

데이터 마이닝 기법을 이용한 군 통신·전자 분야 기술 분석

백성호^{1*} · 강석중²

Analysis of Defense Communication-Electronics Technologies using Data Mining Technique

Seong-Ho Baek^{1*} · Seok-Joong Kang²

^{1*}Chief Research Engineer, Department of C4I R&D, LIG Nex1 Co., Ltd., Seongnam-City, Gyeonggi-do, 13488 Korea

²Professor, Korea University Graduate School of Management of Technology, Seongbuk-gu, Seoul, 02841 Korea

요약

정부가 주도하는 종래의 하향식 무기체계 개발방식은 기술의 발전속도가 급격하게 빨라짐에 따라, 기술 진부화라는 문제에 직면하게 되었다. 이에 따라 정부는 방위산업 분야에도 기업 주도의 상향식 사업추진 방식을 점진적으로 확대 적용해오고 있다. 상향식 사업추진 방식의 핵심 성공요소는 무엇보다도 방산 기업의 기술기회 역량이다. 본 논문은 국내 방산 기업이 기술기회 활용에 활용할 수 있도록 데이터 마이닝 기법을 통해 특허 데이터를 분석하는 방법을 제시하였다. 주요 내용은 군 통신·전자 분야에 해당하는 기업선정 기법을 제안하고 국제특허분류(IPC)에 대해서 주성분 분석과 군집 분석을 수행하는 것이다. 이를 통해, 9개 기업의 특허를 기반으로 군 통신·전자 분야의 기술을 4개의 그룹으로 분류하고 각 그룹의 대표 기업을 도출하였다.

ABSTRACT

The government-led top-down development approach for weapons system faces the problem of technological obsolescence now that technology has rapidly grown. As a result, the government has gradually expanded the corporate-led bottom-up project implementation method to the defense industry. The key success factor of the bottom-up project implementation is the ability of defense companies to plan their technologies. This paper presented a method of analyzing patent data through data mining technique so that domestic defense companies can utilize it for technology planning activities. The main content is to propose corporate selection techniques corresponding to the defense communication-electronics sectors and conduct principal component analysis and cluster analysis for the International Patent Classification. Through this, the technology was classified into four groups based on the patents of nine companies and the representative enterprises of each group were derived.

키워드 : 데이터 마이닝, 특허 분석, 주성분 분석, 군집 분석, K-medoids

Keywords : Data mining, Patent Analysis, Principal Component Analysis, Clustering, K-medoids

Received 18 February 2020, Revised 13 May 2020, Accepted 18 May 2020

* Corresponding Author Seong-Ho Baek(E-mail:baeksh9@lignex1.com, Tel:+82-31-8026-4575)

Chief Research Engineer, Department of C4I R&D, LIG Nex1, Co., Ltd., Seongnam-City, Gyeonggi-do, 13488 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.6.687>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

1.1. 연구배경 및 목적

방위산업은 국가의 방위력 개선을 최우선 목표로 하는 특수한 산업이다. 방위산업에서의 소비자는 정부이며 제품은 군이 국가 방위를 위해 사용하는 무기체계를 의미한다. 민간 산업 분야와 비교해 볼 때, 방위산업의 특수한 점은 소비자가 제품의 필요성을 결정하고 기술 발전 추세에 따른 제품의 중장기 발전 방향을 설정한다는 데에 있다. 이러한 구조 속에서 산업 생태계의 한 축을 담당하는 기업의 역할은 정부가 기획한 제품을 개발하는데 역할이 제한되어 있으며, 이러한 구조는 1960년대 말 방위산업이 시작된 이래 현재까지 큰 변화 없이 이어져 오고 있다.

무기체계는 개발-양산-운용 주기가 통상 수십 년인 장기수명 체계이다. 따라서 무기체계의 수명주기 상에서 체계를 구성하는 기술이 진부화되는 일이 빈번하게 발생한다.[1] 이러한 기술 진부화는 무기체계 연구개발 프로세스에 잠재된 문제로 국가 방위력에 매우 부정적인 영향을 주는 요인이다. 무기체계의 기획부터 일련의 개발과정과 양산을 포함한 전력화 배치까지 모든 것을 사전에 계획한 대로 이행하여야만 하는 정부 주도의 경직된 연구개발 방식은 매우 긴 개발 주기를 필요로 할 수밖에 없다. 21세기 들어 기술의 발전속도는 이전과 비교할 수 없을 정도로 급변하고 있으며 4차 산업혁명으로 대변되는 인공지능, 빅데이터, 클라우드 등의 핵심기술들이 사회 전반에 엄청난 변화를 촉진하고 있다. 따라서, 미래의 국가 방위력은 최신의 기술을 얼마나 빨리 무기체계에 적용할 수 있는가에 달려있다고 해도 과언이 아니다. 미국에서는 이러한 배경에서 1990년대부터 이미 ACTD(Advanced Concept Technology Demonstration) 사업을 통해 기업이 보유하고 있는 성숙된 기술을 활용하여 무기체계를 기획하고 개발하면 군에서 운용성 판단을 한 후, 전력화 될 수 있도록 지원하는 제도를 운용해오고 있다. 즉, 기존의 하향식 사업 추진방식에서 상향식 추진방식으로의 전환을 통해 무기체계 개발 주기를 획기적으로 줄임으로써, 기업에서 보유하고 있는 성숙된 최신 기술을 가능한 빨리 무기체계에 반영되도록 하고 있다.

신개념기술시범사업은 미국의 ACTD를 참고로 하여 우리 군이 발전시킨 제도로써, 2006년경 방위사업청에

서는 신개념기술시범사업의 도입을 검토하기 시작하였고 다양한 세미나 및 회의를 통하여 그 추진 방향을 토론하였으며, 그 결과를 2007년 방위사업관리규정에 반영함으로써 공식적으로 도입하고 사업을 추진하기 시작하였다.[2] 이와 더불어 2019년도부터는 핵심기술 연구개발 업무처리지침에 미래도전기 기술 개발을 정의하고 추진 절차를 신설하여 기술 변화를 신속하게 반영하고 신개념 무기체계 소요를 선도할 수 있는 미래도전기 기술이라는 상향식 사업추진 제도를 시행하고 있다.[3]

상향식 사업추진 방식의 성공을 좌우할 가장 핵심적인 요소는 무엇보다도 방산 기업의 기술기획 역량이라고 할 수 있다. 창의적인 제품과 이를 뒷받침할 기술을 기획하는 역량을 갖고 있어야만 개발된 제품이 군 전투 능력 향상에 크게 기여할 수 있기 때문이다. 그러나 국내 방위산업체는 제품과 기술의 기획 역량을 쌓아올 수 없는 환경 속에서 성장해 왔다. 방위산업이 시작된 지 40여 년이 흐른 현재까지도 정부가 그 역할을 주도해 왔기 때문이다. 반면, 민간 산업 분야는 일찍부터 자유시장 경제체제 속에서 성장해 왔기 때문에 제품과 기술 기획 역량이 기업 생존의 핵심 역량으로 자리 잡은 지 오래되었다. 시장을 선점하거나 주도할 수 있는 참신한 기획을 누가 먼저 하느냐에 따라 시장에서의 기득권이 결정되며 기득권을 놓치는 순간 시장에서의 퇴출로 이어질 수 있기 때문이다. 국내 방위산업체는 정부의 꾸준한 국방기술의 국산화 노력을 통해, 기술 수준은 선진국에 비견될 만큼 우수한 역량을 축적해 왔다. 그러나 이에 비해 제품이나 기술에 대한 기획 능력은 현행 제도에 의한 한계로 아직 미미한 수준을 벗어나지 못하고 있다. 서두에 언급했듯이 미래 국방력의 향방은 최신의 기술을 빠르게 무기체계에 반영하는 것에 있기에 무엇보다도 방위산업체의 기술기획 역량 강화가 시급한 과제가 될 것이다. 본 논문은 이러한 과제의 성공적인 해결을 위해 민간 분야에서 활발하게 연구되고 있는 특허 분석 기법을 군 통신·전자 분야에 적용해 보고 방위산업에서의 활용 가능성을 제시해 보고자 한다.

