

국내 우수 연구자의 글로벌 공동연구 활동도 분석 연구 : 신산업 분야를 중심으로

유화선*, 김윤명**양치승***

논문 요약

최근 4차 산업혁명 등 대외적 R&D 환경의 급속한 변화와 이로 인한 과학기술의 융·복합 및 첨단화가 가속화됨에 따라 이에 대응하기 위해 신산업분야를 중심으로 국가 간 공동협력이 점차 활발해짐에도 불구하고, 우리나라는 연구개발 주체의 연구역량 열위, 연구주체의 폐쇄성, 국가 R&D 제도적 미흡 등으로 인해 국가 간 공동연구 활동도가 매우 미흡한 편이다. 2016년 국가과학기술혁신역량평가 국제협력 항목에서도 우리나라의 국제협력 항목지수는 0.206으로 2015년(0.182) 대비 0.024p 상승하였으나, 여전히 OECD 30개국 중 16위에 머무르는 것으로 나타났으며, 국제협력 상위 3개국에 대한 상대수준에서도 평균 10.3% 수준에 불과하여 국제 공동연구 활동도를 높이기 위한 다각적인 개선방안 확립에 대한 요구가 점차 증대되고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 2015년 연구에 이어 미래 신산업 분야에서 우리나라와 해외 주요국의 국제 공동연구 현황을 중심으로 핵심연구자 간(연구 활동도 상위 5위 이하) 국제공동연구에 대한 활동도 비교·분석을 통해 정확한 현황을 진단하고, 향후 우리나라 연구주체의 연구개발 개방화, 국제협력 전략적 분야 및 대상 발굴, 국제공동연구 활성화 등에 대한 발전방안을 고찰하고자 하였다.

국내 및 글로벌 핵심 연구자 간 글로벌 공동연구 현황을 분석하기 위해서 KDD/KM 방법론을 활용한 공동연구자 분석(Co-author analysis)네트워크 기법을 활용하였으며, 동 방법론의 활용을 통해서 신산업 분야 중 가사로봇분야의 상위 10개 국가, 기관, 연구자에 대해 분석하고, 논문 활동도가 높은 글로벌 및 한국의 상위 5위까지의 핵심 연구자를 대상으로 연구자 간 국제공동연구에 대한 현황 및 활동도에 대한 공동연구 네트워크 분석을 수행하였다.

Keyword : 상위 핵심연구자, KDD/KM, 글로벌 공동연구 활동도 비교, 네트워크 분석, 국제협력분야 발굴

* (주)더비엔아이 선임연구원, 성균관대 박사과정, 010-2705-5607, sunyh@the-bni.com,

** (주)더비엔아이 대표이사, 010-5764-3388, ymkim0422@the-bni.com

*** (주)더비엔아이 수석연구원, 010-8770-4469, csyang@the-bni.com

I. 서론

2016년 OECD 회원국을 대상으로 실시한 국가과학기술혁신역량평가 결과, 우리나라는 미국, 스위스, 일본, 독일에 이어 전년도와 동일한 5위를 기록할 정도로 안정적으로 우수한 역량을 보이고 있으며 1위인 미국과의 격차도 지속적으로 줄여나가고 있는 실정이다. 또한 GDP 대비 국가연구개발 투자규모도 4.23%로 세계 1위를 기록하여 정부의 연구개발 역량 혁신의지도 매우 높은 편이다.

하지만 최근 과학기술의 융·복합 및 다양화가 가속화 되고 연구개발의 위험성·불확실성이 높아지는 현상에 대응하기 위해 국가 간 공동협력 강화를 통한 상호 간 역량공유 및 시너지 효과 창출이 점차 활발해짐에도 불구하고, 우리나라는 연구개발 주체의 연구역량 열위, 연구주체의 폐쇄성, 국가 R&D 제도적 미흡 등으로 인해 글로벌 공동연구 활동도가 매우 미흡한 편이다.

2016년 국가과학기술혁신역량평가 국제협력 항목에서도 우리나라의 국제협력 항목지수는 0.206으로 전년(0.182) 대비 0.024p 상승하였으나, 여전히 OECD 30개국 중 16위(룩셈부르크 1위 2.000)에 머무르는 것으로 나타났으며, 국제협력 상위 3개국에 대한 상대수준에서도 평균 10.3% 수준에 불과하여 국제 공동연구 활동도를 높이기 위한 다각적인 현황분석 및 개선방안 확립에 대한 시급성이 점차 증대되고 있다.

[표 1] 국제협력 항목 지표별 순위 및 수치

항목	지표	한국순위(년)					한국 상대 수준	상위3국
		'12	'13	'14	'15	'16		
국제 협력	연구원 1인당 국제공동특허 수	15	16	17	14	13	10.1%	룩셈부르크, 스위스, 스웨덴
	GDP 대비 (해외투자+외국인 투자) 비중	17	21	15	17	17	10.5%	룩셈부르크, 아일랜드, 네덜란드
	소 계	16	17	19	16	16	10.3%	룩셈부르크, 아일랜드, 스위스

이러한 저조한 국제협력을 통한 공동연구개발의 원인은 크게 두 가지로 예측할 수 있다. 첫째는 우리나라의 연구개발 생태계의 폐쇄적인 특징을 들 수 있다. 국가연구개발사업의 지원체계에서도 알 수 있듯이 국내 대학 및 연구소 등 국가연구개발사업의 지원대상인 핵심 주체는 대부분이 국내 연구 인프라로 한정되어 있다. 해외의 우수한 연구 인프라를 국가연구개발사업에 참여할 의향을 지니고 있더라도 법·제도적인 제약요인이 이러한 의향의 현실적인 구현을 막는 걸림돌로 작용하고 있

는 것이 현실적인 한계점인 것이다

둘째는 특정 연구개발사업 분야에 대해 선진국 대비 낮은 기술력으로 인해 국제 공동연구의 협력 네트워크 참여가 원천적으로 어려운 것이 기인하고 있다. 국제공동연구에 의한 상호협력 관계는 반드시 대등한 기술력을 보유한 상태에서의 공동의 이익을 얻기 위한 시너지 효과 창출이 주요한 목적이기 때문에 낮은 기술력을 보유한 상황에서는 우리의 의지에 의한 일방적인 공동연구 추진은 그 성과를 기대하기가 사실상 불가능한 상황이 될 것이다.

특히 4차 산업혁명의 영향으로 전통 주력산업 보다는 미래 신산업 분야에서 기술 융복합 및 첨단화 현상이 점차 심화될 것으로 보여 이러한 글로벌 공동연구를 통한 기술혁신 및 개방화에 대한 요구가 거세질 것으로 예측됨에 따라 이에 대응하기 위한 국내 연구체계의 역량강화 및 이를 통한 글로벌 협력 네트워크 진입 기회 확대 기반을 강화해 나가야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 미래 유망 신산업 분야를 중심으로 우리나라와 해외 주요국의 핵심연구자 간 국제공동연구 현황을 중심으로 연구자별, 국가별 국제공동연구에 대한 활동도, 활성화 추이, 연구 성과, 핵심 연구그룹 등에 대한 비교·분석을 통해 정확한 진단을 하고자 한다.

또한 이를 기반으로 향후 우리나라 핵심연구주체를 중심으로 협력 네트워크 강화 및 활성화 방안을 중심으로 연구개발 개방화, 국제공동연구 활성화 등에 대한 발전 방안을 고찰하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 선행연구 탐색

공동연구의 중요성이 커짐에 따라 공동연구 현황을 파악하고자 하는 연구는 증가하고 있으나, 네트워크 분석을 활용하여 국내 주요 신산업별 국가, 기관, 연구자별 국제공동연구에 대한 활동도에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

김태희(2012)는 국가연구개발사업의 지원을 받는 기초 및 원천단계의 연구과제를 대상으로 국제공동연구 성과를 제고할 수 있는 방안을 검토하기 위해 단계별 분석 방법을 달리하였다. 1단계에서는 질적 접근과 양적 접근을 포함한 혼합적 접근방법을 실시하였다. 2 단계에서는 1단계에서 도출된 결과를 토대로 국제공동연구 성과를 제고할 수 있는 방안을 자료포락 분석법을 통해 분석하였다.

