 2020

Revised June 15, 2020

Published July 31, 2020

1. 서론

4차 산업혁명은 미래의 국가 경쟁력을 좌우하는 대전환기적 패러다임이며, 민간 산업뿐만 아니라, 국방 분야에도 끊임없는 변화와 혁신을 요구하고 있다. 이에 해군은 전투력 극대화, 병력 절감형 군 운용, 예산 운영의 효율화에 중점을 두고 4차 산업혁명 첨단기술 기반의 해양강군으로 거듭나기 위해 '스마트 해군(SMART Navy)' 건설을 추진하고 있다[1].

'스마트 해군(SMART Navy)'은 해군력 운용에 필요한 다양한 분야에 인공지능, 빅데이터 등 4차 산업혁명 핵심 기술을 적용하여 함정-항공기 등 무기체계를 첨단화하고(SMART Battleship), 네트워크 중심의 지휘통제체계를 지능화하며(SMART Operations), 국내·외 협력체계 구축(SMART Cooperation)을 목표로 한다. 이를 달성하기 위한 주요 추진과제 중 하나가 해양무인체계 개발을 위한 핵심기술 발굴이다.

해양무인체계는 작전구역에 따라 수상에서 작전을 수행하는 무인수상정(USV : Unmanned Surface Vehicle)과 수중에서 작전을 수행하는 무인잠수정(UUV : Unmanned Underwater Vehicle)으로 구분한다[2]. 무인수상정은 해상에서 원격 제어 또는 자율항해가 가능한 선박으로 미래 전투 환경에서 인명 손실을 최소화하면서도 전투력 우위를 확보할 수 있는 수단이다. 무인수상정 개발에 필요한 핵심기술을 발굴하기 위해서는 관련 기술의 동향 분석 및 유망기술 선정이 선행되어야 한다. 그러나 무인수상정과 관련된 기존 연구는 주로 기술 구현([3], [4])을 목적으로 하거나, 국내·외 개발 현황을 조사하고 관련 기술을 제언([5], [6])하는 등의 연구가 대부분이었다. 특히 무인수상정에 대한 세부기술 분류나 기술 동향 분석 등 기술 기획을 지원하기 위한 연구는 미흡한 실정이다.

한편 기술 기획과 관련된 연구에는 대부분 문헌 조사, 전문가 평가와 같은 정성적인 방법이 사용된다. 정성적인 방법은 시간과 비용 등 자원의 소모가 크고, 평가 결과에 대한 객관성이 부족할 수 있다. 이러한 한계점을 보완하기 위해서는 논문, 특허 등 데이터를 이용한 정량적인 분석이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 무인수상정과 관련된 기술 동향을 분석하고 유망기술을 선정하기 위해서 데이터에 근거한 정량적인 분석을 수행하고자 한다. 구체적으로 논문 및 한국/미국/중국 특허를 대상으로 토픽모델링을 이용하여 무인수상정 관련 핵심기술과 유망/쇠퇴기술을 선정한다. 더 나아가 기존 무인수상정 분류 기준에 속하지 않

는 신기술 영역을 식별하여 토픽모델링 분석 결과를 다양하게 활용할 수 있음을 보인다.

2. 관련 연구

2.1 무인수상정 관련 연구

무인수상정과 관련된 기존 연구는 주로 기술 구현을 목적으로 하거나, 국내·외 개발 현황을 파악하고 관련 기술을 제시한 연구였다. 이러한 연구들은 문헌 조사와 전문가에 의존하는 정성적인 방법으로 수행되었다.

한편, 원유재 등 3명[7]은 해양무인체계 개발에 필요한 핵심기술 소요결정을 위해서 요구기술을 선정하고, 이를 계층분석(AHP) 방법을 이용하여 우선순위를 결정하였다. 요구기술 선정 시 기존 무인로봇 분야 기술을 재분류 및 통합하여 9개 기술군을 도출하였다. 이 연구는 해양무인체계와 관련된 기술을 대상으로 한다는 점에서 본 연구와 유사한 점이 있으나, 분석 대상을 무인수상정으로 한정하고 토픽모델링을 사용하여 주요 세부기술을 도출하였다는 점에서 차이가 있다.

2.2 기술 동향 분석 관련 연구

기술 동향 파악을 위해서 주로 각종 논문, 특허, 보고서, 기사 등을 분석한다. 그러나 매년 많은 양의 논문/특허 등이 출판/출원되므로 이를 연구자가 모두 검토하거나 분석하는 것은 불가능하다. 따라서 기술 동향 분석에 정량적인 분석 방법, 특히 토픽모델링을 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다.

기존 연구에서는 주로 논문 또는 특허 데이터를 사용하였다. 정명석 등 2명[8]은 인공지능 기술 관련 논문의 제목과 키워드를 분석하여 시기별 주요 연구 분야를 도출하였다. 김태경 등 3명[9]은 한국/미국/중국의 핀테크 특허의 초록을 분석하여 핀테크 기술 동향을 파악하고 나라별로 비교하였다. 또는 논문과 특허 데이터를 같이 사용한 연구도 있다. 이종호 등 5명[10]은 태양광 에너지 기술 관련 논문과 특허를 분석하여 기술 동향과 연구 방향성을 분석하였다. 입력변수로 논문의 제목과 키워드, 특허의 명칭 및 요약을 이용하였다.