1.2. 연구범위 및 구성

특허는 자본주의 시장경제 체제에서 매우 빠른 속도로 축적되는 대표적인 빅데이터이다. 특허에는 시장에서 활발히 거래되는 기술에 대한 상세 내용을 포함하기 때문에 특허 자료 분석을 통해 시장에서 거래되는 주요

기술의 현황과 흐름을 파악할 수 있다. 본 논문은 방산 기업이 기술기획 및 기술전략 수립 활동에 활용할 수 있도록 특허 분석을 통해 군 통신·전자 분야의 기술 경쟁 현황을 도출하는 방법을 제안하였다.

세부 연구범위는 군 통신·전자 분야에 해당하는 기업을 어떤 기준으로 선정할 것인가에 대한 방법과 방대한 특허 데이터로부터 경쟁이 이뤄지고 있는 세부 기술 분야를 식별하고 해당 분야에서 어떤 기업들이 경쟁하고 있는지 도출하는 것을 포함한다.

2장은 특허 분석과 관련한 선행연구를 소개하고 3장에서는 본 연구를 위한 구체적인 연구방법을 제시하며 4장에서 분석결과를 도출한다. 마지막으로 5장에서 결론을 제시하고 향후 과제를 정리한다.

II. 관련 연구

특허 분석과 관련한 연구는 크게 특허의 정량 데이터에 대해서 데이터마이닝 기법을 활용하여 분석하는 방법과 비정량 데이터를 텍스트마이닝 기법을 활용하여 분석하는 방법이 있다.

참고문헌 [4]는 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)에 대한 효율적인 연구개발 전략 수립을 위하여 특허의 정량 데이터 분석을 기반으로 기술의 메가 트렌드 및 경쟁력 분석결과를 제시하였다. 참고문헌 [5]는 국방 화력 분야의 특허 데이터를 데이터 마이닝 기법의 하나인 연관규칙 마이닝을 이용하여 분석함으로써, 객관적이고 체계적으로 국방산업기술의 특성과 공백기술을 예측하였다. 참고문헌 [6],[7]은 특허 정보의 국제특허분류 코드를 기반으로 주성분 분석과 사회네트워크 분석을 수행하여 군 통신·전자 분야 20개 방산 기업들의 대표 기술 분야와 국내 이동통신 사업자의 주요 공통 기술 분야를 도출하였다.

텍스트 마이닝을 활용한 연구인 참고문헌 [8]에서는 특허 분석을 위한 텍스트 마이닝 기법에 관하여 설명하였고, 이를 진행하기 위한 방법으로는 문서분할(Text segmentation), 요약추출(Summary extraction), 특징추출(Feature selection), 단어 연관성(Term association), 군집화(Cluster generation), 주제 식별(Topic identification), 마지막으로는 정보지도작성(Information mapping)을 설명하였다.

III. 연구방법

3.1. 분석 순서

그림 1과 같이 분석의 첫 단계는 분석대상 기업을 선정하는 것이다. 검증된 분석 방법론을 적용할지라도 분석대상 기업이 적절하지 않으면 유용한 결과를 얻을 수 없으므로 매우 신중하게 선정하여야 한다. 분석대상이 선정되면 해당 기업에서 출원한 특허 중, 등록이 완료된 모든 특허 자료를 확보하고 분석이 가능한 형태로 데이터 전처리를 수행한다. 데이터 준비가 끝나면 일반 정보 분석, 주성분 분석을 수행하여 대표 방산기업/기술을 도출해보고 기업선정이 적절하였는지 확인한다. 그리고 국제특허분류 코드로 표현되는 기술들을 특허 등록 빈도에 따라 군집화를 수행하고 주성분 분석결과와 종합하여 기술 경쟁 현황을 도출한다.

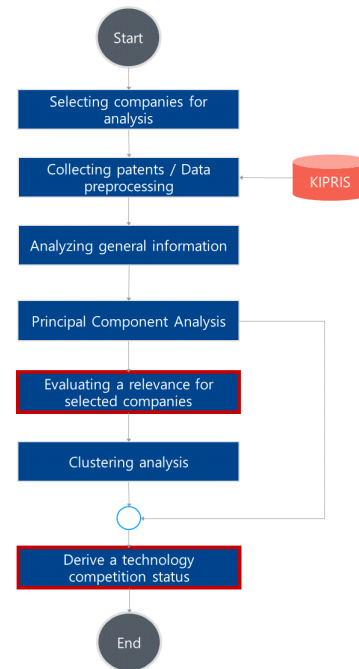


Fig. 1 Analysis procedure for a data mining

3.2. 분석대상 기업 선정

방산 업체는 방위사업법 제35조(방산업체의 지정 등)에 따라 화력, 탄약, 기동, 항공·유도, 함정, 통신·전자, 화생방, 기타 분야로 분류된다. 그리고 생산하는 물자에 따라 다시 주요 방산 업체와 일반 방산 업체로 구분한다.

선행연구(참고문헌 [6])는 이 분류체계를 활용하여 통신·전자 분야로 분류된 업체를 분석대상으로 선정하였다. 그러나, 방위사업법에 근거한 기업 분류기준은 기술적 측면을 고려한 것이 아니라 업체가 생산하는 물자가 어떤 무기체계에 적용되는가에 따라 업체를 분류한다. 따라서, 해당 업체가 방위산업 시장에서 경쟁하고 있는 기술 분야와는 다소 차이가 있다. 예를 들면, 통신·전자 분야로 분류된 비즈로밀텍은 열전지, 복합소재 등을 제조하고, 연합정밀은 주로 케이블과 커넥터류를 제조하며 이화전기공업은 발전기와 배터리 등 전원 관련 제품을 중점적으로 개발한다. 또한, LIG넥스원은 통신·전자 분야에서 많은 연구개발 활동을 수행하고 있는 주요 방산 업체 임에도 항공·유도 분야에 한정되어 분류되었다.

본 장에서는 분석대상 업체 선정에 적용할 새로운 기준을 제시한다. 방위사업법에서 화력, 탄약, 기동, 함정, 화생방 분야로 분류된 업체는 주력 연구 분야가 통신·전자 분야와 거리가 멀다. 그러나 항공·유도와 통신·전자 분야는 요소기술에 상당히 많은 공통점이 존재하기 때문에 이 2개 분야에 소속된 기업들을 대상으로 주력 연구개발 분야를 확인한다. 통신·전자 분야와의 관련성에 따라 최소 1점에서 최대 3점까지 점수(score)를 부여한다. 단, 분석의 효율성을 고려하여 결과에 영향을 크게 주지 않는 소규모 기업은 제외하였다. 표 1은 항공·유도 분야와 통신·전자 분야에 해당하는 업체와 업체를 구분하기 위해 임의로 부여한 식별자(ID)에 대한 목록이다.

