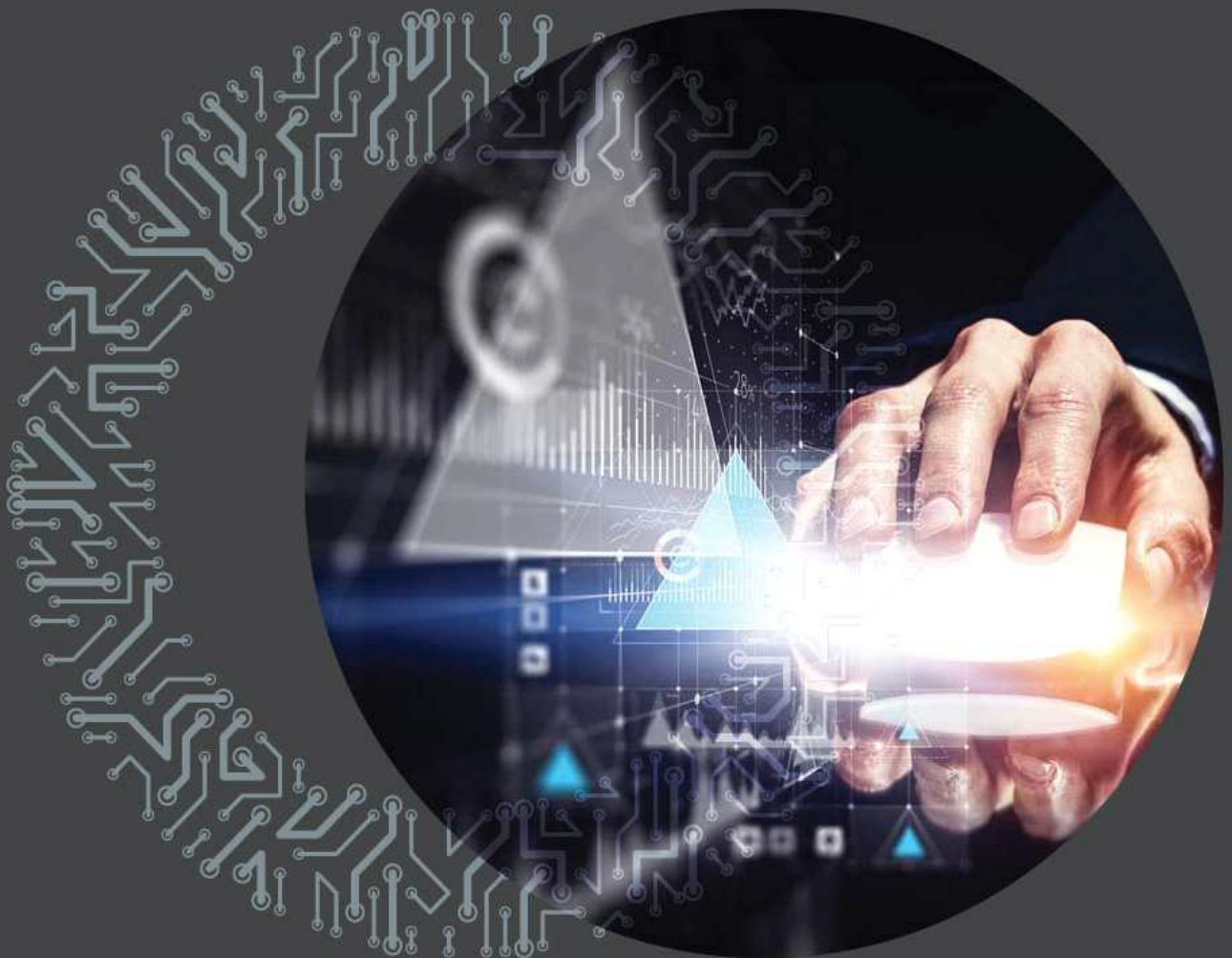


## Insight Report

### 계량분석시스템 개발 및 이를 활용한 로봇분야 분석 - 논문·특허 중심으로 -



※ 본 보고서의 내용은 필자의 개인적인 견해이며, 한국전자통신연구원의 공식 견해가 아님을 알려드립니다.