본 연구에서는 논문과 특허 데이터를 같이 사용하여 분석하였다. 입력변수로 특허의 명칭, 요약에 추가하여 발명의 기술적 특성이 상세하게 반영된 대표 청구항(Exemplary Claim)도 포함하였다. 관련 연구들과 본 연구의 차이를 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1. Related research

Author	Method	Analysis data		Subject
Y. J. Won[7]	AHP	Expert opinion in unmanned robot		Unmanned Maritime Systems
M. S. Chung[8]	LDA	Paper	Title, Keyword	AI
T. K. Kim[9]		Patent	Abstract	Fin tech
J. H. Lee[10]		Paper	Title, Keyword	Solar-Photovoltaic
		Patent	Title, Abstract	
This paper	Patent	Title, Abstract, Exemplary Claim	USV	

3. 연구방법

3.1 연구절차

본 연구는 무인수상정 관련 세부기술을 파악하고 유망 기술을 선정하기 위해서 다음의 절차로 연구를 수행하였다. 연구절차를 도식화하면 Fig. 1과 같다.

- Step 1 : 논문 데이터(제목, 초록)와 특허 데이터(명칭, 요약, 대표 청구항)를 수집한다. 텍스트 데이터를 분석 가능한 형태로 변환하기 위해 전처리한다.
- Step 2 : 최적의 주제 개수를 정하고, 토픽모델링 방법으로 분석한다. 도출한 주제를 세부기술로 정의하고, 전체 데이터에서 차지하는 비율이 높은 5개 세부 기술을 핵심기술로 선정한다.
- Step 3 : 도출한 세부기술의 연도별 비중 추이를 선형 회귀분석으로 분석한다. 유망/쇠퇴기술을 선정하고 기술 동향을 파악한다.
- Step 4 : 도출된 세부기술을 기존의 기술분류 기준에 따라 구분하고, 새로운 기술영역을 식별한다.

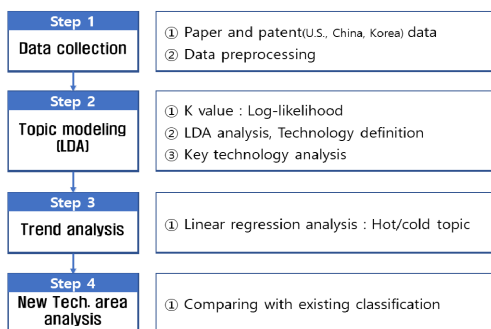


Fig. 1. Overall research framework

3.2 토픽모델링

토픽모델링은 여러 문서 중에서 주제를 찾아내고, 유사한 단어들끼리 군집화하는 기법이다[11]. 토픽모델링의 대표적인 방법 중 하나가 잠재적 디리클레 할당(LDA : Latent Dirichlet Allocation, 이하 LDA) 이다. 이는 광범위하고 비정형적인 문서 집합에 잠재(latent)되어 있는 주제들을 발견하기 위한 통계적 알고리즘이다[12]. LDA 알고리즘은 문서 집합이 k개의 주제로 표현되며, 단어는 잠재된 특정한 주제를 나타내는 관측치임을 가정한다.

Fig. 2는 LDA 알고리즘을 표현한 것이다. 관측된 단어($W_{d,n}$)을 통해 단위 문서에 나타나는 개별 주제의 비율 분포(θ_d), 주제($Z_{d,n}$), 주제 각각에 대한 단어 분포(β_k)를 찾는 것이 목적이다[12]. 이때 전체 문서 집합의 주제 개수 k, 샘플링 횟수, 개별 주제 비율에 대한 디리클레 분포 α 와 단어 분포에 대한 디리클레 분포 β 는 사전에 결정되어야 한다.

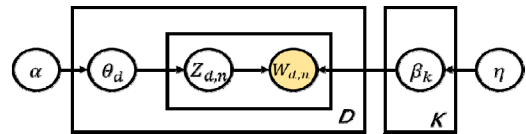


Fig. 2. Latent dirichlet allocation algorithm[13]

- D : 문서 집합, d : 개별문서, k : 주제의 개수
- $W_{d,n}$: 문서 d에서 관찰된 n번째 단어
- θ_d : 문서 d에 대한 주제의 비율,
- $Z_{d,n}$: 문서 d의 n번째 단어의 주제
- β_k : k번째 주제의 단어 분포의 확률
- α : 문서별 주제의 분포, θ 값을 결정하는 파라미터
- η : 주제별 단어의 분포, β 값을 결정하는 파라미터

토픽모델링에서 LDA 분석을 수행하는 최종 목적은 문서 집합의 주제 분포에 대해 사후확률을 추론하기 위함이다. 본 연구에서는 깁스 샘플링(Gibbs sampling)을 적용하였다. 샘플링 과정을 거치면서 만들어진 LDA 모형이 얼마나 적합(fit)한지 평가하기 위해서 주제 개수를 순차적으로 변화시켜가며 얻어지는 로그우도(log-likelihood)의 조화평균값(harmonic mean)을 이용하였다. 조화평균값이 최대가 되는 k값을 최적의 주제 개수로 선택하였다[10].