Table. 1 List of defense companies and ID

ID	Aviation-Guidance Companies	ID	Communication-Electronics Companies
A1	Dawin Friction	C1	Victek
A2	Korea Air	C2	Yeonhab Precision
A3	Korea Aerospace Industries	C3	Wooribyul
A4	Hankuk Fiber	C4	Eosystem
A5	Hanwha Aerospace	C5	Hanwha Systems
A6	LIG Nex1	C6	Hyundai jcomm
A7	Danam Systems	C7	Huneed Technology
A8	Kolon Dacc Composite	C8	Ehwa Technologies Information
A9	Korea Lost-Wax		
A10	Navcours		

표 2는 앞서 제시한 업체 선정 기준에 따른 기업별 적절성 평가 결과(score)이며 표 3은 해당 평가 결과를 토

대로 선정한 분석대상 기업 목록이다.

Table. 2 Scorecard of a relevance

Company ID	Business Field	Score
A1	brake pad for tank/vehicle/air-vehicle	1
A2	Airborne platform	1
A3	Airborne platform	1
A4	composite structure, pipe, Rolling component	1
A5	air engine technology	1
A6	PGM, ISR, C4I, avionics, EW, maritime, unmanned/robot, cyber/M&S	3
A7	datalink, anti-jamming, avionics, space launch solution, unmanned vehicle solution	3
A8	composite structures	1
A9	investment casting	1
A10	low aperture antenna, intergrated-navigation	3
C1	power module, power amp, signal processing	3
C2	cable, connector, rf accessory	1
C3	optical-communication, satellite communication, wired&wireless communication	3
C4	electric-optical, optical-electric signal processing	3
C5	PGM, Avionics, ISR, C4I, EW	3
C6	battle field management system, M&S, communication	3
C7	C2, tactical datalink, avionics	3
C8	power supplier, battery charger, rectifier, air conditioning unit	1

Table. 3 Selected companies for analysis

Major defense company (7)	General defense company (2)
LIG Nex1	Danam Systems
Hanwha Systems	Navcours
Huneed Technology	-
Victek	-
Eosystem	-
Wooribyul	-
Hyundai jcomm	-

3.3. 특허 데이터 수집 및 데이터 전처리

특허 데이터 수집을 위해 한국특허정보원이 운영하고 대한민국 특허청에 등록된 자료를 무료로 제공하는 키프리스(kipris) website를 활용하였다. 분석은 앞서 선정된 기업의 특허를 대상으로 하였고 자료의 중복을 방

지하기 위하여 출원 자료는 배제하고 등록 완료된 특허만 수집하였다. 키프리스(kipris)에서 제공하는 특허 정보는 엑셀 파일로 제공되며 출원번호, 발명의 명칭, 국제특허분류(IPC), 출원/등록일자, 등록번호 등의 정보를 포함한다. 본 연구는 IPC 정보를 활용하여 대표 기술을 도출하므로 분석대상 기업으로 선정된 9개 기업의 특허 데이터 2,622건(등록 기준)을 수집한 후, 표 4와 같이 IPC 분류 코드별 기업의 특허 개수를 행렬 데이터 형태로 가공하였다.

Table. 4 IPC type/number per selected companies

IPC	A6	C5	C7	C1	A7	C4	C3	A10	C6
A45C	0	0	0	0	0	1	0	0	0
B25J	31	0	0	0	0	0	0	0	0
B60W	0	0	0	0	0	2	0	0	0
B62H	0	0	0	2	0	0	0	0	0
B63G	19	0	0	0	0	0	0	0	0
B64C	19	0	0	0	0	0	0	0	0
B64D	0	15	0	0	1	0	0	0	1
C09D	0	0	0	0	0	1	0	0	0
F41F	25	0	0	0	0	0	0	0	0
F41G	63	33	0	0	0	9	0	0	0
F41H	15	17	0	0	0	0	0	0	0
F42B	56	0	0	0	0	0	0	0	1
G01B	0	0	0	0	0	4	0	0	0
G01C	17	14	0	0	0	4	0	0	0
G01D	0	0	0	0	0	1	0	0	0
G01H	0	0	0	0	1	0	0	0	0
G01J	0	18	0	0	0	5	0	0	0
G01M	21	0	0	0	1	0	0	0	0
G01N	0	0	0	0	1	0	0	0	0
G01R	64	18	0	1	0	0	1	1	0
G01S	276	155	0	2	0	3	0	3	1
G02B	0	22	0	0	0	19	0	0	0
G03B	0	9	0	0	0	2	0	0	0
G04G	0	0	0	0	0	1	0	0	0
G05D	15	0	0	0	0	0	0	0	0
G06F	83	50	0	0	2	0	0	0	0
G06K	0	0	0	1	0	0	0	0	0
G06Q	0	0	1	2	0	0	0	0	0
G06T	37	32	0	0	0	0	0	0	0
G07C	0	0	0	1	0	0	0	0	0
G08B	0	0	0	0	0	0	1	0	0
G08C	0	0	0	0	0	0	0	0	2
H01L	0	0	0	1	0	0	0	0	0
H01M	0	0	0	0	0	1	0	0	0

IPC	A6	C5	C7	C1	A7	C4	C3	A10	C6
H01N	0	0	0	0	0	1	0	0	0
H01P	0	11	0	0	0	0	0	0	0
H01Q	61	102	1	0	4	0	0	3	0
H01R	0	0	0	0	0	0	0	1	0
H02M	0	0	0	1	1	1	0	0	0
H02S	0	0	0	0	0	0	1	0	0
H03L	0	16	0	0	0	0	0	0	0
H03J	0	0	1	0	0	0	0	0	0
H03K	0	0	0	1	0	0	0	0	0
H04B	53	95	2	1	0	0	2	0	2
H04J	0	11	0	0	0	0	0	0	0
H04L	87	86	1	0	0	0	0	0	1
H04M	0	0	0	0	0	0	2	0	0
H04N	29	40	0	0	3	0	0	0	0
H04W	70	57	0	0	0	0	2	0	2
H05K	23	14	0	0	0	0	0	0	1

3.4. 일반정보 분석

수집된 특허 데이터의 단순 분석을 통해서도 기업의 특허 활동과 국제특허분류(IPC)에 기반한 기술별 특허 활동 현황을 어느 정도 파악할 수 있다. 이후에 주성분 분석과 군집 분석 등의 통계적 분석을 수행하고 결과를 도출하는 단계에서 일반 정보를 종합하면 더 나은 분석 결과를 도출할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 분석대상 기업별 특허의 개수와 비율, IPC 분류별 특허 개수 현황, 평균 이상의 특허가 등록되어있는 IPC 분류 현황 등을 파악하였다.

기업체별 특허의 개수와 비율 현황은 어떤 기업이 활발한 특허 활동을 하고 있는지를 알려주며, IPC 분류별 특허 개수는 기술 분야별로 연구개발 활동의 활성화 수준을 알려준다. 평균 이상의 특허가 등록되어있는 IPC 분류 현황 정보는 산업에서 평균 이상으로 활발히 연구되고 있는 기술 분야를 추정할 수 있다.