본 저작물은 공공누리 제4유형: 출처표시+상업적이용  
금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

▼	요 약 .....	1
	I. 연구개요 .....	2
	II. 유망기술분석 기관의 논문·특허 계량분석 주요 사례 .....	4
	III. 논문·특허 계량분석시스템 주요 기능 .....	12
	IV. 로봇분야 논문·특허 계량분석 .....	25
	V. 활용방안 및 기대효과 .....	39
	참고문헌 .....	41



## 요 약

### ■ 연구 배경 및 필요성

- 선도적으로 투자할 수 있는 도메인 선정에 위한 연구개발 유망분야 분석 필요
- ICT 기술의 빠른 개발속도와 융복합 현상으로 전문가만에 의한 문헌분석 한계 도달
- 전문가 분석의 주관성을 보완하기 위한 계량분석 요구 증대
- 유망 연구개발 분야 계량분석을 위한 방법론 개발 및 시스템 구현 필요
- 문헌연구와 계량분석을 함께 수행하여 각 방법의 한계를 극복하고 상호보완하여 분석의 정확성을 높이고 객관성 확보 필요

### ■ 논문·특허 계량분석시스템 개발 및 ‘로봇분야 적용’

- 계량분석 3대 분야(탐색, 검증, 예측) 중 기술탐색에 주안점을 두고 요구사항 도출
- 논문데이터는 SCOPUS에서 특허데이터는 WISDOMAIN에서 수집
- 연구주체 기술경쟁력 비교 및 중점 연구분야 탐색을 위한 분석·시각화 기능 구현
  - 논문수 및 특허수 기준 연도별 기술활동 분석
  - 핵심 연구주체 파악을 위하여 국가별, 저자별, 출원인별 기술경쟁력 비교
  - 중점 연구분야 도출을 위한 키워드 그룹핑
  - 기술협력 및 경쟁구조 파악을 위한 논문 공동연구 및 출원인 피인용 관계 분석
- 로봇분야 논문·특허 계량분석 적용
  - 최근 10년(2007년~2016년) 논문 102,448건, 특허 11,558건에 대하여 분석
  - (논문분석) 연도별 기술활동, 국가별 기술경쟁력, 주요 저자분석 및 연구협업구조, 중점 연구분야 분석
  - (특허분석) 연도별 기술활동, 국가별 기술경쟁력, 출원인별 기술경쟁력, 주요 출원인 기술협력 및 경쟁구조 분석

### ■ 활용방안

- 도메인분석에서 기술경쟁력 평가 및 중점 연구분야 도출 근거 자료로 활용
- ETRI연구개발지원사업에서 중점·전략 트랙 과제의 기술성평가를 위한 정량평가지표로 확대 적용 가능