샘플링 횟수는 기존 연구자들이 수행한 1,000 ~ 5,000회를 반복 실험하였고, 결과 차이가 없어 1,000회

로 결정하였다. 개별 주제 비율에 대한 디리클레 분포 α , 단어 분포에 대한 디리클레 분포 β 값은 R 프로그램 LDA 함수의 기본값인 $\alpha=50/K$, $\beta=0.01$ 을 사용하였다. LDA 분석으로 도출된 주제별 단어들의 분포를 살펴보면 특정 단어가 해당하는 주제에서 어떤 의미를 지니는지 유추할 수 있다. 연구자는 주제를 구성하는 단어의 분포를 살펴 보고 주제의 명칭을 부여한다.

3.3 유망/쇠퇴기술 선정 및 의견 수렴

토픽모델링을 통해 주제가 정해지면, 연도별로 해당 주제가 전체 데이터에서 차지하는 비율을 계산하여 유망/쇠퇴기술을 파악한다. 독립변수는 연도, 종속변수는 주제의 연도별 비중값을 사용하여 선형 회귀분석을 수행한다. 유의수준 5%에서 회귀계수 값이 양수이면 유망기술, 음수이면 쇠퇴기술로 선정한다. 주제의 명칭과 선정된 유망/쇠퇴기술의 적절성을 검토하기 위해 전문가 의견(학계 1명, 해군 1명)을 수렴한다.

4. 연구결과

4장에서는 3장에서 설명한 연구방법에 따라 사용하여 무인수상정 관련 논문 및 특허 데이터를 토픽모델링 방법으로 분석하였다. R 프로그램(버전 4.0.1)에서 제공하는 “topicmodels” 패키지의 LDA 함수를 사용하였다.

4.1 데이터 수집(Step 1)

본 연구에서 분석한 논문 데이터는 인용 색인 데이터베이스인 Web of Science에서 수집하였다. 2000년부터 2020년 4월까지 출판된 논문을 대상으로 하며, 총 1,262건이 해당한다. 특허 데이터는 검색 웹사이트 WIPSON에서 수집하였다. 관련 특허가 존재하는 2003년부터 2019년 12월까지 미국/중국/한국에서 출원/공개된 특허 총 1,693건이 해당한다.

논문에서 제목과 초록을, 특허에서는 명칭, 요약, 대표 청구항 항목을 수집하였다. 무인수상정 이외에 불필요한 데이터가 수집되지 않도록 검색어[14]를 설정하였다. 이를 표로 나타내면 Table 2와 같다.

수집한 텍스트 데이터를 분석 가능한 형태로 변환하기 위해 전처리하였다. 대·소문자 통일, 숫자표현 제거, 문장 부호 및 특수문자 제거, 분석에 불필요한 불용단어 제거, 파생된 형태의 단어를 동일하게 처리할 수 있도록 표준 단어로 변환하였다.

Table 2. Data collected and list of keywords used in research

Type		Survey year	Terms related to USV[14]
Paper	1,262	'00. 1. ~ '20. 4.	Unmanned vessel/boat/craft Autonomous vessel/boat/craft
		Patent	'03. 1. ~ '19.12.
Unmanned surface vessel			
Unmanned surface craft			
Unmanned marine vehicle			
Sum	2,887		Autonomous surface vessel/boat/craft

4.2 토픽모델링(Step 2)

4.2.1 논문 데이터 분석

무인수상정 관련 출판된 논문의 연도별 추이는 Fig. 3과 같다. 2000년 이후 2014년까지 지속적으로 증가하다가, 2014년 이후 급격하게 증가하는 추세를 보인다. 최근 관련 연구가 활발히 이루어지고 있음을 알 수 있다.

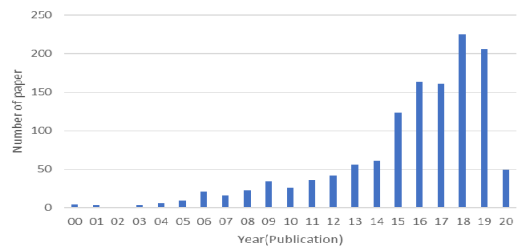


Fig. 3. Annual trends in the field of USV paper

4.2.1.1 주제 개수 결정

3장에서 설명한 바와 같이 최적의 주제 개수를 찾기 위해 주제 개수를 2부터 40까지 순차적으로 변화시켜가며 얻어지는 로그우도의 조화평균값을 구하였다. 논문 데이터를 분석했을 때 Fig. 4와 같은 결과를 얻었으며, 최적의 주제 개수를 23으로 결정하였다.