3.5. 주성분 분석

주성분 분석은 통계적 분석 기법의 하나로서 통계적 기법을 활용하면 방대한 데이터에서 나타나는 경향성으로부터 표면에 드러나지 않는 숨겨진 정보를 도출해 낼 수 있다. 본 연구의 목적은 특허 데이터를 분석하여 특정 분야의 대표 기업과 기술들을 도출하는 것이기 때문에, 이에 적합한 데이터 구조를 생성해야 한다. 본 연구에서는 이를 위해 앞 절에서 제시한 ‘IPC 분류 코드-

기업 특허 개수' 행렬을 통계분석을 수행할 데이터로 설정하였다. 즉, 9개 기업체를 그래프의 축으로 각각 정의하고 IPC 분류 코드를 개체(object)로 설정하여 9차원 그래프상에서 점을 찍으면, IPC 분류 코드의 분산 형태로부터 정보를 추출할 수 있다.

주성분 분석은 고차원의 데이터를 저차원의 데이터로 변형시켜 분석이 용이하도록 도와주는 통계분석 기법으로 행렬 계산을 통해 이루어진다. 다음의 내용 전체는 주성분 분석을 위한 세부 절차이다.[9][10][11]

분석대상 자료 $n \times p$ 로 구성된 행렬 X 는 $n \times k$ 인 스코어 행렬(Score matrix) T 와 $p \times k$ 인 로딩 행렬(loading matrix) W 의 선형결합으로 표현할 수 있으며, 벡터 계산식은 아래와 같다.

$$t_{(k)} = x_{(i)} \cdot w_{(k)} \quad (1)$$

여기서 $t_{(k)}$ 는 주성분 스코어 벡터로 $t_{(k)} = (t_1, \dots, t_k)_{(i)}$, $X_{(i)}$ 는 분석 대상 자료 X 의 행 벡터, $W_{(k)}$ 로딩 벡터로 $w_{(1)} = (w_1, \dots, w_p)_{(k)}$ 이다. 식 1을 이용하여 1번째 주성분을 아래 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$W_{(1)} = \arg \max_{\|W\|=1} \left\{ \sum_i (t_1)_{(i)}^2 \right\} \\ = \arg \max_{\|W\|=1} \left\{ \sum_i X_{(i)} \cdot W \right\} \quad (2)$$

여기서 W 는 $X_{(i)}$ 에 대응되는 고유벡터이며, 식 2를 통해 k 번째 주성분 및 계수 벡터를 구하는 식은 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$W_{(k)} = \arg \max_{\|W\|=1} \left\{ \left\| \left(X - \sum_{s=1}^{k-1} X W_{(s)} W_{(s)}^T \right) W \right\|^2 \right\} \quad (3)$$

상기 절차에는 주성분 분석대상 자료의 정규화 과정이 생략되었다. 주성분 분석의 문제는 척도에 영향을 받는다는 점이다. 변수들의 선형결합을 유도할 때 분산을 이용하기 때문에 결과적으로 공분산 행렬로부터 유도된 주성분은 측정 단위의 크기에 좌우된다. 본 연구에 사용될 특허 데이터의 양은 해당 분야에서의 업체의 능력 뿐만 아니라, 규모에 의해서도 크게 영향을 받는다. 따라서 방산 업체의 규모가 전체적인 통계적 경향을 좌우하지 않도록 하고 가능한 동등하게 비교를 수행할 수 있도록 업체별로 등록된 특허의 개수를 정규화한다.

3.6. 군집 분석

주성분 분석결과를 기반으로 방산 기업 간의 기술 경쟁 현황을 도출하기 위하여 군집 분석을 수행하였다. 군집 분석은 주성분 분석을 통하여 축소된 차원에서 형성되는 분산의 모양으로부터 n 개의 객체 중에 k 개의 군집을 찾는 것으로 본 연구에서는 이상치에 강건한 K-medoids 알고리즘을 적용하였다.

본 연구에서는 통계 분석을 위한 도구로 R 프로젝트를 사용하였으며 해당 도구는 cluster 패키지의 pam() 함수를 통해 K-medoids 알고리즘을 이용한 군집 분석 기능을 제공한다. K-medoids 군집화는 비계층적 군집화 알고리즘으로, 사전에 군집의 개수를 정해주어야 한다. 따라서, 임의로 군집의 개수를 지정하여 군집화를 수행한 후, 반드시 군집의 결과가 적절한지 검증하는 과정을 거쳐야 한다. 본 논문에서는 군집결과의 신뢰성을 평가하기 위한 방법 중 실루엣 너비(Silhouette width)를 활용하였다.

실루엣 너비값이 1에 가까울수록 표본은 근처에 있는 군집보다 자신이 속한 군집에 더 유사성이 큼을 나타내며, -1에 가까울수록 자신이 속한 군집보다 다른 군집과의 유사성이 더 큼을 나타낸다. 즉, 이 실루엣 너비 값을 이용하여 (i) 군집의 개수를 고르거나, (ii) 얼마나 개의 표본들이 잘 군집 되었는지를 객관적으로 평가할 수 있다.[12]

IV. 사례분석 결과

4.1. 일반 정보 분석결과

표 5는 기업별 특허 현황으로 전체 2,622건의 특허 데이터 중 LIG넥스원이 1,471건, 한화시스템이 1,036건이다. 이 2개 기업이 출원한 특허가 전체 특허의 95.61%를 차지하므로 통신·전자 분야를 실질적으로 이끌고 있는 기업으로 판단된다.

그림 2는 총 50종의 IPC에 대한 특허 개수를 나타내며 IPC별 특허 개수는 평균 13.9개이다. 표 6은 그림 2의 IPC 중 특허 개수가 평균 이상인 IPC 목록으로 모두 12개의 IPC(F41G, F42B, G01R, G01S, G02B, G06F, G06T, H01Q, H04B, H04L, H04N, H04W)가 이에 해당된다. 그 중 G01S 기술이 440건으로 전체의 22.06%에 달하여 가장 활발하게 연구되고 있는 분야임을 확인할

수 있었다.