## 연구 배경 및 필요성

- 선도적으로 투자할 수 있는 도메인 선정에 위한 연구개발 유망분야 분석 필요
  - ETRI는 대내외적으로 변화하는 환경과 기대에 부합하기 위한 ICT R&D 기획 역량 강화를 위한 노력의 일환으로 우선 투자 대상 도메인을 선정하고 있으며,
  - 이를 위해 도메인 주요기술의 시장전망, 정책동향, 기술수준 등을 체계적으로 분석하고 핵심가치를 도출하기 위한 연구를 수행하여 왔음
- ICT 기술의 빠른 개발속도와 융복합 현상으로 전문가만에 의한 문헌분석 한계
  - 개방형 개발환경의 확대, 저장장치의 가격하락, 정보접근의 용이성 향상 등의 영향으로 최근 데이터생산 및 축적속도가 사람의 분석속도 추월
  - 또한 기술 융복합 현상이 본격화되면서 분석대상 기술영역이 확대됨에 따라 다양한 연구분야의 전문지식이 요구되고 이에 따라 분석의 어려움 대두
- 전문가 분석의 주관성을 보완하기 위한 계량분석<sup>1)</sup>에 대한 요구 증대
  - 기술분석 방법론은 크게 문헌분석과 설문조사를 통해 수행되는 정성적 분석과 특허 및 논문과 같은 데이터를 계량화함으로써 수행되는 정량적 분석으로 구분
  - 전통적으로 정성적 분석 위주로 진행되어 왔으나 최근에 방대한 문헌과 분석 영역의 범위 확대에 정량적 분석에 대한 필요성 증가
  - 전문가 집단에 의한 의사결정은 개인경험과 가치부여에 따라 편향된 주관성을 띠 수 있으므로 이를 보완하기 위하여 계량분석과 병행 연구 요구 증가
- 유망 연구개발 분야 계량분석을 위한 방법론 개발 및 시스템 구현 필요
  - 기술정보 분석을 위해서 데이터가 정형화되어 분석에 용이한 특허정보를 주로 사용하여 왔으나 최신 연구활동을 반영하기 위한 논문분석도 활발히 수행 중
  - 논문 및 특허 분석을 통해 기술트렌드, 연구주체, 중점 연구분야, 기술협력 및 경쟁구조 등을 파악하는 방법론 개발, 수작업의 번거로움을 최소화하고 계산의 복잡성을 극복할 수 있는 분석모듈, 분석결과를 다각도로 해석할 수 있는 사용자와 상호작용 가능한 시각화 시스템 구현 필요

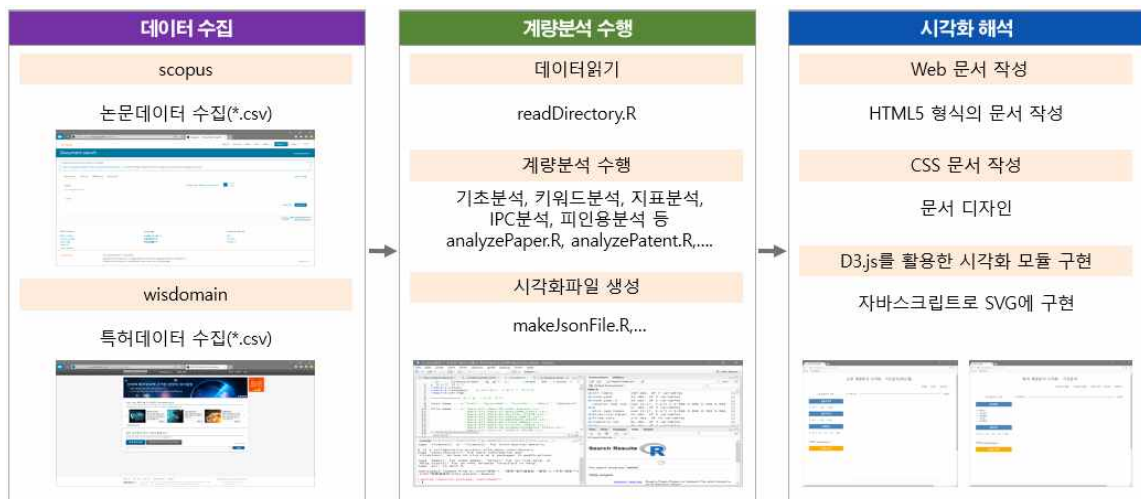
1) 계량분석이란 어떤 현상에 대하여 자료를 수집한 뒤 이를 분석하여 문제해결에 유용한 정보를 얻는 행위로, 통상적으로 자료수집, 문제정의 및 모형화, 자료분석, 분석결과 해석의 단계로 구성