박일수 외(2012)는 중소기업과 정부출연(연)이 수행한 공동연구개발 과제의 성과에 영향을 주는 요인들을 연구책임자의 역량과 파트너십 통합, 공동연구경험 등을 중심으로 분석하기 위해 중소기업 공동연구개발 지원 정부출연연구기관인 K 연구원과 공동연구 프로젝트를 수행한 중소기업에 대해 설문조사를 실시하였다.

이준영 외(2012)는 국제 공동연구 논문과 국내 공동연구 논문 간 피인용도 차이는 기관별로도 유의미하게 발생할 수 있음을 인지하고, 이에 대한 분석을 위해 인용영향력 증분(Incremental Citation Impact, ICI) 지표를 적용하여 기초기술연구회 소관 개별 연구기관별로 국제 공동연구 논문과 국내 공동연구 논문의 ICI 지표 값의 차이 및 결과 분석을 실시하였다.

한혁 외(2013)은 한국전자통신학회 논문지를 통해서 나타나는 공동연구 네트워크가 어떤 구조를 보이는지 규명하기 위해 공동연구 논문지에 게재된 논문의 저자들을 12개의 서브 네트워크로 구성하여 분석하였다.

선행연구에서는 주로 공동연구 논문을 질적 또는 양적 분석을 통해 공동연구 성과 제고방안을 다루고 있으며, 본 연구에서는 KDD/KM 기법을 활용하여 국제 공동연구 활성화 방안 등에 대해 다루고자 한다.

2. KDD/KM 기법을 활용한 국제공동연구 분석

가. KDD/KM 방법론의 이론적 고찰

KDD/KM¹⁾ 방법론은 정형데이터, 비정형 데이터 등 대량의 빅데이터로부터 마이닝 기반의 분석을 통해 유용한 지식을 발견하고 이를 시각화(visualization)하는데 활용되는 정량적 분석기반의 방법론을 의미한다. 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 2000년대초부터 미래 유망기술분야를 발굴하고 선제적인 대응을 통한 기술 및 산업분야의 경쟁우위 선점을 위해 2000년대 초부터 KDD/KM을 본격적으로 도입하였다.

미국은 RADAR(CMU, SRI)의 인공지능분석에 의한 Hot spot knowledge 도출, CREA(TPAC, NSF, SPRU)의 미·영 전략적 S&T 연구영역 발굴, NRL Kostoff의 미래 전략분야 도출연구 등을 다양한 연구를 수행해 왔으며, 유럽도 Mapping Excellence in Science&Technology across Europe(CWTS, FhG-ISI)의 생명과학, 나노분야 연구활동 mapping 및 연구성과 비교 측정, WISER(SPRU, SCIT, NIWI, CINDOC)의 웹기반 S&T 지표개발/구축 등 다양한 연구의 선구자적 역할을 담당해 왔다. 이 밖에도 일본, 중국 등도 KDD/KM을 활용한 과학기술 분야의 전략적 고도화에 힘쓰는 등 2000년대 초부터 선진각국이 국가역량을 집중해 오고 있다.

국내는 선진국에 비해 상대적으로 미흡한 수준의 연구활동이 이루어졌는데 초기 KAIST와 POSTECH는 국내 연구자 활동도 및 우수성을 SCI 논문성적을 중심으로 분석하였다. 이후 STEPI, KISTI, IITA 등에서 다양하고 심층적인 방법론과 지표를 활용한 연구가 이루어졌다.

최근에는 기존의 논문, 특허 등의 비정형데이터를 활용한 연구보다는 포털사이트의 다양한 문서, 유튜브 영상, SNS 콘텐츠 등 웹기반의 비정형데이터를 활용한 연구로 점차 패러다임이 옮겨가고 있으며 연구활동의 주체도 공공 중심에서 풍부한 레퍼런

1) KDD:Knowledge Discovery in Database, KM:Knowledge Map

스와 전문성을 보유한 민간기업의 출현도 활발한 추세이다.

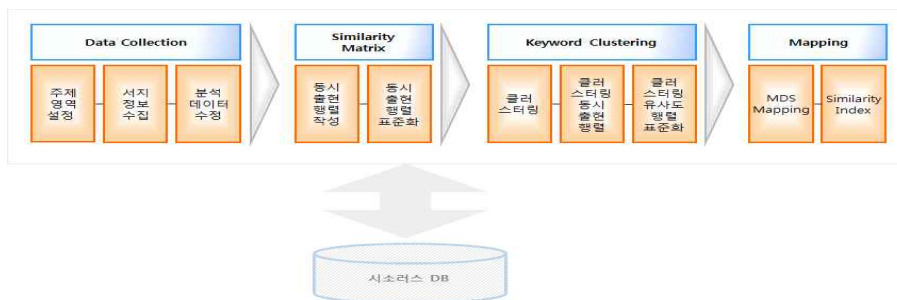
나. KDD/KM 방법론의 이론적 고찰 및 분석 프로세스

과학 및 산업의 융복합화 심화에 따라 각 분야가 서로 복잡하고 다양하게 관련되어 있으므로 이전에는 관련성이 없는 별개영역으로 분류되어 왔던 분야에 대해서도 동향이나 실태를 파악하고, 자신의 영역이나 분야와의 상호연관성 및 관련 정보를 탐색해야 할 필요성이 점차 증대되고 있다.

이러한 분석은 기존에는 전문가위원회(Peer Review)에서 대부분의 니즈를 충족시켜 왔으나 전문가는 자신의 전공영역 내에서만 전문성을 지닌다는 한계점이 있으므로 나무뿐만이 아닌 숲 전체를 보며 보다 정확하고 미래지향적인 판단을 내릴 수 있는 근거를 제공할 수 있는 분석방법론의 필요성이 급격히 대두되었는데 이에 적합한 방법론 중의 하나가 바로 KDD/KM 방법론이다.

KDD/KM은 대량의 데이터에서 상호 연관성이 높은 서지정보 내에는 이를 나타내는 핵심키워드가 동시에 출현하거나(Co-word), 동시 인용되는(Co-citation) 경우가 자주 발생한다는 전제조건 내에서 이들 상호 간의 관계에 대한 다양한 의미(meaning)을 해석해 내는 Tool이다. 특히 시계열분석을 통해 이러한 상호 연관성에 대한 생성-변화-확산 등에 대해 과학 및 기술의 흐름, 미래 유망성에 대한 예측이 가능하다.

동시출현 키워드 분석방식은 일반적으로 방대한 양의 서지사항을 분석하는 방식에 적용되며 서지정보 간 핵심 키워드 또는 키워드 간 네트워크의 허브키워드 등을 측정하여 특정분야 또는 기술에서 유망한 이슈키워드를 찾아내는 기법이다. 이 때 적용되는 정량적 측정요소는 분석목적에 따라 다소 상이하지만 일반적으로 키워드의 출현빈도 추이, 연관키워드 추이, 초출 키워드 출현 및 빈도성장 추이, 키워드 간 연관도 측정, 최소신장트리 기법 적용 등을 들 수 있다.