Table. 5 Status of a patents per defense companies

defense company	Number of a patent	percentage
LIG Nex1	1,471	56.10%
Hanwha Systems	1,036	39.51%
Huneeed Technology	6	0.23%
Victek	13	0.50%
Eosystem	54	2.10%
Wooribyuul	10	0.38%
Hyundai jcomm	11	0.42%
Danam Systems	14	0.53%
Navcours	7	0.27%
Total	2,622	100%

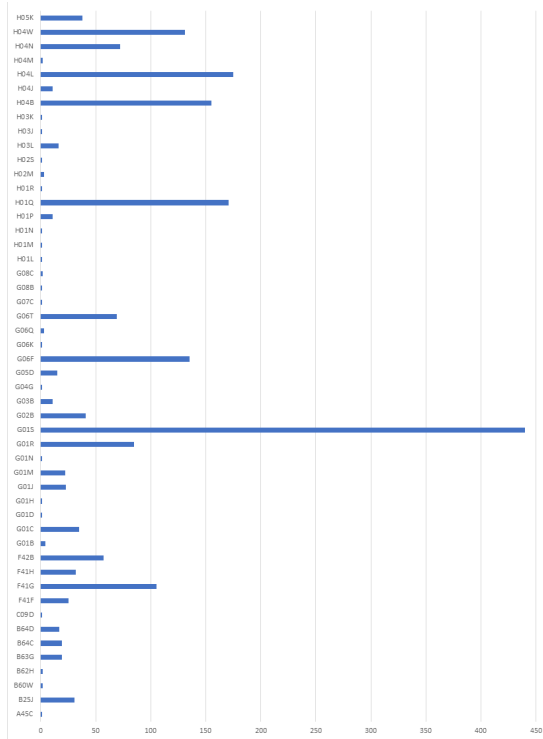


Fig. 2 Numbers per a patent type

Table. 6 IPC type/numbers above total IPC average

IPC	numbers	IPC	number	IPC	number
F41G	105	G02B	41	H04B	155
F42B	57	G06F	135	H04L	175
G01R	85	G06T	69	H04N	72
G01S	440	H01Q	171	H04W	131

4.2. 주성분 분석결과

주성분 분석을 수행하기 위해서 표 4의 데이터를 입력 데이터로 사용하였다. 그러나 일반 정보분석 결과에서 보듯이 LIG넥스원과 한화시스템에서 출원한 특허의 개수가 다른 기업체 대비 압도적(95.61%)으로 높았다. 하지만 특허의 개수는 기업의 절대적인 능력뿐만 아니라 규모에 의해서도 크게 영향을 받기 때문에, 업체 간 동등한 비교를 위해 특허의 개수를 정규화하여 주성분 분석을 수행하였다. R 프로젝트에서 prcomp() 함수를 이용하였고 데이터 정규화를 위하여 scale option에 T를 적용하였다. 표 7은 prcomp() 함수에 의한 주성분 분석 결과이다.

Table. 7 Result of a principal component analysis

Importance of Components	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
Standard deviation	1.7652	1.2723	1.0802	1.0179	0.89331	0.76280	0.61536	0.49619	0.24050
Proportion of Variance	0.3462	0.1799	0.1296	0.1151	0.08867	0.06465	0.04207	0.02736	0.00643
Cumulative Proportion	0.3462	0.5261	0.6557	0.7708	0.85949	0.92414	0.96622	0.99357	1.00000

주성분 분석을 통해 9개의 변수(방산 업체)는 9개의 주성분으로 변환되었고 각 주성분의 표준편차가 1.7652 부터 0.24050까지로 분석되었다. 주성분 분석의 목적은 변수의 개수를 줄여 차원을 축소하는 것이기 때문에 원 데이터의 통계적 특성이 변하지 않는 범위 내에서 주성분의 개수를 최소화하여 선택하여야 한다. 주성분 개수를 줄이고 데이터의 가시화를 고려하여 스크리 그림을 통해 주성분 개수를 선정하였다. 그림 3은 표 7에 대한 스크리 그림으로 3번째 주성분을 elbow point로 판단하여 주성분 1~3을 최종 선택하였다.

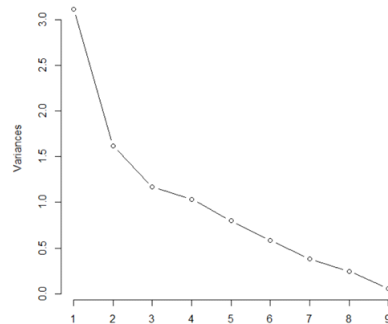


Fig. 3 Scree Plot

3개의 주성분은 데이터의 분산을 설명하는 원래 변수(9개의 기업)의 선형결합으로서, 각 변수 앞의 계수를 고유벡터라고 하며 주성분에 대한 변수의 영향력을 나타낸다. 표 8은 3개의 주성분에 대한 고유벡터 값을 나타낸다. 주성분 1은 한화시스템(0.54), LIG넥스원(0.48), 넵코어스(0.43) 순으로 영향력이 강하고 주성분 2는 우리별(0.56), 현대제이콤(0.47), 단암시스템즈(-0.41), 넵코어스(-0.37), 주성분 3은 단암시스템즈(0.62), 이오시스템(-0.61) 순으로 영향력이 강하다.

Table. 8 Eigenvectors of PCs

	PC1	PC2	PC3
LIG Nex1	0.47969548	-0.13939352	-0.26011093
Hanwha Systems	0.53501343	-0.0780374	-0.04646675
Huneed Technology	0.30291506	0.29011575	0.27496013
Victek	0.22879631	0.03682675	-0.30659567
Danam Systems	0.18406401	-0.4074014	0.61847324
Eo system	-0.02856136	-0.2001728	-0.60889531
Wooribyul	0.17286642	0.56161539	0.07628365
Navcours	0.42555961	-0.37776904	0.00855041
Hyundai jcomm	0.30637968	0.47412015	-0.03773868

통신·전자 분야의 대표 방산업체와 기술을 도출하기 위하여 주성분별로 업체(변수)와 기술(객체)의 기여도를 다음과 같이 분석하였다.

그림 4, 8은 주성분 1에 대한 분석결과로 한화시스템, LIG넥스원, 넵코어스에 의해 G01S, H01Q, H04B, H04L, H04W 기술 분야에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있고 대표 방산업체/기술분야는 한화시스템/G01S이다.

그림 5, 9는 주성분 2에 대한 분석결과이며 우리별, 현대제이콤, 단암시스템즈, 넵코어스에 의해 H04B, H01Q, H04W, G01S, H04M, H04N, G08C, G06F, G02B 기술 분야에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있고 대표 방산업체/기술분야는 우리별/H04B이다.

그림 6, 10은 주성분 3에 대한 분석결과로 단암시스템즈, 이오시스템에 의해 G02B, H01Q, G01S, H04N, F41G, G06F 기술 분야에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있고 대표 방산업체/기술분야는 단암시스템즈/G02B이다.