- 문헌연구와 계량분석을 함께 수행하여 각 방법의 한계를 극복하고 상호보완하여 분석의 정확성을 높이고 객관성 확보 필요

## 연구 내용 및 범위

- 데이터수집, 계량분석수행, 시각화해석 단계로 구분하여 시스템 개발
  - 논문데이터는 SCOPUS에서 특허데이터는 WISDOMAIN에서 수집
  - 계량분석은 통계·데이터마이닝·그래프를 위한 오픈소스 프로그램 R에서 구현
  - 계량분석 결과의 시각화는 웹브라우저 상에서 동적이고 인터랙티브한 정보시각화를 구현하기 위해 개발된 자바스크립트 라이브러리 D3.js로 구현

그림 1. 논문·특허 계량분석 프로세스



- 기존 유망기술분석 기관의 논문·특허 계량분석 주요 사례 연구
  - 계량분석시스템 요구사항 도출
- 논문데이터 기반 계량분석시스템 개발
  - 논문데이터 계량분석 기능 설계 및 SCOPUS에서 분석에 사용할 데이터 정의
  - 논문데이터 분석 모듈 및 시각화 기능 구현
- 특허데이터 기반 계량분석시스템 개발
  - 특허데이터 계량분석 기능 설계 및 WISDOMAIN에서 분석에 사용할 데이터 정의
  - 특허데이터 분석 모듈 및 시각화 기능 구현
- 계량분석시스템을 로봇분야에 적용함으로써 방법론 검증 및 개선사항 도출

## II 유망기술분석 기관의 논문·특허 계량분석 주요 사례

### 1. 유망기술분석을 위한 주요 기관의 논문·특허 중심의 계량분석 사례

#### ■ NRF(한국과학재단)의 ‘2017년 국가미래유망기술 상시 발굴 및 준비체계 정책지원보고서: 12대 정책(R&D) 프로그램 사전 기획서’ 보고서

##### ● 보고서 개요

- 국가 전략 및 범부처 선도형 R&D 프로그램 사전기획을 목표로 증거(데이터)에 기반한 국가미래유망기술 발굴 체계의 구축 및 운영과 국가적 차원의 미래준비체계를 구축하기 위한 중장기 정책 프로그램 상세기획 지원 연구 수행결과 보고서
- 종합보고서와 함께 제출된 12대 정책(R&D) 프로그램 사전기획 보고서는 개요, 국내외 트렌드변화, 국내외 R&D 현황, 시장전망, 국내외 정책현황, 정책제언 내용으로 구성
- 이 중 국내외 R&D현황 분석의 구성목차 기술개발동향, 연구개발투자현황, 기술경쟁력, R&D지식맵 중 기술경쟁력과 R&D지식맵에서 계량분석 내용 포함

##### ● 논문분석을 통해 정책 프로그램 후보의 기술경쟁력 진단 및 주요 연구영역 조사

- 분석기간(2006년 ~ 2015년)의 WoS(Web of Science) 데이터 사용
- 전체 논문의 연도별 논문수 및 연평균 증가율(CAGR) 제시
- 국가별 논문 영향력(전체 평균 피인용수 대비 해당 국가의 평균 피인용수 비)과 활동도(전체 논문수 대비 해당 국가의 논문수 비) 지표를 사용하여 국가간 기술경쟁력 비교
- 기술경쟁력의 영향력 및 활동도 지표는 세계 평균 기준값이 1이며 우리나라 기준 평가범위(0.8~1.2)내에 존재하는 기술을 기술경쟁력이 확보된 프로그램으로 선택
- 제목과 요약에서 핵심 키워드를 추출(유사성 상위 60%이상)하고 동시출현 기반 유사도에 따라 군집분석 수행 후 주요 연구영역 탐색
- 키워드 출현년도 평균값을 통해서 최신 키워드를 조사하고 키워드 출현빈도에 따른 키워드 밀집맵(Density Map)을 그리고 주목 받는 키워드 확인