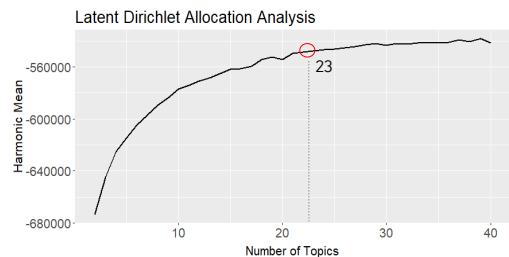


Fig. 4. Harmonic mean by the number of topics

4.2.1.2 LDA 분석 및 기술 정의

토픽모델링을 수행하면 주제(Subject)와 각 주제에 대한 단어 분포, 전체 데이터에 대한 개별 주제의 비율(Ratio)을 구할 수 있다. Table 3은 논문 데이터를 대상으로 23개의 주제로 토픽모델링을 수행한 결과이다. Table 3의 Keyword에는 각 주제에서 높은 빈도로 출현하는 상위 10개 단어를 나타냈다.

주제의 명칭은 주제를 구성하는 단어의 분포를 고려하여 연구자가 부여한다. 예를 들면, Fig. 5는 주제 2를 구성하는 단어의 분포를 나타낸다. Control이 차지하는 비율이 가장 높고, 'design', 'head' 등의 단어를 고려하여 주제 2를 '조종 부분에서의 제어 기술'로 명명하였다. 이런 방법으로 정의된 23개의 주제는 무인수상정 관련 세부기술을 의미한다.

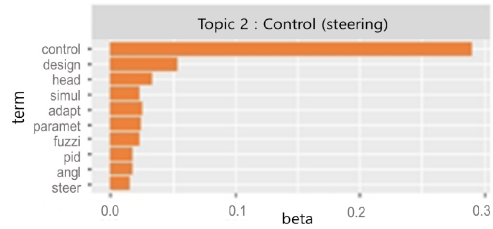


Fig. 5. β -value distribution of terms in Topic 2

4.2.1.3 핵심기술 선정

전체 데이터에서 해당 세부기술이 차지하는 비중을 구하고, 비중이 높은 상위 5개의 세부기술을 핵심기술로 정하였다. 논문 데이터에서 핵심기술은 [T2] 조종 부분에서의 제어, [T16] M&S, [T11] 환경 모니터링, [T7] 항법, [T8] 장애물 회피 기술로 선정하였다.

Table 3. Topic modeling analysis result of paper

No.	Keyword	Subject	Ratio
T1	method, improv, effect, field, experi, verifi, valid, combin, weight, enhanc	Verification/Validation	0.042
T2	control, design, head, adapt, adapt, paramet, fuzz, pid, angl, steer	Control (steering)	0.062
T3	detect, imag, object, featur, camera, environ, accuraci, vision, radar, target	Detect target	0.043
T4	autonom, task, evalu, safeti, human, intellig, environ, level, autonomi, situat	Autonomy level	0.041
T5	robot, autonom, mission, platform, capabl, implement, architectur, applic, demonstr	Mission	0.042
T6	underwat, communic, acoust, data, autonom, uuv, devic, posit, signal, receiv	Underwater communication	0.041
T7	estim, posit, filter, local, navig, gps, error, rang, track, veloc	Navigation	0.046
T8	avoid, obstacl, collis, dynam, colreg, potenti, autonom, rule, safe, risk	Avoid obstacle	0.045
T9	control, track, disturb, stabil, error, trajectori, robust, law, uncertainti, scheme	Navigation (track control)	0.044
T10	oper, high, deploy, cost, support, inspect, long, low, remot, report	Operation	0.043
T11	wave, sea, ocean, current, glider, recoveri, condit, connect, float, tow	Application (environment monitoring)	0.046
T12	energi, power, increas, marin, effici, environment, reliabl, explor, generat, electr	Power generation	0.042
T13	water, monitor, sampl, collect, data, environment, lake, inform, qualiti, river	Application (water monitoring)	0.043
T14	problem, trajectori, comput, strategi, techniqu, solut, feasibl, distanc, constraint, area,	Navigation (problem solving)	0.044
T15	speed, wind, surfac, propuls, hull, sail, analysi, propel, structur, thruster	Hull structure analysis	0.044
T16	model, motion, simul, dynam, predict, paramet, identif, obtain, experi, mathemat	M&S	0.049
T17	map, data, survey, area, depth, coastal, field, sonar, shallow, measur	Application (survey/mapping)	0.037
T18	data, ocean, observ, surfac, platform, buoy, measur, collect, temperatur, sampl	Application (ocean data collecting)	0.041
T19	system, develop, test, integr, automat, modul, real, implement, achiev, suitabl	Developmen (integration/test)	0.041
T20	net, demonstr, learn, environ, behavior, appli, distribut, addit, neural, deep	AI (neural net/deep learning)	0.042
T21	unman, technolog, uav, challeng, cooper, develop, futur, rescu, land, team	Cooperation	0.038
T22	algorithm, path, plan, optim, environ, simul, complex, effect, local, waypoint	Path plan algorithm	0.038
T23	design, develop, applic, project, engin, part, concept, mechan, prototyp, initi	Development (design)	0.045

4.2.2 특허 데이터 분석

무인수상정 개발은 미국, 중국 등을 중심으로 활발히 진행되고 있으며, 이들 국가들은 상용화하여 실전배치 하고 있다. 미국은 무인수상정의 개발 수준이 가장 높고, 개발 완료된 다양한 무인수상정을 전술·전략적으로 운용하기 위해 심도 있는 연구가 이루어지고 있다[5]. 중국에서는 최근 해양무인체계, 탑재 무장 센서 등과 관련된 다양한 연구들이 진행되고 있으며 무인 선박, 자율운항 기술 등에서 아시아 최고 수준의 기술개발 투자가 진행 중이다[15]. 이에 본 연구에서는 미국과 중국, 우리나라 특허를 분석하였다.