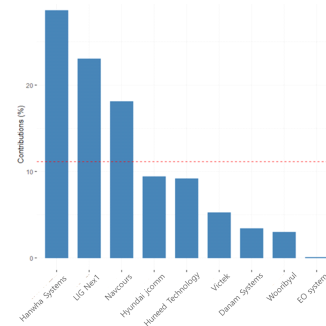


Fig. 4 Contribution of variables to PC1

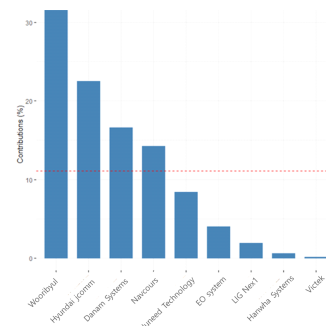


Fig. 5 Contribution of variables to PC2

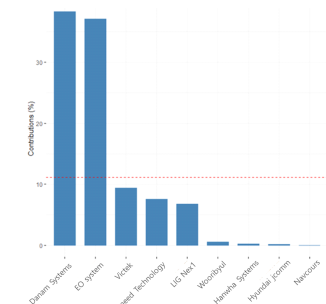


Fig. 6 Contribution of variables to PC3

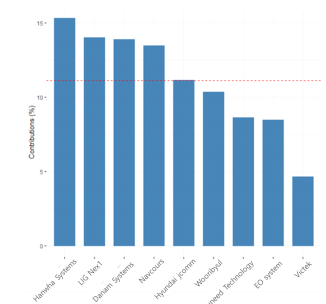


Fig. 7 Contribution of variables to PC1~3

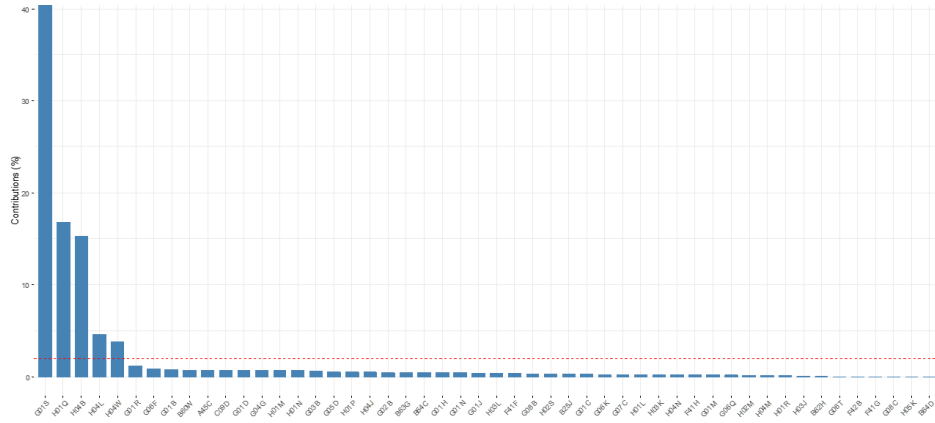


Fig. 8 Contribution of individuals to PC1

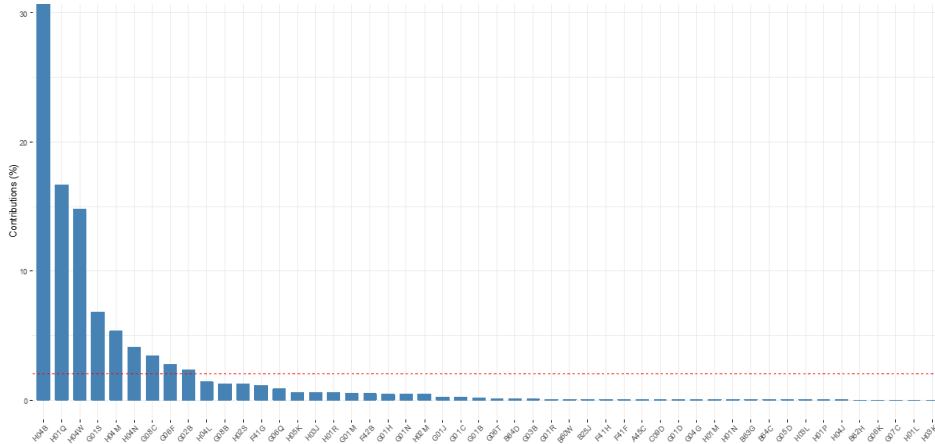


Fig. 9 Contribution of individuals to PC2

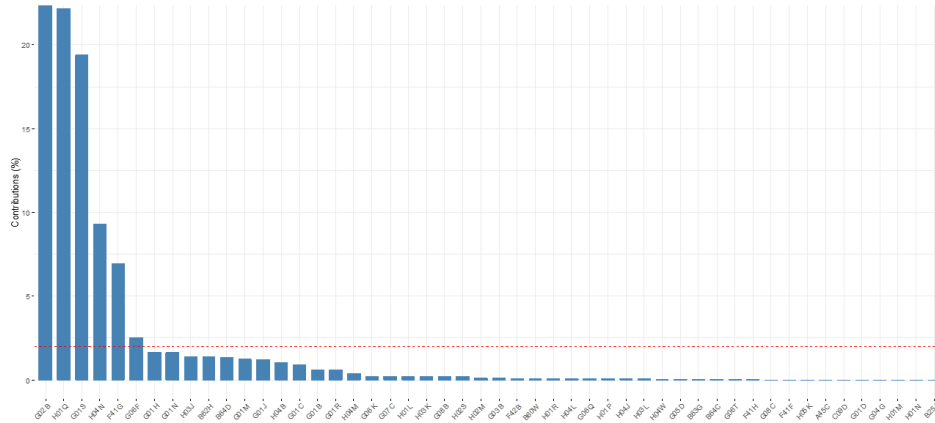


Fig. 10 Contribution of individuals to PC3

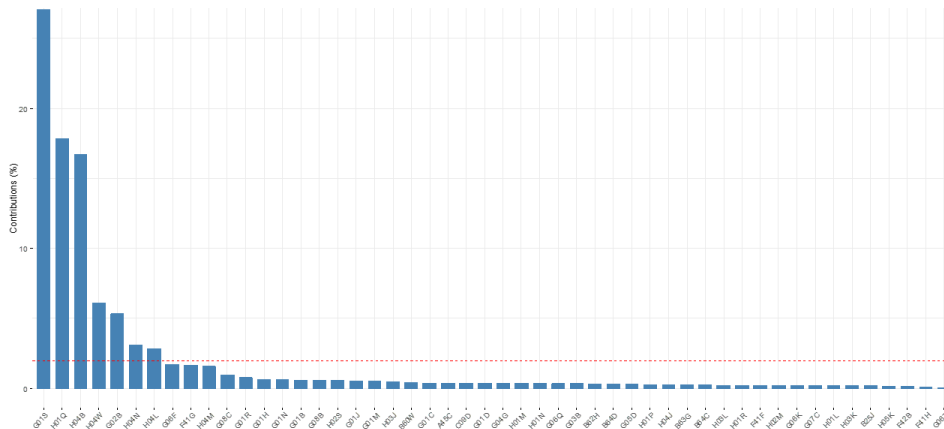


Fig. 11 Contribution of individuals to PC1~3

그림 7, 11은 주성분 1~3을 종합하여 분석한 결과로서 한화시스템, LIG넥스원, 단암시스템즈, 넵코어스에 의해 G01S, H01Q, H04B, H04W, G02B, H04N, H04L 기술 분야에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있고 대표 방산업체/기술분야는 한화시스템, LIG넥스원/G01S이다. 마지막으로 표 9에 주성분 분석결과를 토대로 변수에 해당하는 기업과 객체에 해당하는 IPC에 따른 기여도를 요약하였다.

Table. 9 Summary of contributions

Variables		Individuals	
defense company	Contribution (%)	IPC	Contribution (%)
Hanwha System	15.32	G01S	27.06
		H01Q	17.80
LIG Nex1	14.02	H04B	16.71
		H04W	6.09
Danam System	13.90	G02B	5.30
Navcours	13.48	H04N	3.10
		H04L	2.83

4.3. 대표 방산기업 및 기술 도출

본 연구의 주성분 분석결과는 대표 방산업체로 한화시스템과 LIG넥스원을 도출하였고 대표 기술은 G01S를 도출하였다. 한화시스템과 LIG넥스원은 항공·유도, 통신·전자 분야에서 국내 시장을 양분하고 있는 종합 방위산업체이고 G01S는 ‘무선에 의한 방위결정; 무선항행; 무선전파의 사용에 의한 거리 또는 속도의 결정; 무

선전파의 반사 또는 재방사의 사용에 의한 위치 또는 무의 탐지; 기타의 파류를 사용하는 유사한 방식(무선전파, 음파 또는 기타의 파의 반사 또는 재방사와 무관한 다른 방법에 의한 물체 또는 목표물의 탐지)’ 기술을 의미한다.