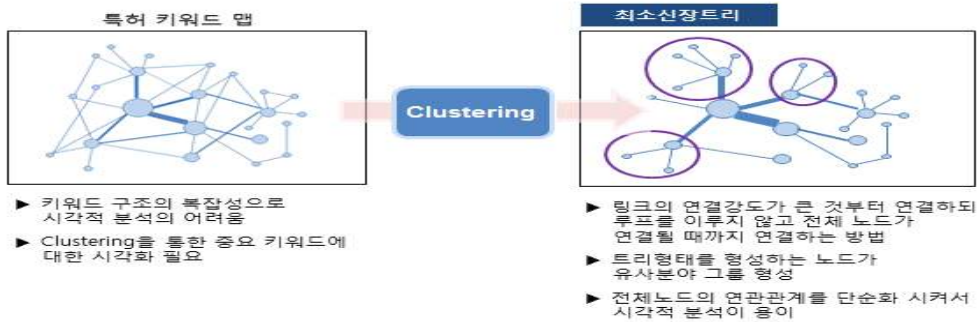


[그림 1] 연관 키워드 기법(Co-word) 분석 프로세스

동시출현 키워드기법의 분석 프로세스는 크게 데이터 수집-유사도 행렬 구축-키워드 클러스터링-맵핑 등의 네 가지 순서로 진행되며, 데이터 수집 단계에서는 주제영역 설정 및 신뢰도가 확보된 데이터를 수집하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해서는 데이터 마이닝을 위한 정확한 검색키워드 설정 및 유효 데이터만을 DB로

구축하기 위한 필터링 과정도 반드시 이루어져야 한다.

동시출현 유사도 행렬 구축과 클러스터링 단계에서는 핵심 키워드 간 유사행렬/표준화 및 키워드 클러스터링/표준화 과정을 거쳐야 하는데 키워드 클러스터링 과정에서는 최소신장트리 기법을 적용하여 클러스터링하며, 마지막 과정인 매핑은 Linear manifold learning으로 알려져 있는 다차원 척도법(multidimensional Scaling; MDS)을 활용하여 추진한다.



[그림 2] 연관 키워드 기법(Co-word) 중 최소신장법에 의한 특허 클러스터링 방법

동시 인용(Co-citation) 분석방법은 복수 또는 다수의 관계자들이 관련 분야 및 기술에 대한 연구개발 추진 시, 특정분야 또는 문서를 공통으로 동시인용하거나, 연구자 간 연구성과에 대해 인용과 피인용의 상호작용을 이루는 서지정보를 활용하여 핵심 키워드 간 유사도 계수를 적용한 유사도를 측정하고, 유사도 기준으로 클러스터링을 수행함으로써 해당 분야에 대한 유망성과 유망기술을 발굴한다.

이를 통해 핵심 분야 및 기술에 대한 다양한 측정이 가능할 뿐만 아니라 연구자 간, 기관 간, 국가 간 협력 네트워크 분석(협력 네트워크 맵) 및 특정분야 및 기술에 대한 중심 연구자, 중심 기관, 중심 국가 등을 파악하는데도 매우 유용하다.



[그림 3] 동시인용기법(Co-citation) 1차, 2차 클러스터링 체계도

또한 공동 저자(Co-author) 분석방법은 복수 또는 다수의 연구자들이 관련 분야 및 기술에 대한 연구개발 추진 시, 특정분야에 대한 연구를 공동으로 수행할 경우

에 대한 분석을 진행하는 방법으로 일반적으로 글로벌 공동연구 현황 분석, 국가, 기관, 연구자 간 공동연구 및 공동연구 활성화도를 분석할 경우 많이 활용되는 분석 방법이다.

Ⅲ. 연구방법론

1. KDD/KM Co-author 방식을 활용한 핵심 연구자 간 국제공동연구 분석

가. 핵심 연구자 간 국제공동연구 분석을 위한 Co-author 기법

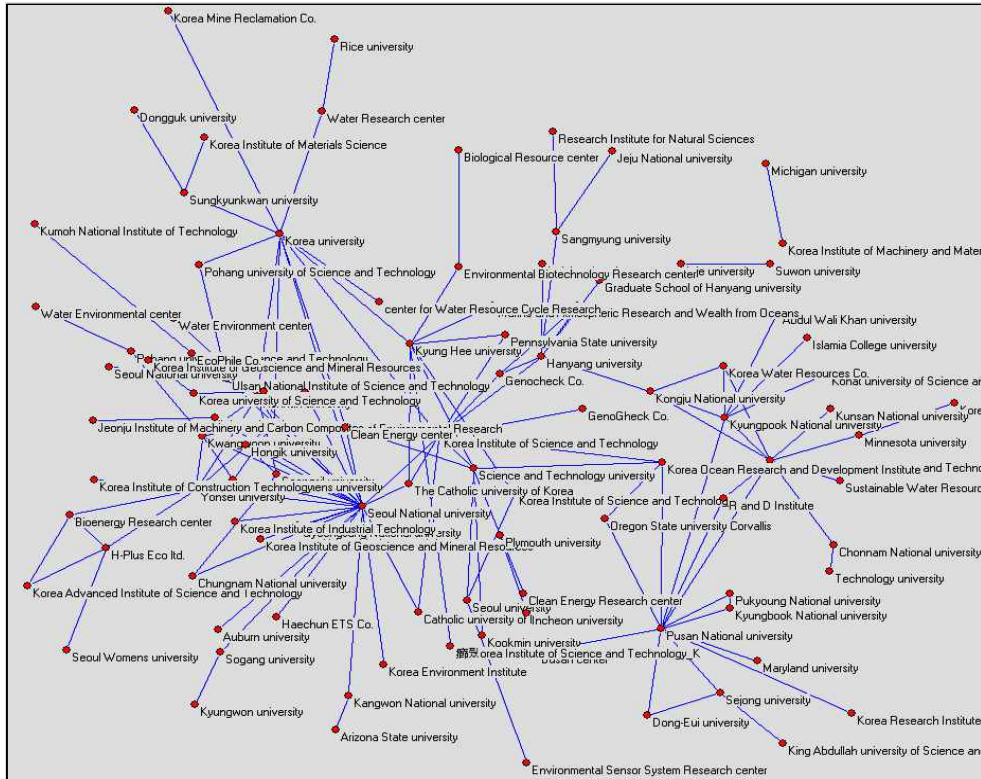
핵심 연구자 간 국제공동연구 현황을 분석하기 위해서 공동연구자 분석 (Co-author analysis) 네트워크 기법을 활용하고자 한다. 동 방법론의 활용을 통해서 는 국가 간, 기관 간, 연구자 간 국제공동연구에 대한 현황 및 활동도, 핵심 국가, 기관, 연구자 그룹의 도출 및 공동연구 네트워크 분석이 가능하다, 본 연구방법론의 간략한 이론은 다음과 같다.

* 공동 연구자 분석 : 특정분야의 주요 연구자 간 공동 연구현황 분석을 통해 협력네트워크 도출

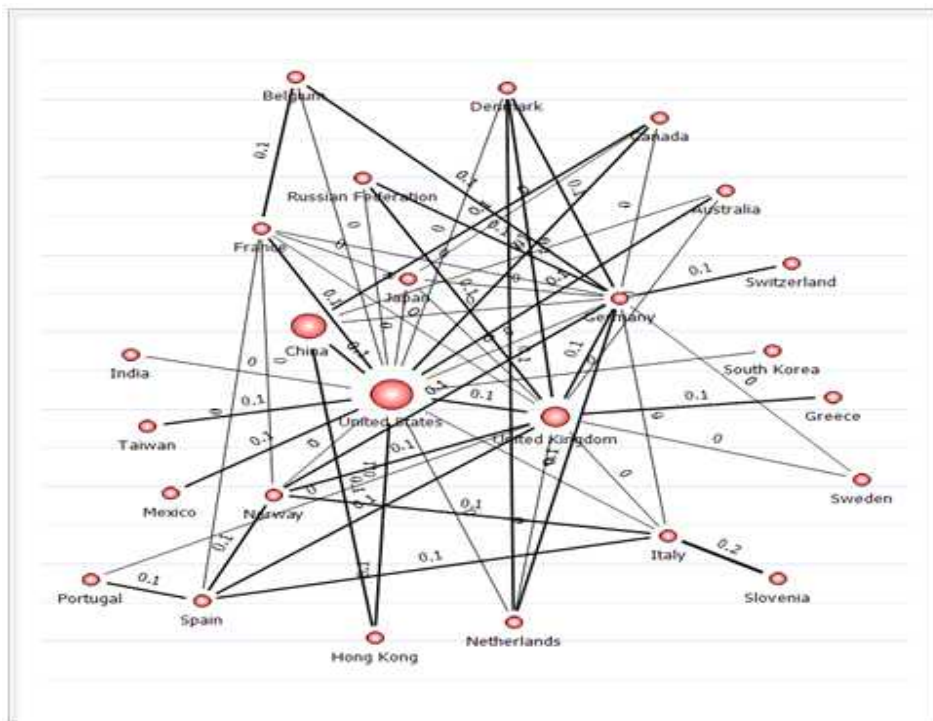
$$\text{공동연구 활성화도(매칭비율)공식} : \frac{\text{공동연구논문건수}}{\sqrt{A\text{논문건수} \times B\text{논문건수}}}$$