##### ● 특허분석에서 국내 기술경쟁력이 확보된 프로그램에 대해서 시장잠재력 분석

- 분석기간(2006년 ~ 2015년)의 미국등록특허 데이터 사용

- 전체 특허의 연도별 특허수 및 연평균 증가율(CAGR) 제시
- 국가별 특허 영향력(전체 평균 피인용수 대비 해당 국가의 평균 피인용수 비)과 시장잠재력(전체 평균 패밀리국가수 대비 해당 국가의 패밀리국가 수 비) 지표를 사용하여 국가간 기술경쟁력과 기술파급효과 분석
- 국내 기술경쟁력이 확보된 R&D 프로그램에 대해 시장잠재력 지표가 상위 10개국 평균값을 상회하는 경우 후보 프로그램으로 선택

## ■ TIPA(중소기업기술정보진흥원)의 ‘중소·중견기업 기술로드맵 2017~2019’ 보고서

### ● 보고서 개요

- 중소·중견기업이 나아갈 미래지향적 기술개발 방향 제시를 위해 전략적 집중 분야와 제품을 선정하고 이들에 대하여 R&D사업의 전략방향에 대한 정보를 제공하기 위한 목적으로 작성
- 신성장동력 40대 전략분야와 266개 전략제품에 대한 기술로드맵 보고서로 구성
- 기술로드맵 보고서 구성목차 산업환경, 시장환경, 기술환경, 중소기업 환경, 기술로드맵 중 기술환경에서 특허 동향분석 내용 포함

### ● 기술 활동 분석을 위해 특허분석 수행

- 연도별 특허수를 기반으로 국가별 출원동향 비교
- 국가별 출원 특허에 연도별 출원동향과 함께 내외국인 출원 비중 비교
- 특허분류코드인 IPC의 앞 4자리 출현빈도 분석, 연관성분석, 특허인용수명을 분석하여 해당 연구분야의 투입기술 및 융합성 분석
- 특허수, 피인용수, 패밀리국가수 기준 주요 출원인 파악 및 출원국가와 연계하여 주요 시장중심국 분석

## ■ KISTEP(한국과학기술기획평가원)의 ‘제5회 과학기술예측조사 1차년도 연구’ 보고서

### ● 보고서 개요

- 과학기술기본법 제13조(과학기술예측)에 근거하여 미래기술 예측을 통해 전략적 국가과학 기술기획의 토대를 마련하기 위한 과학기술예측조사 수행 결과 1차년도 보고서
- 전체 연구내용은 미래사회 전망, 미래기술 도출, 델파이 조사 및 분석으로 구성되어 있고 1차년도 보고서에서는 미래사회 전망 연구결과 수록



- 미래사회 전망 연구는 트렌드분석, 이슈분석, 니즈도출과 기술트렌드 분석으로 구성되어 있으며 기술트렌드 분석에서 논문분석 수행

#### ● 기술트렌드 분석을 위해 논문분석 수행

- 과학기술 분야 3대 주요 저널인 Nature, Science, PNAS(Proceedings of the National Academy of Sciences)의 20년간(1995년~2014년) 데이터와 공학 세부분야 분석을 위해 SCOPUS 등재 주요 저널의 20년간(1995년~2014년) 데이터 분석
- 연구분야간 연관성 및 주요 연구분야 파악을 위해 상위 출현빈도 2,000개 키워드에 대한 군집분석 및 네트워크분석 수행
- 연구분야의 발전흐름 및 새롭게 부상하는 연구분야 파악을 위한 분석기간 20년을 네 구간(1995~1999, 2000~2004, 2005~2009, 2010~2014)으로 나누어 분석