무인수상정과 관련된 특허의 연도별 추이는 Fig. 6과 같다. 한국, 미국 특허는 2017년까지 상승하다가 이후 뚜렷한 증감 추세를 보이지 않는다. 반면 중국 특허는 2012년 이후 꾸준한 증가 추세에 있으며 특허, 2016년부터는 급격한 상승 추세를 보인다.

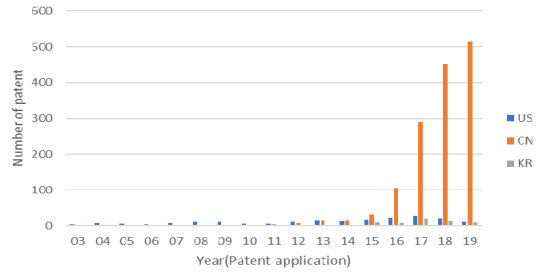


Fig. 6. Annual trends in the field of USV patent

4.2.2.1 주제 개수 결정

논문 분석과 같은 방법으로 최적의 주제 개수를 결정하였다. 미국 특허는 20개, 중국 특허는 21개, 한국 특허는 15개로 결정하였다.

4.2.2.2 LDA 분석 및 기술 정의

Table 4는 미국, 중국, 한국 특허를 대상으로 토픽모델링을 수행한 결과를 나타낸다. 나라별로 Table 3과 같은 형태의 결과를 얻었으며, 세부기술을 명명하고 비중을

Table 4. Topic modeling analysis result of patent

No.	Subject					
	U.S. patent	Ratio	China patent	Ratio	Korea patent	Ratio
T1	Control (device)	0.056	Signal process	0.041	Sonar unit	0.073
T2	Control (steering)	0.051	Avoid obstacle	0.051	Detect obstacle	0.066
T3	Hull structure analysis	0.045	Path plan	0.053	Control (communication)	0.070
T4	Hull structure	0.048	Structure arrangement	0.042	Control (remote module)	0.069
T5	Launch/Recovery	0.053	Communication module	0.061	Propulsion device	0.070
T6	Cooperation	0.041	Hull structure	0.049	Mission	0.069
T7	Navigation (target location)	0.053	Navigation	0.052	Carrier (UAV)	0.067
T8	Image processor	0.047	Mission equipment	0.044	Application (water sampling)	0.068
T9	Data processor	0.060	Navigation (steering)	0.045	Data communication	0.064
T10	Refuel	0.048	Image process	0.038	Sensor data	0.068
T11	Power generation	0.047	Automation	0.040	Navigation (steering)	0.057
T12	Application (seismic)	0.058	Power generation	0.042	Signal data	0.065
T13	Data storage	0.039	Remote control	0.057	Navigation	0.064
T14	Image sampling	0.046	Track control	0.054	Application	0.065
T15	Signal processing	0.047	Launch/Recovery (guide)	0.049	Navigation (target data processing)	0.061
T16	Unmanned operation	0.058	Target data process	0.047		
T17	Mission module	0.059	Monitoring/Sharing	0.044		
T18	Hull structure	0.043	Application (water monitoring)	0.041		
T19	Information communication	0.052	Launch/Recovery (equipment)	0.073		
T20	Navigation (environment info. analysis method)	0.051	USV mothership	0.039		
T21	-	-	Acoustic signal detect	0.038		

: Key technology

구하는 과정을 거쳤다. 이를 요약하여 Table 4와 같이 표현하였다.

4.2.2.3 핵심기술 선정

미국 특허에서 나타난 핵심기술은 [T9]데이터 처리, [T17]임무 모듈, [T16]무인화 운용, [T12]지진파 측정과 관련된 무인수상정 활용, [T1]무인수상정을 구성하는 장비 제어 기술이다. 중국 특허에서 나타난 핵심기술은 [T19]진회수 장비, [T5]통신 모듈, [T13]원격 제어, [T14]경로 제어, [T3]경로 계획 기술이다. 한국 특허에서 나타난 핵심기술은 [T1]소나체계, [T5]추진장비, [T3]통신 제어, [T4]원격 모듈 제어, [T6]임무 관련 기술로 선정하였다. 핵심기술은 Table 4에 음영으로 표시하였다.