A연구기관	A기관국적	A논문수	B연구기관	B기관국적	B논문수	AB동시논문수	활성도
Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	Kyung Hee university	South Korea	36	17	0.4271
Kyung Hee university	South Korea	36	Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	17	0.4271
Graduate School of Hanyang univer	South Korea	16	Hanyang university	South Korea	72	16	0.4714
Hanyang university	South Korea	72	Graduate School of Hanyang universi	South Korea	16	16	0.4714
H-Plus Eco Ltd.	South Korea	9	Yonsei university	South Korea	48	8	0.3849
Chonnam National university	South Korea	20	Technology university	Australia	9	8	0.5963
Technology university	Australia	9	Chonnam National university	South Korea	20	8	0.5963
Yonsei university	South Korea	48	H-Plus Eco Ltd.	South Korea	9	8	0.3849
Kwangwoon university	South Korea	16	National Institute of Environmental Re	South Korea	18	7	0.4125
National Institute of Environmental R	South Korea	18	Kwangwoon university	South Korea	16	7	0.4125
National Institute of Environmental I	South Korea	18	Seoul National university	South Korea	75	7	0.1905
Seoul National university	South Korea	75	National Institute of Environmental R	South Korea	18	7	0.1905
Science and Technology university	South Korea	15	Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	6	0.2335
Seoul National university	South Korea	75	Konkuk university	South Korea	22	6	0.1477
Kyungpook National university	South Korea	21	Abdul Wali Khan university	Pakistan	6	6	0.5345
Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	Science and Technology university	South Korea	15	6	0.2335
Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	Hanyang university	South Korea	72	6	0.1066
Korea university	South Korea	38	Water Research center	South Korea	12	6	0.2810
Abdul Wali Khan university	Pakistan	6	Kyungpook National university	South Korea	21	6	0.5345
Hanyang university	South Korea	72	Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	6	0.1066
Ewangju Institute of Science and Te	South Korea	32	Sustainable Water Resource Technol	South Korea	6	6	0.4330
Konkuk university	South Korea	22	Seoul National university	South Korea	75	6	0.1477
Sustainable Water Resource Technol	South Korea	6	Gwangju Institute of Science and Tecl	South Korea	32	6	0.4330
Water Research center	South Korea	12	Korea university	South Korea	38	6	0.2810
Hanyang university	South Korea	72	Genocheck Co.	South Korea	5	5	0.2635
Abdul Wali Khan university	Pakistan	6	Kyungpook National university	Pakistan	5	5	0.9129
BenQCheck Co.	South Korea	5	Hanyang university	South Korea	72	5	0.2635
Dong-Eul university	South Korea	5	Sejong university	South Korea	9	5	0.7454
Kyung Hee university	South Korea	36	Science and Technology university	South Korea	15	5	0.2152
Kyungpook National university	Pakistan	5	Abdul Wali Khan university	Pakistan	6	5	0.9129
Science and Technology university	South Korea	15	Kyung Hee university	South Korea	36	5	0.2152
Sejong university	South Korea	9	Dong-Eul university	South Korea	5	5	0.7454
Seoul National university	South Korea	75	Korea Institute of Science and Techn	South Korea	44	4	0.0666
Seoul National university	South Korea	75	Kwangwoon university	South Korea	16	4	0.1155
Seoul National university	South Korea	75	Yonsei university	South Korea	48	4	0.0667
Soongsil university	South Korea	5	Konkuk university	South Korea	22	4	0.3814
Pusan National university	South Korea	43	Gwangju Institute of Science and Tecl	South Korea	32	4	0.1078

[그림 4] 공동연구자 분석(Co-author analysis)네트워크 기법



[그림 5] 공동 연구자 네트워크 시각화 예시



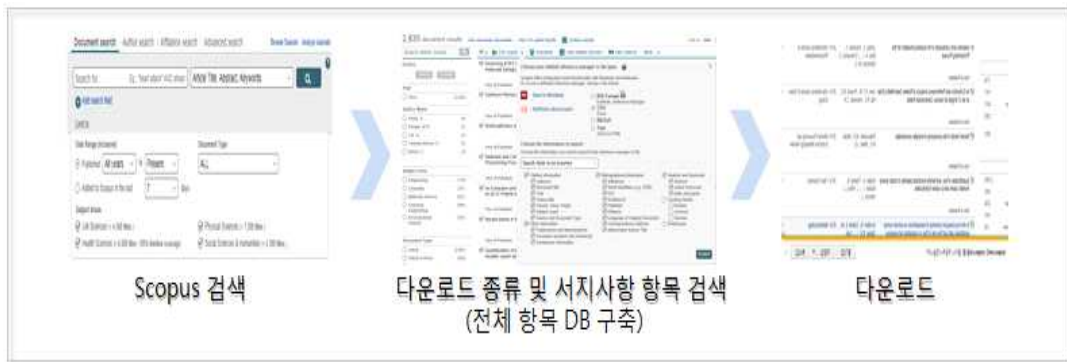
[그림 6] 국가 간 협력네트워크 현황 분석 예시

나. 연구 활용 데이터 및 DB 구축 방법

본 연구에 활용할 SCI 논문 DB는 SCOPUS 논문 DB를 활용하여 분석하고자 하는 대상 SCI 논문의 서지사항 전체를 다운로드하고 DB화할 예정이다. 분석대상 SCI 논문 DB는 다음과 같은 단계별 과정을 거쳐 구축하고자 한다.

step 1. 분야별 키워드 기반 검색식 작성 및 분석 지표 선정

step 2. 분야별 검색식 기반 DB 구축
(SCOPUS 활용; 서지사항 전체 다운로드 및 DB 구축)



step 3. 데이터마이닝 및 각 분석지표 데이터 추출

* 논문 분석 필드

- [Authors] : 연구자명
- [Title] : 논문주제
- [Abstract] : 초록
- [Cited by] : 피인용수
- [Affiliations] : 연구기관 정보(기관명, 기관주소, 기관국적)
- [Authors with affiliations]
: 연구자 정보(연구자명, 연구자 주소, 연구자 국적, 연구기관명, 연구기관 주소, 연구기관 국적)
- [Author Keywords] : 연구자 키워드
- [Index Keywords] : 주요 키워드
- [References] : 인용 논문 정보

* 논문 분석 지표

- co-author, co-affiliation : 공동 연구자(국가), 공동 기관(국가) 분석

2. 연구 대상 및 범위

본 연구를 위한 분석 대상 및 범위로서 우선 분석대상 분야는 국제공동연구의 미래지향성을 고려한 분석을 진행하기 위해 유망신산업 분야를 대상으로 하고, 세부 분야는 신산업 분야를 대표하는 로봇(가사지원로봇)을 대상분야로 선정하였다.

연구대상의 분석 데이터 유형은 다양한 주체의 연구활동도를 살펴보기 위하여 SCI급 논문으로 선정하였으며, 연구대상의 시간적 범위는 현시점에서의 현황과 시계열적 변화를 동시에 살펴보기 위하여 최근 5년 간('12~'16년) 세부분야 관련 논문 성과를 대상으로 하였다.