### IITP(정보통신기술진흥센터)의 ‘2015년도 계량정보를 활용한 ICT 기술경쟁력 분석’ 기획보고서

#### ● 보고서 개요

- 주요 ICT 기술분야에 대하여 특허 및 논문 정보를 분석하여 주요 경쟁국 대비 우리나라의 기술경쟁력을 파악하기 위한 목적으로 작성
- ICT 산업관련 기술분야를 10개 대분류, 41개 중분류, 170개 소분류로 구분하고 소분류 기술별로 논문 및 특허 계량분석 수행

#### ● 국가별 기술경쟁력 조사 및 비교수행을 위해 논문분석 수행

- 논문검색사이트 SCOPUS에서 소분류 기술에 대하여 분석기간(2000년 ~ 2014년)에 등록된 논문데이터 중 논문저자 소속국가 기준 12개국의 데이터 사용
- 국가별 논문 활동도(전체 논문수 대비 해당 국가의 논문수 비), 영향력(전체 피인용수 대비 해당 국가의 피인용수 비), 집중도(해당 국가의 전체 기술 논문수 대비 해당 기술의 논문수 비를 전체 기술 논문 수 대비 해당 기술의 논문수 비로 나눈 값) 3개 지표를 사용
- 활동도와 영향력은 소분류 기술 논문데이터를 대상으로 계산하지만 집중도는 전체 기술 논문데이터를 대상으로 계산
- 3개 평가지표의 가중평균으로 논문 기준 국가별 기술경쟁력 비교

#### ● 국가별 기술경쟁력 조사 및 비교수행을 위해 특허분석 수행

- 특허검색사이트 WISDOMAIN에서 소분류 기술에 대하여 분석기간(2000년~2014년)

- 의 공개 및 등록된 특허 중 출원인 국가 기준 12개국의 유효 특허데이터 사용
- 국가별 특허 활동도(전체 특허수 대비 해당 국가의 특허수 비), 영향력(전체 평균 피인용수 대비 해당 국가의 평균 피인용수 비), 집중도(해당 국가의 전체 기술 특허수 대비 해당 기술의 특허수 비를 전체 기술 특허수 대비 해당 기술의 특허수 비로 나눈 값), 시장력(전체 평균 패밀리국가 수 대비 해당 국가의 평균 패밀리국가 수 비) 4개 지표를 사용
  - 활동도, 영향력, 시장력은 소분류 기술 특허데이터를 대상으로 계산하지만 집중도는 논문 평가지표에서처럼 전체 기술 특허데이터를 대상으로 계산
  - 4개 평가지표의 가중평균으로 특허 기준 국가별 기술경쟁력 비교

## ETRI의 ‘특허분석을 통한 ICT 유망분야 발굴방법론 및 적용사례’ 보고서

### ● 보고서 개요

- ICT R&D 유망분야 도출을 위한 특허분석 방법론을 개발하고 UI/UX분야에 적용한 연구결과 보고서
- 중점 연구분야를 도출하고 이중 유망분야를 선정하기 위하여 특허분석 수행

### ● 중점 연구분야 도출 및 유망분야 선정을 위해 특허분석 수행

- 사례분석을 위해 분석기간(2004년~2013년)의 USPTO(미국특허청) 특허데이터를 사용하였고 피인용수 보정을 위하여 NBER(전미경제연구소) 특허데이터 활용
- 특허의 피인용수를 적절한 임계값<sup>2)</sup>을 반영하여 미래시점의 예상 피인용수로 보정하여 피인용수가 높은 특허를 주요 특허로 선정
- 피인용수 상위 10%의 주요 특허들에 대하여 공유하고 있는 참고문헌 수를 유사도로 정의하고 군집분석을 수행 후 중점 연구분야 도출
- 성장성(특허수와 특허증가율의 가중합의 정규화수치), 파급성(특허 피인용수의 정규화수치), 시장성(특허 패밀리국가수의 정규화 수치) 지표를 가중합하는 유망지수를 개발하여 중점 연구분야 중 유망분야 선정