4.3 유망/쇠퇴기술 분석(Step 3)

4.3.1 논문 데이터 분석

논문 데이터로 유망/쇠퇴기술을 분석한 결과 Table 5와 같이 6개의 유망기술과 2개의 쇠퇴기술이 도출되었다. 유망기술은 [T9]경로 제어, [T22]경로 계획 알고리즘, [T1]검증/확인, [T3]목표물 탐지, [T2]무인수상정 자세 제어, [T4]자율화 수준과 관련된 기술이다. [T9, T22, T2]가 유망기술로 선정된 것은 무인수상정이 해양이라는 방대하고 예측 불가능한 환경에서 운용되기 때문이다. 무인수상정의 제어, 항법에 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있다.

또한 [T1]과 같이 개발된 무인수상정의 검증/ 확인과 관련된 기술이 유망기술로 선정되었다. 미국 해군 무인화 개발 방향을 다룬 보고서[16]에서 강조한 바와 같이 기존 무기체계 개발 시 사용했던 검증/확인 방법과 절차는 자율 시스템 개발 시에는 활용할 수 없으며, 자율 시스템만이 가지는 고유한 특성을 고려한 검증/확인 시스템 개발이 필요하다. 한편, [T4]와 같이 자율수준에 관한 기술도 유망기술로 선정되었다. 무인수상정의 자율수준은 임무의 복잡성, 임무 환경의 난이성, 운용자 개입 정도를 복합적으로 적용하여 정의할 수 있으며, 근거리 원격통제에서부터 완전 자율임무가 가능한 높은 수준까지 다양하다. 무인수상정에 어느 정도의 자율수준을 부여할 것인가에 대한 논의는 임무의 할당/배정, 센서 정보 공유 등 여러 분야로 확대되며 활발하게 이어지고 있다.

한편 쇠퇴기술로는 [T6]수중통신, [T23]개발(설계)가 도출되었다. 이와 관련된 기술은 무인수상정이 개발되기 이전부터 존재하던 기술로 비교적 충분히 성숙하여, 최근 상대적으로 비중이 작아짐을 확인할 수 있었다.

Table 5. Hot/Cold topic analysis result of paper

	No.	Subject	Coefficient	P-value
Hot Topic	T9	Navigation (track control)	.0020	.0002***
	T22	Navigation (path plan algorithm)	.0015	.0001***
	T1	Verification/Validation	.0010	.0009***
	T3	Detect Target	.0010	.0008***
	T2	Control (steering)	.0009	.0438*
	T4	Autonomy Level	.0009	.0029**
Cold Topic	T6	Underwater communication	-.0027	.0233*
	T23	Development (design)	-.0015	.0288*

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

4.3.2 특허 데이터 분석

특허 데이터로 유망/쇠퇴기술을 분석한 결과 Table 6과 같이 6개의 유망기술과 1개의 쇠퇴기술이 도출되었다. 구체적으로 미국 특허에서 유망기술은 [T2]지진파 측정과 관련된 무인수상정 활용, [T17]임무 모듈 기술이, 중국 특허에서 [T9]항법, [T13]원격 제어, [T17]해양 환경을 감시하고, 획득한 정보를 다른 체계나 원격통제 개소에 전파/공유하는 것과 관련된 기술이, 한국 특허에서 [T2]장애물 회피 관련 기술이 도출되었다.

Table 6. Hot/Cold topic analysis result of patent

	No.	Subject	Coefficient	P-value	
Hot Topic	U.S.	T12	Application (seismic)	.0044	.0020**
		T17	Mission Module	.0030	.0201*
	China	T9	Navigation	.0074	.0248*
		T13	Remote Control	.0045	.0104*
		T17	Monitoring/Sharing	.0033	.0002***
Korea	T2	Detect Obstacle	.0029	.0364*	
Cold Topic	China	T10	Image process	-.0151	.0389*

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

중국 특허 [T9, T13], 한국 특허 [T2]가 유망기술로 선정된 것은 논문 데이터 분석에서와 마찬가지로 무인수상정이 해양이라는 방대하고 예측 불가능한 환경에서 운용되기 때문에 제어와 항법에 관한 기술 연구가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있다.

미국 특허 [T12, 17]과 같이 무인수상정을 어떤 용도로 활용할 것인지, 어떤 임무를 부여하고, 임무 모듈을 어떻게 구성할 것인지와 같이 무인수상정을 실용화하는 단계에서 구체적인 논의가 필요한 기술들의 개발이 진행됨

을 알 수 있다. 또한, 중국 특허 [T17]과 같이 무인수상정이 획득한 정보를 다른 체계나 원격통제 개소에 전파하고 공유하는 기술은 향후 무인수상정 운용에 있어 중요한 과제로 관련 연구가 계속될 것으로 예상된다.

4.4 신기술 영역 분석(Step 4)

국방과학기술조사서[2]는 무인수상정 관련 기술을 선체, 자율제어, 항법, 센서, 추진, 통신, 임무 통제 7개의 기술로 크게 분류하고 있다. 기술분류 기준에 따라 본 연구에서 도출한 세부기술을 구분해보면 Table 7과 같이 분류 기준 어디에도 속하지 않는 세부기술들을 식별할 수 있었다. 이들을 신기술 영역으로 정의하고 유사한 세부기술들을 그룹화하였다. 그 결과는 Table 7의 하단 영역 부분과 같다.