국제협력 협력 네트워크 활동도 분석대상 핵심연구자는 최근 5년 간 각 분야별 5위까지의 가장 우수한 연구활동도를 보인 연구자를 의미하며, 가장 우수한 연구활동도를 보인 글로벌 상위 5위까지의 연구자의 국제협력 네트워크 활동도와 국내 상위 5위 이하 연구자의 국제협력 네트워크 활동도를 비교·분석하여 국제 공동연구 활동도의 현황 및 격차를 살펴보고 이를 활성화하기 위한 방안을 고려해 보았다.

IV. 조사·분석 결과

1. KDD/KM Co-author 분석을 위한 검색 키워드 및 검색식 설정

논문 서지정보를 기반으로 한 국가별, 기관별, 연구자 간 국제공동연구 현황 분석을 위해 로봇(가사지원로봇) 분야 검색식을 구성하였다. 모든 로봇 세부분야에 대한 조사·분석이 현실적으로 불가능하기 때문에 로봇 분야의 가장 핫이슈이며 미래 유망분야로 부각되고 있는 가사로봇 세부분야에 대해 조사·분석을 수행하였으며, 조사항목별로 검색식을 구성하였다.

검색식은 1단계로 각 세부분야를 대표하는 '대표 키워드'를 구성하고, 이를 기반으로 Text mining을 통한 논문 소스를 추출한 후, 본 소스를 중심으로 2단계 키워드를 구성하였다. 각 단계별 검색 키워드에 대해서는 분야별 전문가의 검증은 거친 후, 최종 확정하였다. 검색식은 분석 범위 내 데이터 추출량을 적정수준으로 유지하기 위해 매우 specific하게 작성하였으며 각 세부분야별 검색식은 [표 2]와 같다.

[표 2] 세부분야별 검색키워드 사례 (가사지원 로봇)

신산업분야	세부분야	검색식
로봇	가사지원로봇	TITLE(("robot" AND ("HRI" OR "Human-Robot Interface" OR "humanoid")) AND (("Sensor") OR ("situated cognition") OR ("speech recognition") OR ("vision recognition") OR ("standardization") OR ("order") OR ("interaction") OR ("Interworking") OR ("Map") OR ("GPS") OR ("Obstacle"))) OR ABS(("robot" AND ("HRI" OR "Human-Robot Interface" OR "humanoid")) AND (("Sensor") OR ("situated cognition") OR ("speech recognition") OR ("vision recognition") OR ("standardization") OR ("order") OR ("interaction") OR ("Interworking") OR ("Map") OR ("GPS") OR ("Obstacle"))))

2. 조사 · 분석 결과

가. 우수 연구활동도 상위 10개국/기관/연구자 현황

분석결과, 가사로봇 분야에서 가장 우수한 연구활동도를 보이고 있는 국가는 미국으로 분석 기간 내 371건의 논문을 발표한 것으로 나타났다. 그 다음으로는 일본(348건), 독일(268건), 중국(239건)이 2~4위를 차지하는 것으로 나타났으며, 한국은 이탈리아에 이어 148건의 논문을 발표해 7위를 기록하였다. 권역별로는 유럽이 5개국, 아시아 4개 국가, 북미가 1개 국가로 10위권을 형성하고 있는 것으로 분석되었다.

[표 3] 가사지원로봇 상위 10개국

순 위	국 가	논문 수
1	United States	371
2	Japan	348
3	Germany	268
4	China	239
5	United Kingdom	186
6	Italy	151
7	South Korea	148
8	France	146
9	Spain	73
10	Taiwan	71
합 계		2,001

가사로봇 분야에서 우수한 연구활동도를 보이고 있는 기관에 대한 분석결과, 상위 국가에서는 미국이 1위를 기록한 반면, 기관에서는 일본의 Osaka University가 50건의 논문을 발표해 1위를 기록하였다. 상위기관 분석결과를 보면, 1위부터 3위까지 모두 일본에 속한 기관이 차지하는 것으로 나타나 동 분야에 매우 우수한 연구인프라를 보유하고 있음을 알 수 있다. 이들 상위 3개 기관이 발표한 논문 수는 상위 10개 기관 전체 논문 수의 약 40%를 차지하고 있다. 국별로는 일본이 3개, 미국, 영

국, 독일이 각각 2개의 기관을 보유하고 있으며, 말레이시아의 Teknologi MARA university가 33건의 논문을 발표해 6위를 기록하고 있다. 국별 논문 수에서 7위를 기록했던 한국은 상위 10개 기관에 한 개의 기관도 보유하고 있지 않은 것으로 나타났다. 이는 가사로봇 분야를 연구하는 기관은 다양하게 분포되어 있어도 이를 리딩하는 선도기관은 아직 형성되지 않은 것을 의미하는 것으로 판단된다.

[표 4] 가사지원로봇 상위 10개 기관

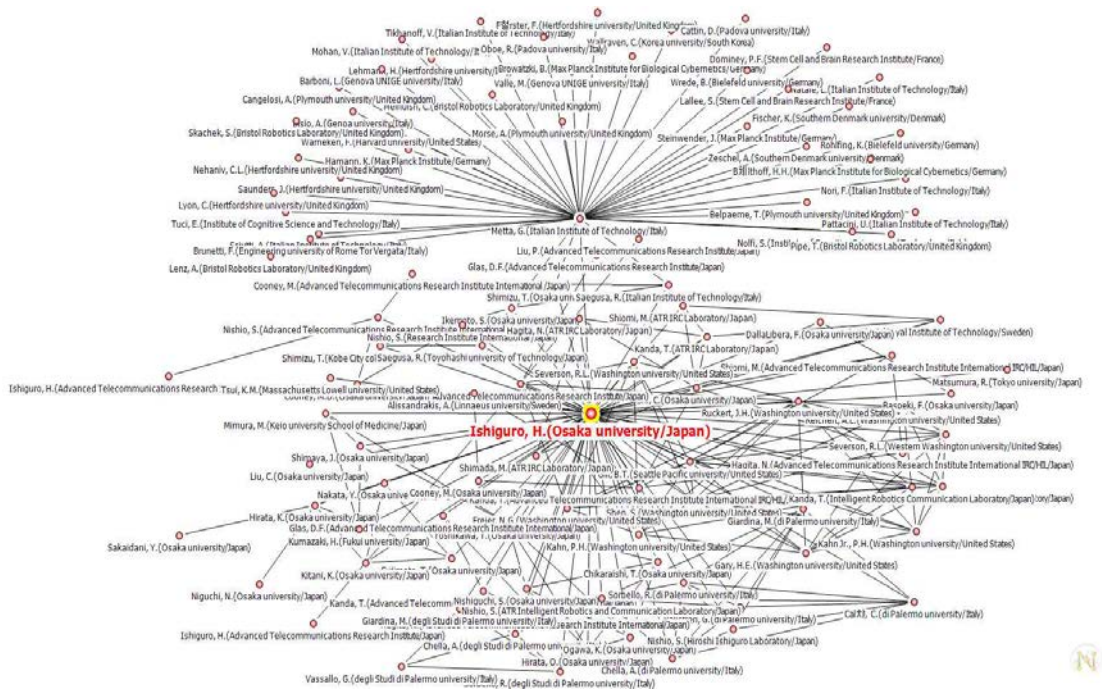
순 위	국 가	논문 수
1	Osaka university(Japan)	50
2	Tokyo university(Japan)	42
3	Waseda university(Japan)	42
4	Hertfordshire university(United Kingdom)	39
5	Bielefeld university(Germany)	37
6	Teknologi MARA university(Malaysia)	33
7	Technische universität München(Germany)	32
8	Plymouth university(United Kingdom)	27
9	Carnegie Mellon university(United States)	23
10	Georgia Institute of Technology(United States)	20
	합 계	345

가사로봇 분야 상위 10위 핵심연구자 분석결과, 가장 우수한 연구활동도를 보이고 있는 연구자는 30건의 논문을 발표한 일본 Waseda university의 Takanishi, A인 것으로 나타났다. 그 다음으로는 일본의 Ishiguro, H.(Osaka university, 29건), 영국의 Dautenhahn, K.(Hertfordshire university, 25건) 순으로 나타났다. 상위 10위 이내 연구자 국적을 살펴보면, 일본이 5명으로 절대적인 비중을 차지하고 있으며, 독일이 2명, 말레이시아 2명, 영국 1명으로 국가 및 기관 상위 10위를 차지하고 있는 미국은 10위 이내 핵심연구자가 한 명도 없는 것으로 나타났다. 특히 말레이시아가 2명의 핵심 연구자를 보유하고 있는 것으로 나타나 가사로봇 분야의 새로운 핵심 국가로 부상하고 있음을 알 수 있다.