2) 피인용수를 해당 특허의 인용 노출기간을 고려한 특허인용시차분포의 누적 확률값으로 나누어 보정 수행

## 2. 특허 및 논문 계량분석 시스템 사례

### ▣ 대다수의 논문 및 특허 검색사이트에서 기초 분석 및 시각화 기능 제공

- 논문검색사이트 SCOPUS에서 제공하는 기능
  - 검색결과에 대하여 연도별, 저자별, 저자소속별, 저자국가별, 연구영역별 등 논문수 정보 및 막대그래프를 및 파이차트 등 시각화 분석 기능 제공
- 특허검색사이트 WISDOMAIN에서 제공하는 기능
  - 검색결과에 대하여 출원인별 특허수, 키워드 빈도 기반 워드클라우드, 권리현황 막대그래프, 특허평가등급 파이차트 등 분석 기능 제공

### ▣ 국내 논문 및 특허 계량분석시스템 사례

- KISTI(한국과학기술정보연구원)의 신기술 다이내믹분석시스템 MIRIAN
  - 연구개발 및 신규사업영역을 개척하는 산학연 전문가들에게 최신 과학기술 동향과 미래유망기술을 탐색할 수 있는 체계적인 정보를 제공하기 위하여 미래 기술지식베이스(전세계 주요 기관에서 발표한 미래유망기술 가운데 엄선한 미래기술에 대해 다각적인 기술현황을 수록), 미래기술디렉토리(미래유망기술을 발굴하고 선정하는 국내외 기관정보와 2001년이후 발표한 14,000여개의 미래유망기술을 수록)와 다양한 분석 시스템(KM+, COMPAS, TOD, 주목받는연구분야탐색, ReSEAT)제공
  - KM+(KnowledgeMatrix Plus)는 논문과 특허 데이터베이스로부터 데이터를 추출하여 데이터 전처리를 수행하고 다양한 형태의 1-mode matrix와 2-mode matrix를 생성하여 이러한 행렬 데이터를 네트워크 분석 및 무료 시각화 소프트웨어인 Pajek, VOSviewer, Gephi에서 사용할 수 있도록 지원하는 소프트웨어
  - COMPAS는 특정 기술 및 분야에 관해 해외특허(USPTO), 논문(Pubmed, WoS 등), 회사, 전문가, 수출입현황, 대상교역국 등 대단히 많은 정보를 분석할 수 있는 경쟁분석시스템으로 총 11가지 분석 기능(Potential Patent Infringement, Korean Patent Analysis, Trade Scan, Competitor Identifier, Competitor Profile, Journal Article Analysis, Patent Citation Tree, Tech Tree, Tech Path, Core Patents, Who's Buying What)을 제공
  - TOD는 이용자가 가진 제품 또는 기술과 관련 있는 기회제품을 추천하고 제품 매력도를 특허와 논문 데이터를 기반으로 평가해주는 시스템으로 2016년 빅데이터분석 기업인 (주)다음소프트에 선급기술료 5억원과 경상기술료 15%를 조건으로 기술이전된 시스템

- 주목받는연구분야탐색에서는 SCOPUS의 논문데이터를 분석하여 연구주제별로 연도별 논문수, 상위 1%논문수, 피인용수 정보 제공

● KAIA(국토교통과학기술진흥원)의 LandScope

- 국토교통 과학기술 정보를 조사 및 분석하기 위한 목적으로 KAIA와 KISTI가 협력하여 공동으로 개발한 정보마이닝 시스템
- SCOPUS, WoS(Web of Science), NDSL(특허)에서 수집한 데이터 분석
- 필드별 기초분석(고유한 값의 수, 연도별, 국가별, 기관별, 저자별 논문 또는 특허수 등의 막대그래프 등의 1차원 그래프 생성), 지표분석(특허), 연구연관도 분석, 네트워크 시각화, 연구 밀집도맵, 보고서 자동리포팅 등의 기능 제공