한화시스템과 LIG넥스원의 주요 사업분야는 유도무기, 항공·전자, 지휘·통제, 통신 분야이고 특허 출원 분야 역시 G01S가 압도적으로 높은 기업이다. 대표 기술 역시 레이더 관련 기술인 G01S로서 해당 기술은 유도무기, 감시정찰, 지휘통제, 통신 분야 등 주요 무기체계 전반에 적용되는 핵심기술이다.

4.4. 기술 군집화를 통한 기술 경쟁 현황 도출

주성분 분석결과는 대표 방산업체와 대표 기술들을 알려주지만, 기업의 경쟁력 강화를 위한 기술기획 활동에 유용한 정보는 제공해 주지는 않는다. 본 연구에서는 군집 분석을 활용하여 특허 데이터의 기술 객체들을 군집화하고 각 군집별 변수의 기여도와 분산의 방향 정보를 종합하여 산업 현장에서의 기술 경쟁 현황을 도출하였다.

R 프로젝트에서 제공하는 pam() 함수를 이용하여 k-medoids 군집화를 수행하였으며 군집화 수행 시, 임의로 군집의 개수를 설정해 주어야 하므로 군집화 결과에 대해서 실루엣 분석을 통해 검증하는 과정을 반복하여 최적의 군집 수를 도출하였다. 그림 12는 임의로 선정한 군집 수에 따른 군집 타당성 평가 결과로 군집 수 k=4일 때, 실루엣 너비가 가장 큰 값을 갖기 때문에 군집

수는 4로 적용하였다. 그림 13은 군집 수 4에 대한 실루엣 분석결과이고 그림 14는 군집결과를 주성분 1~2를 이용한 2차원 그래프로 도시하였다.

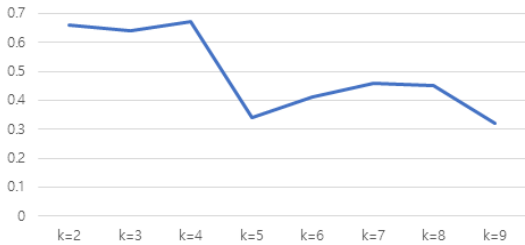


Fig. 12 Result of silhouette analysis per cluster

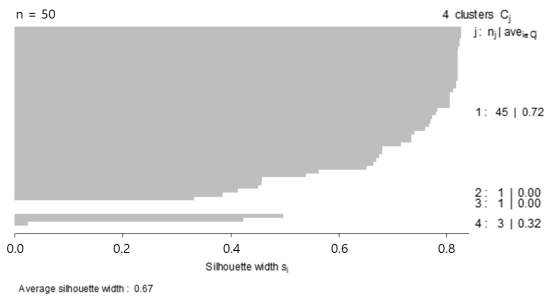


Fig. 13 Silhouette plot of k=4

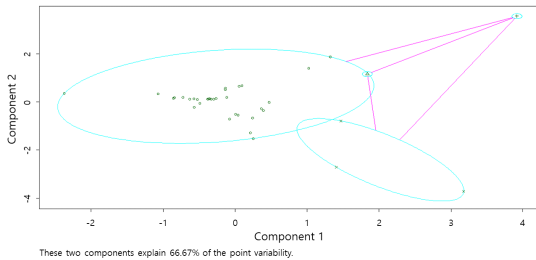


Fig. 14 Clustering Plot (2-Dimension)

Table. 10 IPCs per cluster number

Cluster Number	IPC
cluster 1	G01S
cluster 2	H01Q
cluster 3	H04B, H04L, H04W
cluster 4	others

그림 14에 나타난 분산은 군집이 4개 존재하며 50개의 기술(IPC) 분야 대부분이 하나의 군집 내에 집중되어

있음을 알 수 있다. 또한, 나머지 기술(IPC) 5개 중 3개가 또 다른 군집을 형성하고 잔여 기술 2개는 각각 독립적인 그룹을 형성하고 있음을 확인할 수 있다. 아래 표 10은 군집 별로 소속된 IPC 목록으로, 군집 별 기술 분야를 파악할 수 있다.

군집화된 기술과 방산업체의 관련성을 부여하기 위하여 주성분 분석을 통해 도출한 주성분 별 변수와 객체의 기여도 정보와 행렬도(biplot) 정보를 종합적으로 분석하였다.

그림 15는 주성분 점수로 기술(IPC)을 그래프에 도시하고 동시에 변수가 주성분에 미치는 영향력을 함께 도시한 행렬도(biplot)이다.

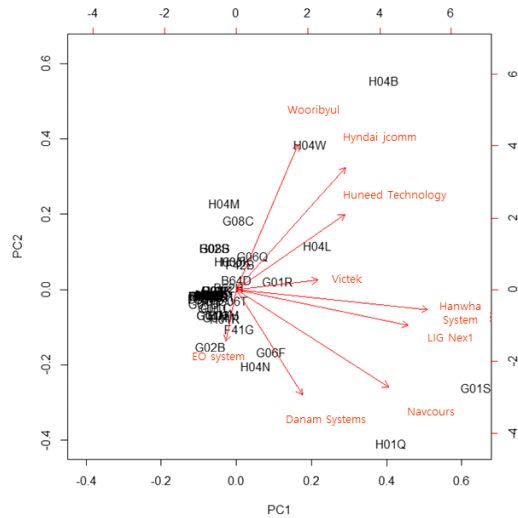


Fig. 15 Biplot

그림 15에서 검은색 점은 기술(IPC)을 의미하고 붉은색 선은 변수를 의미한다. 붉은색 선이 주성분과 평행할수록 해당 선의 변수는 평행한 주성분에 더 많은 영향력이 있다는 것을 의미하고 선의 길이가 길수록 변수의 분산이 크다는 것을 의미한다. 따라서, 그림 15를 분석하면 한화시스템과 LIG넥스원이 주성분 1에 가장 큰 영향력을 행사하는 변수이고, 우리별, 현대제이콤, 단암시스템, 넵코어스가 주성분 2에 큰 영향력을 행사하는 변수임을 육안으로도 쉽게 파악이 가능하다.

최종 결론을 도출하기 위하여, 군집 분석결과를 행렬도에 대입하면, 1번 군집인 G01S는 주성분 1에 치우쳐

있으므로 한화시스템과, LIG넥스원, 넵코어스가 가장 활발하게 연구하고 있는 분야로 판단하였다. 2번 군집인 H01Q는 주성분 1과 2의 성분이 동등하기 때문에 넵코어스와 단암시스템즈가 주력으로 연구하고 있는 분야로 판단되었다. 주의할 점은 그림 5의 주성분 2에 대한 변수 기여도 분석결과에서 우리별과 현대제이콤이 영향력이 가장 높은 것으로 분석되었으나 군집 분석과 행렬도를 통해 영향력의 방향이 H01Q와 반대 방향으로 형성되어있음을 확인하였기 때문에 해당 업체들을 배제해야 함을 유의해야 한다. 3번 군집인 H04B, H04L, H04W에 대해서도 같은 방법으로 우리별, 현대제이콤, 휴니드, 빅텍이 활발하게 연구하고 있는 기술로 분석되었다. 나머지 기술들은 특정 주성분으로 편향되어 있지 않기 때문에 전체 기업에서 고르게 연구하고 있는 분야로 볼 수 있다. 표 11은 주성분 분석과 군집 분석의 결과를 종합하여 요약한 것이다.