[표 5] 가사지원로봇 상위 10대 연구자

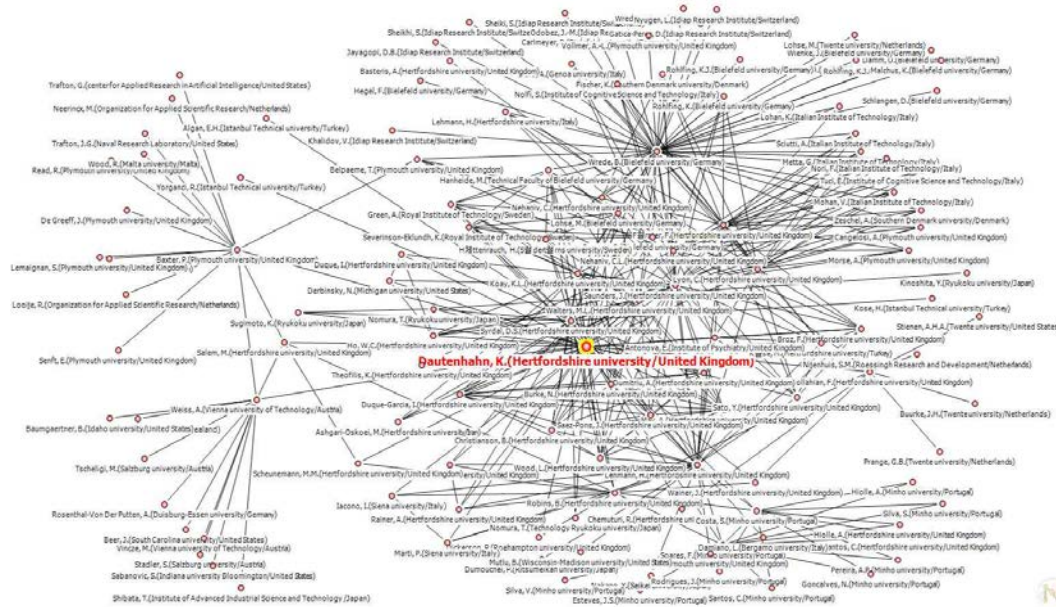
순 위	국 가	논문 수
1	Takanishi, A.(Waseda university/Japan)	30
2	Ishiguro, H.(Osaka university/Japan)	29
3	Dautenhahn, K.(Hertfordshire university/United Kingdom)	25
4	Yussof, H.(Teknologi MARA university/Malaysia)	24
5	Hashimoto, K.(Waseda university/Japan)	21
6	Inaba, M.(Tokyo university/Japan)	19
7	Okada, K.(Tokyo university/Japan)	17
8	Hanapiah, F.A.(Teknologi MARA university/Malaysia)	13
9	Wermter, S.(Hamburg university/Germany)	13
10	Asfour, T.(Institute for Anthropomatics and Robotics/Germany)	12
	합 계	203

연구활동도 2위를 기록하고 있는 일본 Osaka university Ishiguro, H.의 공동연구 형태 분석결과, 관련 연구분야의 핵심 두 그룹 중(Ishiguro, H.와 Metta. G., Italy) 하나의 핵심그룹을 담당하는 1st 핵심연구자인 것으로 나타났다. 연구활동도 1위를 기록하고 있는 Takanishi에 비해 직접적인 국제공동연구를 형성하고 있는 연구자는 적은 편이지만, Metta. G.와의 공동연구 형성을 통해 다양한 국가들과의 국제협력 네트워크를 형성하고 있다.



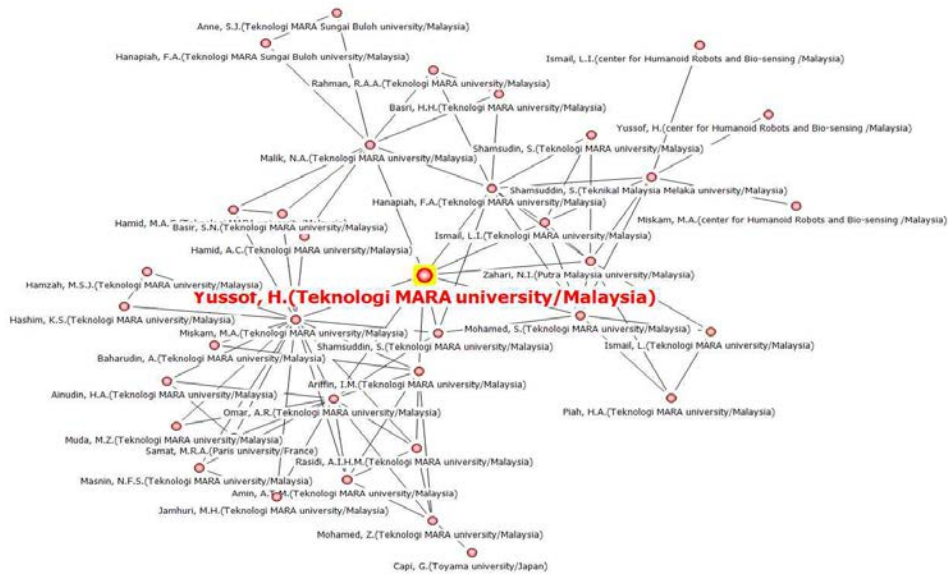
[그림 8] 가사로봇분야 글로벌 핵심연구자(Ishiguro, H.(Osaka university/Japan))(2위) 국제협력 네트워크 현황

연구활동도 3위를 기록하고 있는 영국 Hertfordshire university의 Dautenhahn, K.의 공동연구 형태 분석결과 상위 5위 이내 연구자 중 가장 다양한 공동연구 그룹을 형성하고 있는 것으로 나타났다. 1위와 2위 연구자와 같이 1그룹의 범위나 강도가 낮은 편이지만, 동등한 크기와 활동도를 지닌 다양한 독일, 영국, 스웨덴 등 연구그룹과의 국제공동연구를 추진하고 있다.