신기술 영역에는 첫째, 무인수상정 연구개발에 관련된 기술이 포함된다. 개발된 무인수상정의 검증/확인, 개발 단계별 M&S 활용, 체계통합/시험과 관련 기술이 이에 해당한다. 특히 자율능력의 경우 요구사항 충족 여부를 어떻게 검증할 것인가, 학습을 통해 진화하는 대상을 어떻게 평가할 것인지가 큰 도전과제가 될 것이다[17]. 따라서 자율 시스템인 무인수상정의 고유한 특성을 고려한

연구개발 관련된 기술이 필요하다. 둘째, 인공지능망이나 딥러닝과 같은 인공지능 기술이다. 자율 시스템은 관련 하드웨어 및 소프트웨어 기술 개발과 함께 다양한 센서로부터 획득된 정보를 인식, 분류, 융합, 식별하는 고도의 인공지능 처리와 관련된 기술개발이 필요하다. 셋째, 무인수상정 운용에 관련된 기술이다. 재급유 기술, 다른 유·무인 체계와의 협동, 무인수상정 탑재와 관련된 기술이 해당한다. 탑재와 관련된 기술은 무인수상정이 모함에 탑재되는 경우와 무인수상정이 다른 무인체계나 임무 장비의 탑재 모함이 되는 경우 모두를 고려할 필요가 있다. 예를 들면, 무인수상정이 무인잠수정을 탑재하고 임무 구역으로 이동하거나 예인하며 임무를 수행하고, 획득한 정보를 통신장비를 이용하여 전파할 수 있다. 또한, 무인항공기의 임무 시간 연장을 위해 임무 중간에 배터리 충전이 가능하도록 무인수상정을 활용할 수도 있다. 넷째, 무인수상정 진·회수와 관련된 기술이다. 여기에는 진·회수 장치 자체 기술과 함께 무인체계를 진·회수 장치로 유도하는 기술도 포함된다. 논문 데이터에서 도출하여 신기술 영역에 포함된 기술은 무인수상정 개발, 인공지능 기술 등 연구개발 단계에서 필요한 기술이며, 특히 데이터에서 도출하여 신기술 영역에 포함된 기술은 재급유, 무인체계 탑재, 진·회수와 같이 실용화 단계에서 필요한 기술이다.

Table 7. New technology area relate to USV

Classification	Paper	Patent			
		U.S.	China	Korea	
USV Tech.	Hull Structure Tech.	T15, T23	T1, T3, T4, T17, T18	T4, 6	T1
	Autonomy Control Tech.	T2, T4, T9	T2, T16	T11, T14, T13	T3, T4
	Navigation Tech.	T7, T8, T14, T22	T7, T20	T2, T3, T7, T9	T2, T11, T13, T15
	Sensor Tech.	T3	T8, T9, T13, T14, T15	T1, T10, T16, T21	T10, T12
	Propulsion Tech.	T12	T11	T12	T5
	Communication Tech.	T6	T19	T5, T17	T9
	Mission Control Tech.	T5, T11, T13, T17, T18	T12	T8, T18	T6, T8, T14
New Tech. area	Development	T1 : Verification/Validation T16 : M&S T19 : Integration/Test			
	AI	T20 : AI			
	Operation	T10 : Operation T21 : Cooperation	T6 : Cooperation T10 : Refuel	T20 : USV mothership	T7 : Carrier
	Launch/recovery		T5 : Launch/Recovery	T15 : Launch/Recovery(guide) T19 : Launch/Recovery(equip.)	

5. 결론

본 연구는 무인수상정과 관련된 기술 동향을 분석하고 유망기술을 선정하기 위해서 데이터에 근거한 정량적인 분석을 수행하였다. 구체적으로 논문 1,262건, 및 한국/미국/중국 특히 1,693건을 대상으로 토픽모델링을 이용하여 무인수상정 관련 세부기술 및 핵심기술을 도출하고 이를 바탕으로 유망/쇠퇴기술을 선정하였다. 분석 결과 유망기술로는 제어, 항법을 비롯하여 개발된 무인수상정 확인/검증, 자율수준, 임무 모듈, 활용에 관련된 기술, 쇠퇴기술로는 수중통신, 이미지 처리 기술이 선정되었다.

또한, 도출한 세부기술을 기존 기술분류 기준에 따라 구분해보면 분류 기준 어디에도 속하지 않는 신기술 영역을 식별할 수 있었다. 여기에는 무인수상정 연구개발에 관련된 기술, 인공지능 기술 적용, 무인수상정 재공급, 유·무인체제와 협동, 모함 탑재 등 운용에 관련된 기술과 진·회수에 관련된 기술이 포함된다.