Table. 11 Integrated result of a PCA & Clustering

Cluster	IPC	defense company	Technology
1	G01S	Hanwha Systems LIG Nex1 Navcours	Radar (system & component)
2	H01Q	Navcours Danam Systems	Small aperture antenna
3	H04B	Wooribyul	Communications (component)
	H04L	Hyundai jcomm Huneed Technology	
	H04W	Victek	
4	others	All companies	others

주성분 분석결과는 한화시스템, LIG넥스원, 단암시스템즈, 넵코어스에 의해 G01S, H01Q, H04B, H04W, G02B, H04N, H04L 기술 분야 연구가 활발히 이루어지고 있음을 알려주지만, 기업 간 경쟁 분야에 대해서 알려주지 않는다. 하지만 군집 분석결과를 종합하면 표 11과 같이 세부 기술 분야별로 어떤 기업들이 경쟁 관계에 있는지를 추가로 도출해 낼 수 있음을 확인할 수 있었다.

V. 결론

5.1. 요약 및 시사점

지금까지 특허 분석을 통해서 활발하게 연구개발 활

동을 수행하고 있는 대표 방산업체와 기업별 주력 연구 분야를 통신·전자 기술 분야 사례에 적용하여 도출하였다. 그 결과, 방위사업법 제35조를 근거로 지정된 분야별 방산업체 선정 기준은 행정 소요를 위하여 설정된 것이기 때문에 특정 기술 분야의 현황 분석을 목적으로 활용하기에는 불충분하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 주성분 분석을 통해 식별된 대표 방산업체와 기술들간의 경쟁 현황을 추가로 확인하고자 할 때, 군집 분석이 효과적인 방법이 될 수 있다는 것도 확인할 수 있었다. 결과적으로 민수 분야처럼 방위산업 분야도 특허 분석으로 시장의 연구개발 현황을 파악하고 이에 기반한 기술기획 및 전략 수립 활동을 수행할 수 있음을 기대할 수 있었다.

본 연구의 사례분석 결과, 한화시스템(15.32%), LIG넥스원(14.02%), 단암시스템즈(13.90%), 넵코어스(18.11%)가 가장 활발한 연구개발 활동을 수행하는 기업이고 IPC 코드 G01S, H01Q, H04B, H04W, G02B, H04N, H04L가 이들 기업에 의해 활발하게 연구되고 있는 주요 기술 분야인 것으로 도출되었다. 그리고 군집 분석을 추가로 수행하여, G01S 기술 분야가 가장 왕성하게 연구되는 기술 분야이며 한화시스템과 LIG넥스원, 넵코어스가 해당 기술 분야를 주도하고 있음을 확인하였다. 그 다음으로, H01Q 기술이 넵코어스, 단암시스템에 의해 활발히 연구되고 있고 우리별, 현대제이콤, 휴니드 테크놀로지, 빅텍은 H04B, H04L, H04W 기술을 중심으로 연구개발 활동을 수행하고 있으며, 나머지 기술 분야는 전체 업체가 고르게 관련 연구를 수행하는 것으로 도출되었다.

본 논문의 연구 결과를 통해, 국내 방산 기업의 기술 기획 역량 강화를 위하여 특허 분석이 유용한 도구가 될 수 있음을 확인할 수 있었고 더욱 발전시켜 나갈 필요성이 있다고 판단하였다.

5.2. 향후 과제

기업의 기술기획 및 전략 수립 활동을 효과적으로 지원하기 위해서는 본 연구에서 제시한 방법론을 기술 로드맵 수립에 활용할 수 있는 방법으로 발전시켜 나갈 필요가 있다. 이를 위해서 특허 자료를 일정 단위의 기간으로 구분하여 분석해 봄으로써, 기간별 주요 기술의 변화를 관찰하여 미래를 예측하는 방법을 고려해 볼 수 있을 것이다. 또한, 해외 특허 분석결과는 국내 방위산업

의 기술 로드맵 수립에 참고자료로 활용할 수 있을 것이다. 마지막으로, 특히 데이터는 기술 분야를 나타내는 국제특허분류코드(IPC) 외에도 특허의 명칭, 요약, 청구항 등 다양하고 구체적인 정보들을 모두 포함하고 있기 때문에 텍스트 마이닝 기법 등을 활용하면 훨씬 정확하고 구체적인 정보들을 효과적으로 분석할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

REFERENCES

- [1] H. S. Bae, "Determination of the ROC freeze timing for maximizing lifetime of weapon system," M. S. Thesis, Seoul National University, Seoul, 2017.
- [2] H. R. Park, Y. S. Kwon, G. M. Choi, and I. H. Kim, "Analysis of a ACTD project and research for a efficient operation method," Korea Research Institute for Military Affairs, Technical Report, 2013.
- [3] Agency for Defense Development. Future Challenging Technology Development [Internet]. Available: <http://www.k-darpa.org>.
- [4] J. W. Bae, "Technology and Korea's Competitiveness Analysis through UAV Patent Analysis," *Journal of Korea Institute of Communications and Information Science*, vol. 41, no. 12, pp. 1868- 1875, Dec. 2016.
- [5] C. H. Son, "Study for Analyzing defense Industry Technology using Datamining technique: Patent Analysis Approach," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 19, no. 10, pp. 101-107, Oct. 2018.
- [6] J. E. Kim, and Y. S. Cho, "The Representative Technology Field Analysis of Domestic Defense Companies in Communication-electronics based on Patent Information Data," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol 18, no. 4, pp. 446-458, Apr. 2017.
- [7] J. E. Kim, Y. S. Cho, and Y. R. Kim, "The Major Common Technology Field Analysis of Domestic Mobile Carriers based on Patent Information Data," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 18, no. 5, pp. 723-737, May. 2017.
- [8] Y. H. Tseng, C. J. Lin, and Y. I. Lin, "Text mining techniques for patent analysis," *Information Processing & Management*, vol. 43, no. 5, pp. 1216-1247, Sep. 2007.
- [9] I.T. Jolliffe, *Principal component analysis*, 2nd ed. New York, NY: Springer-Verlag New York, 2002.
- [10] W. J. Krzanowski, *Principles of Multivariate Analysis*, Oxford: Oxford University Press, 1988.
- [11] J. E. Jackson, *A User's Guide To Principal Components*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 1991.
- [12] L. Kaufman and P. J. Rousseeuw, *Finding Groups in Data*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005.



백성호(Seong-Ho Baek)

인하대학교 컴퓨터공학 학사
 고려대학교 기술경영전문대학원 국방기술경영학 석사
 LG 넥스원(주) C41연구소 수석연구원
 ※관심분야 : 데이터링크, 통신시스템, 시스템 공학, 실시간시스템, 빅데이터



강석중(Seok-Joong Kang)

고려대학교 기술경영전문대학원
 국방기술경영학과 교수
 ※관심분야 : 실시간시스템, 소프트웨어공학, 획득체계