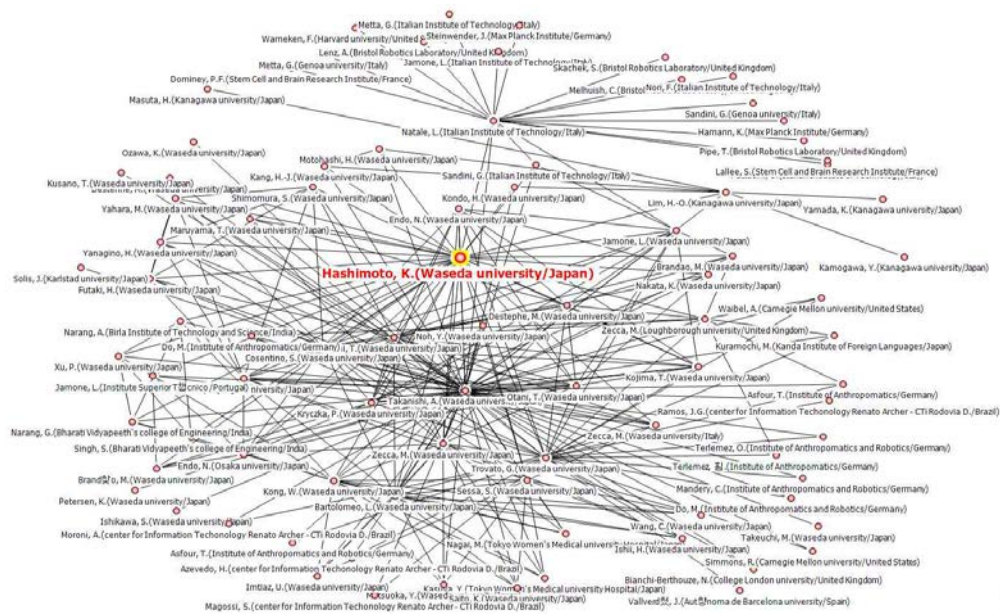


[그림 9] 가사로봇분야 글로벌 핵심연구자(Dautenhahn, K.(Hertfordshire university/United Kingdom))(3위) 국제협력 네트워크 현황

연구활동도 4위와 5위를 기록하고 있는 글로벌 핵심연구자의 국제공동연구 협력 활성화에서도 다양한 국가와 활발한 국제협력을 형성하고 있음을 알 수 있다. 4위 연구자의 경우 다른 핵심연구자와의 패턴과는 다르게 국제협력 형성도가 상대적으로 약하고 자국 내 협력 네트워크 중심으로 협력관계가 이루어지고 있는 것으로 보이나, 다중 네트워크 관계 형성을 통해 프랑스, 일본 등과의 2차 협력관계를 형성함을 알 수 있으며 5위 연구자는 이와 달리 미국, 스웨덴, 이탈리아, 영국 등과 활발한 글로벌 협력관계를 구축하고 있는 것을 알 수 있다.



[그림 10] 가사로봇분야 글로벌 핵심연구자(Yussuf, H.(Teknologi MARA university/Malaysia))(4위) 국제협력 네트워크 현황

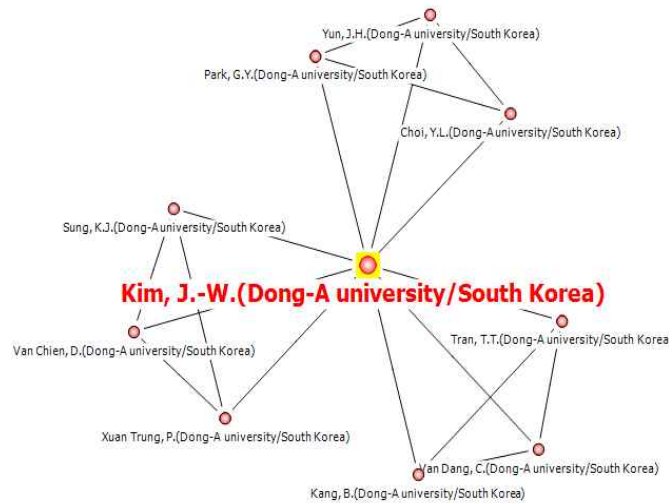


[그림 11] 가사로봇분야 글로벌 핵심연구자(Hashimoto, K.(Waseda university/Japan))(5위) 국제협력 네트워크 현황

다. 국내 상위 핵심연구자 공동연구 협력도 현황

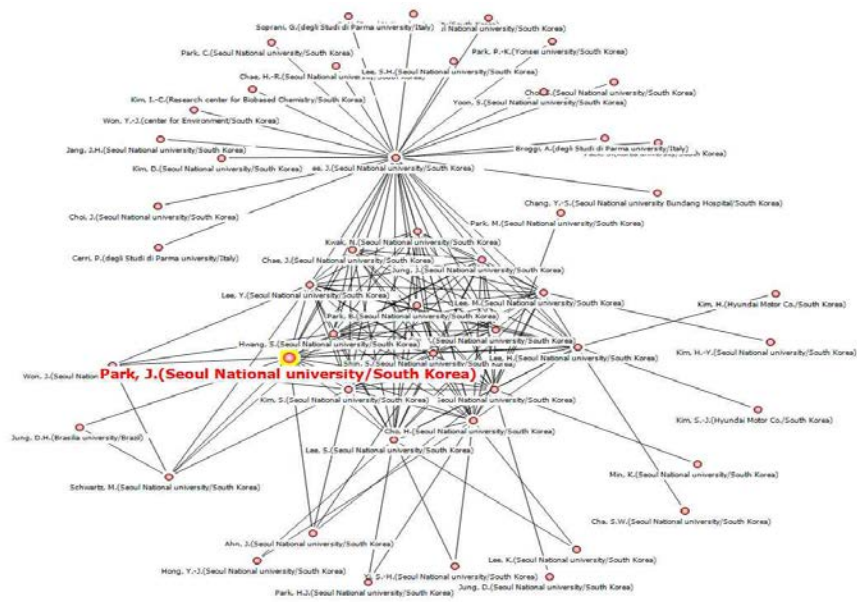
가사로봇분야 국내 상위 핵심연구자의 공동연구 네트워크 분석결과, 우수한 공동연구협력 네트워크를 형성하고 있는 핵심연구자는 연구활동도 2위를 기록하고 있는 Park, J.(Seoul National university)와 연구활동도 4위를 기록하고 있는 Hwang, S.(Seoul National university)인 것으로 나타났다.

연구활동도 1위를 기록하고 있는 Kim, J.-W.(Dong-A university)의 경우에는 한국 내 공동연구를 추진하고 있는 것으로 나타났으며, 공동연구 대상도 Dong-A university 단일 기관으로 매우 제한적인 협력 네트워크를 형성하고 있는 것으로 나타나 글로벌 상위 연구자와 명확히 구분되는 폐쇄적·협의적 협력네트워크를 형성하고 있는 것으로 나타났다.



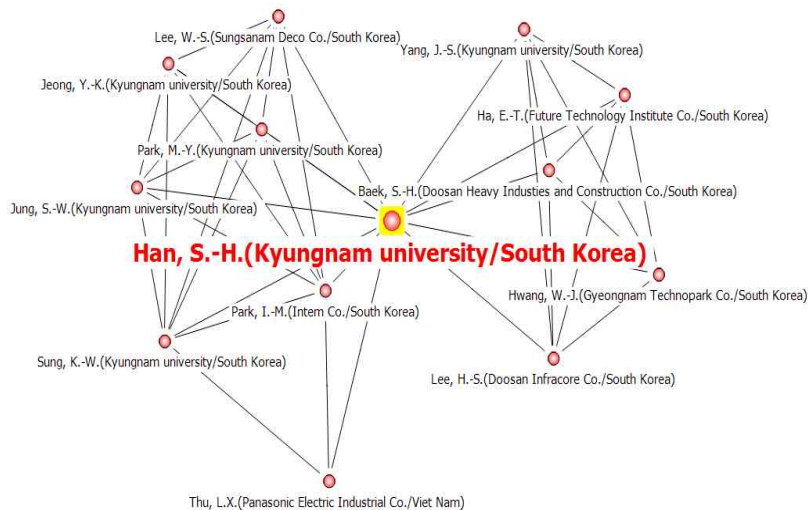
[그림 12] 가사로봇분야 국내 핵심연구자(Kim, J.-W. (Dong-A university))(1위) 공동협력 네트워크 현황

연구활동도 2위를 기록하고 있는 Park, J.(Seoul National university)의 경우, 공동연구 협력대상이 1위와 유사하게 국내 기관에 집중되어 있는 것으로 나타났으나, 협력 기관이 1위 연구자에 비해 매우 다양한 것으로 나타났다. 또한 아주 적은 비중을 차지하긴 하지만 Italy, Brazil 등 일부 국가와의 국제협력도 추진하고 있어 1위 핵심연구자에 비해 상대적으로 공동연구 협력 네트워크의 다양성 및 글로벌화 측면에서 우수한 활동을 보이고 있는 것으로 판단된다.