본 연구는 무인수상정 관련 기술들의 동향 분석을 위해 기존에 사용하던 문헌연구나 전문가 평가와 같은 정성적인 방법뿐만 아니라 토픽모델링이라는 정량적인 방법도 활용할 수 있다는 것을 보여준 점에서 의의가 있다. 또한, 토픽모델링 방법으로 연구한 결과가 단순히 유망기술을 도출하는 것에 그치지 않고 기존 기술분류에 포함되지 않는 신기술 영역 식별에 활용한 점도 의미가 있다. 본 연구를 통해 파악된 무인수상정 관련 기술 동향과 신기술 영역이 무인수상정 핵심기술을 도출하고 연구개발 관련 정책 수립에 효과적으로 활용되기를 기대한다.

References

[1] J. J. Lee, A. J. Lee, D. S. Park, H. S. Jang, "4th Industrial Revolution and SMART Navy : Concepts and Roles", *Journal of the Korea Naval Academy Maritime Institute*, Vol.Special Edition, pp.19-24, Aug. 2019.

[2] Defense Agency for Technology and Quality, Agency for Defense Technical Investigation Paper, 2013.

[3] B. S. Bae, W. J. Kim, W. S. Kim, S. M. Choi, J. H. Ahn, "Development of the SONAR System for an Unmanned Surface Vehicle", *Journal of the KIMST*, Vol.18, No.4, pp.358-368, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9766/KIMST.2015.18.4.358>

[4] Y. I. Lee, S. G. Kim, Y. G. Kim, "Fuzzy Relational Product for Collision Avoidance of Autonomous ships", *Intelligent Automation and Soft Computing*, Vol.21, No.1, pp.21-38, 2014.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10798587.2014.914273>

[5] I. S. Shin, "A Study on the Research Trends of the Unmanned Surface Vehicle(USV)", *Journal of the society of naval architects of Korea*, Vol.55, No.3, pp.9-14, 2018.

[6] J. L. Choi, "A Study on the Development Trend of the unmanned surface vehicle for military use", *Journal of the society of naval architects of Korea*, Vol.51, No.2, pp.3-8, 2018.

[7] Y. J. Won, J. W. Eom, C. H. Park, "A Study on the Technology Analysis of Marine Unmanned System for Determination of Core Technology Requirements", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.20, No.6, pp.350-361, 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.6.350>

[8] M. S. Chung, J. Y. Lee, "Systemic Analysis of Research Activities and Trends Related to AI Technology Based on LDA Model", *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, Vol.23, No.3, pp.87-95, Jun. 2018.
DOI: <https://dx.doi.org/10.9723/jkiis.2018.23.3.087>

[9] T. K. Kim, H. R. Choi, H. C. Lee, "A Study on the Research Trends in Fintech using Topic Modeling", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.17, No.11, pp.670-681, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.11.670>

[10] J. H. Lee, I. S. Lee, K. S. Jung, B. H. Chae, J. Y. Lee, "Patents and Papers Trends of Solar-Photovoltaic(PV) Technology using LDA Algorithm", *Journal of digital convergence*, Vol.15, No.9, pp.231-239, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.14400/JDC.2017.15.9.231>

[11] J. S. Park, S. G. Hong, J. W. Kim, "A Study on Science Technology Trend and Prediction Using Topic Modeling", *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, Vol.22, No.4, pp.19-28, Aug. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.9723/jkiis.2017.22.4.01>

[12] D. M. Blei, A. Y. Ng, M. I. Jordan, "Latent dirichlet allocation", *Journal of machine Learning research*, Vol.3, pp.993-1022, 2003.

[13] D. M. Blei, "Probabilistic topic models", *Communications of the ACM*, Vol.55, No.4, pp.77-84, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1145/2133806.2133826>

[14] A. M. Jorge, R. Granada, R. G. Maidana, D. A. Jurak, "A Survey on Unmanned Surface Vehicles for Disaster Robotics : Main Challenges and Direction", *Sensore*, Vol.19, No.3, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.3390/s19030702>

[15] Defense Agency for Technology and Quality, Defense Science & Technology Level Assessment by Country, 2018.

[16] Naval Research Advisory Committee, Autonomous and Unmanned Systems in the Development of the Navy, 2017.

[17] J. M. Ma, "Management of Auotonomous Capability for the Future of Warfare", *The Quarterly Journal of Defense Policy Studies*, Vol.33, No.2, pp.119-143, 2017.

김 귀 미(Kwimi Kim)

[정회원]



- 2002년 2월 : 해군사관학교 기계조선공학과(공학 학사)
- 2011년 1월 : 국방대학교 국방관리대학원 무기체계학과(공학 석사)
- 2017년 1월 ~ : 국방대학교 국방관리대학원 무기체계학과 박사과정

<관심분야>

해양무인체계, 텍스트마이닝

마 정 목(Jungmok Ma)

[정회원]



- 2002년 2월 : 육군사관학교 운영분석학과 (운영분석 학사)
- 2008년 8월 : 미국 펜실베이니아 주립대(PSU) (산업공학 석사)
- 2015년 5월 : 미국 일리노이대(UIUC) (산업공학 박사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방대학교 국방과학학과 부교수

<관심분야>

국방 모델링 및 데이터 분석학, 무기체계 획득관리