[그림 13] 가사로봇분야 국내 핵심연구자(Park, J.(Seoul National university))(2위) 공동협력 네트워크 현황

연구활동도 3위를 기록하고 있는 Han, S.-H.(Kyungnam university)의 공동연구 협력패턴은 1위 핵심연구자의 패턴과 유사하게 매우 단조롭고 제한적인 형태를 보이고 있으나, 특이한 점은 1위와 2위 핵심연구자의 공동연구 파트너가 대학인 반면에, 3위 핵심연구자의 공동협력 주요 파트너에 기업이 다수 포함되어 있다는 점이다. 이는 다른 핵심연구자에 비해 2위 핵심연구자가 좀 더 시장접근적이며 개발연구 단계의 공동연구를 추진하는 것으로 예측할 수 있다.



[그림 14] 가사로봇분야 국내 핵심연구자(Han, S.-H. (Kyungnam university))(3위) 공동협력 네트워크 현황

라. 글로벌 핵심연구자 vs 국내 핵심연구자 글로벌 공동협력도 정량비교

가사로봇분야 글로벌 상위 핵심연구자와 국내 상위 핵심 연구자 간 글로벌 공동협력도에 대한 정량 비교를 위해 각 그룹 별 상위 5위까지의 글로벌 공동협력도(연구자별 전체 발간 논문 건 수에서 국제 공동연구에 의해 발간된 논문 건 수의 비중)를 분석하였다.

[표 6] 가사지원로봇 글로벌 상위 5위 연구자의 국제협력 활성화도

순 위	연구자	국제협력 활성화도
1	Takanishi, A.(Waseda university/Japan)	0.7333
2	Ishiguro, H.(Osaka university/Japan)	0.8966
3	Dautenhahn, K.(Hertfordshire university/United Kingdom)	0.7200
4	Yussof, H.(Teknologi MARA university/Malaysia)	0.0417
5	Hashimoto, K.(Waseda university/Japan)	0.3810

[표 7] 가사지원로봇 국내 상위 5위 연구자의 국제협력 활성화도

순 위	연구자	국제협력 활성화도
1	Kim, J.-W.(Dong-A university/South Korea)	0.000
2	Park, J.(Seoul National university/South Korea)	0.2000
3	Han, S.-H.(Kyungnam university/South Korea)	0.2500
4	Zhang, B.-T.(Seoul National university/South Korea)	0.7500
5	Park, I.-M.(Intem Co./South Korea)	0.3333

가사로봇분야 글로벌 상위 핵심연구자의 경우, 상위 1~3위까지의 글로벌 공동연구 활성화도가 0.7 이상이며, 특히 2위를 기록한 Ishiguro, H.의 경우 0.9에 근접하여 논문 성과의 약 90%를 국제공동연구를 수행하고 있는 것으로 나타났다. 반면에 국내 핵심 연구자의 경우, 1위~3위 연구자의 글로벌 공동연구 활성화도는 전무하거나 0.25 이하의 값을 보여, 글로벌 핵심 연구자에 비해 매우 낮은 활동도를 보이고 있는 것으로 나타났다.

V. 결론 및 시사점

우리나라는 가사로봇 분야에서 연구활동도 측면에서는 미국, 스위스, 일본, 독일 등에 이어 글로벌 5위를 기록할 정도로 우수한 연구활동 역량을 보이고 있다. 또한 GDP 대비 국가연구개발 투자규모도 이스라엘에 이어 1위를 기록하여 정부의 연구

개발 역량 혁신의지도 매우 높은 편이다.

하지만 최근 과학기술의 융·복합 및 다양화가 가속화 되고 연구개발의 위험성·불확실성이 높아지는 현상에 대응하기 위해 국가 간 공동협력 강화가 점차 활발해짐에도 불구하고, 우리나라는 국가 간 공동연구 활동도가 매우 미흡한 편이다.

본 연구에서는 기존 동분야 연구자 전체(국가 간)의 국제협력 네트워크를 분석한 것에 탈피하여 연구활동도 상위 핵심연구자의 국제협력 협력 네트워크 현황을 비교 분석하기 위해 빅데이터 네트워크 분석기법인 KDD/KM 방법론을 활용하여 신산업 분야인 로봇-가사로봇 분야에 대한 국제 공동연구 네트워크 현황분석을 추진하였다. 이를 통해 각 관련 분야 내에서 우리나라의 국제 공동연구에 대한 현황 및 포지셔닝에 대해 알아보았다.

분석결과, 우리나라는 다른 연구분야에 대한 선행연구 결과와 유사하게 가사로봇 분야에서 우수한 연구활동도를 보이고 있는 것으로 나타나 양적인 측면에서의 연구 우수성은 높은 것으로 판단되었다. 하지만 각 분야별 연구자 간 국제공동연구 네트워크 현황의 결과에서는 우수한 연구활동도에도 불구하고 매우 저조한 네트워크 참여도를 보이고 있는 것으로 나타났다.

특히 금번 연구에서와 같이 각 국에서 우수한 연구활동도를 보이고 있는 핵심연구자(연구활동도 5위 이내) 간 국제협력 네트워크를 비교분석하여 얻은 결과임을 감안하면 그 심각성은 더욱 크다 할 것이다.

미국, 일본 등 글로벌 선진국 핵심연구자들이 다양한 패턴을 형성하며 국제공동연구 협력 네트워크를 강화해 나가고 있는 반면에, 우리나라는 여전히 공동 네트워크 상에서 변방에 위치해 있거나 자국 내 연구자와의 공동연구에 치중해 있는 것을 알 수 있었다.

따라서 급속히 진행되고 있는 융복합화와 다양성에 대한 적시적 대응과 연구규모의 거대성과 불확실성, 위험성이 점차 증대되고 있는 추세에 대한 선제적 대응을 위한 가장 효율적인 방안인 국제협력을 활성화하기 위해서는 기존의 폐쇄적 연구개발 체제를 과감히 탈피하고 개방적 체계를 구축해 나가기 위해 공공 R&D 분야에 서부터 이를 시작해 나가야 할 것이다.

국제공동연구를 점진적으로 확대 및 활성화하기 위해서는 우리의 내부 기술수준 및 연구역량에 적합하고 제 1그룹과 협력관계를 형성하고 있는 공동연구 대상을 발굴하여 1차적인 협력관계를 형성해 나가고, 이를 기반으로 중장기적으로 제 1그룹과의 협력관계를 구축해 나가는 우회전략도 고려해야 할 것이다.

또한 협력 대상 발굴 및 기회창출을 위한 수동적인 전략보다는 선제적으로 협력 대상을 발굴하기 위한 체계적인 발굴 시스템 및 정보구축도 활발히 추진해 나가야 할 것이다.

참고문헌

- 김윤명. 2004. 신기술 연구기획 사전 타당성분석을 위한 지식맵(Knowledge Map) 작성 방법론 개발 및 활용방안. 과학기술정책연구원. 3(28)
- 김태희. 2012. 국가연구개발사업을 통한 국제공동연구 성과 제고 방안에 대한 연구-기초 및 원천분야를 중심으로. 기술혁신학회. 15(2). pp 400-420
- 박일수 외. 2012. 산·연 협력 공동연구개발 과제의 성과 결정요인에 관한 연구. 15(4). pp 783-814
- 이준영 외. 2012. 국제공동연구의 인용영향력에 대한 연구-기초기술연구회 13개 출연연구기관을 대상으로. 한국전자통신학회. 7(6). pp 1353-1362
- 한혁 외. 2013. 한국전자통신학회 논문지에 나타난 공동연구 네트워크의 구조에 관한 연구. 한국전자통신학회 논문지. 8(5). pp 671-678