● 광개토연구소의 PatentPia(특허경쟁분석)와 GoldenCompas(미래유망기술발굴)

- PatentPia는 특허분석시스템으로 특허별로 특허기본정보, 거래정보, 소송정보 관련 총 140여개의 데이터를 제공하며 핵심특허의 추출과 분석, 경쟁사 해부, 신시장 후보기술 분야별 리스크 및 비즈니스 기회분석, 기술융합, 유입 및 확산 분석, 특허 포트폴리오 수익화를 위한 마이닝, 특허 자산관리, 특허 리스크의 발견 분석 및 관리, M&A 관점의 특허활용, 유사 특허군 활용, 집단 지성적 참조특허군 활용, 집단 지성적 Forward Citation 특허군 활용, 업무활용을 위한 핵심 지식으로 구분하여 다양한 하부 분석 기능 제공
- GoldenCompas는 특허와 논문 데이터를 활용한 미래유망기술분석 시스템으로 계층형 기술 카테고리(최상위 35개, 전체 12,000여개의 기술을 계층적으로 분류)를 도입하고 각 기술 카테고리별 분석정보 및 특화성 높은 키워드를 다양한 관점(All/Rising/New)에서 추출하고 기업별로 적용(전세계 80여만 기업 정보를 계층화된 기술과 매칭하여 제공)한 분석 결과(유망성 예측, 핵심 연구자, 관련 특허, 다양한 관점의 키워드 등)를 제공

● KAIA 시스템과 KISTI의 KM+와 COMPAS는 무료이지만 KISTI의 TOD와 광개토연구소의 시스템은 유료 시스템

📖 해외 정보분석시스템 사례

● 미국 조지아텍의 Vantagepoint

- 조지아공대 기술정책평가센터 TPAC와 Search Technology사가 공동으로 개발
- 다양한 입력형식(txt, dat, csv, tag, trn, xls,xlsx, mdb, accdb, ris, xml) 지원

- 중복데이터 제거 등의 레코드 정제, 혼동을 주는 데이터 제거 등의 데이터 정제, 분석대상 항목 추출, PCA(Principal Component Analysis) 기반 요인분석(Factor Analysis)을 통한 데이터 그룹핑, 정규식 기반 관심 데이터 추출 등의 우수한 데이터 전처리 기능 제공
- 동시출현 기반 매트릭스 생성 및 히트맵 시각화 기능 제공
- 그 밖에 분석결과 해석을 다양하게 할 수 있는 다수의 시각화 기능 제공
- 데이터분석 결과의 자동 리포트 생성 기능 제공

● 미국 Thomson의 Aureka(특허분석전용)와 Analyzer(SCI논문분석전용)

- Aureka는 텍스트마이닝 결과를 ThemeScape(R)맵이라 불리는 등고선 지도로 출력하는 것이 특징이며 이외에 인용트리(인용 및 피인용 관계에 있는 특허를 트리에 표시) 출력 기능 제공
- Analyzer는 Delphion, Dialog, STN 등의 데이터분석 작업 수행

● 일본 노무라연구소의 TRUE TELLER

- 콜센터 자료나 설문조사 분석 등에서 텍스트 데이터를 해석하기 위한 톨로 개발
- 특허데이터의 텍스트 분석에 활용 가능
- 텍스트마이닝 결과는 등고선맵으로 시각화 기능 제공

● 일본 NEC의 PatTextChart(R)

- 특허 명세서를 해석하고 특허의 기술적 과제해결 수단을 단문으로 추출 후 시각화 기능 제공
- 그 밖에 과제와 해결책간의 관계, 과제와 출원인과의 관계 등 시각화 기능 제공

● 상기 분석시스템들은 몇백에서 수천만원의 연간 이용료<sup>3)</sup> 부과

- Vantagepoint 연간 700만원+300만원 이용료 부과
- Aureka 및 Analyzer는 연간 2,000만원 이용료 부과

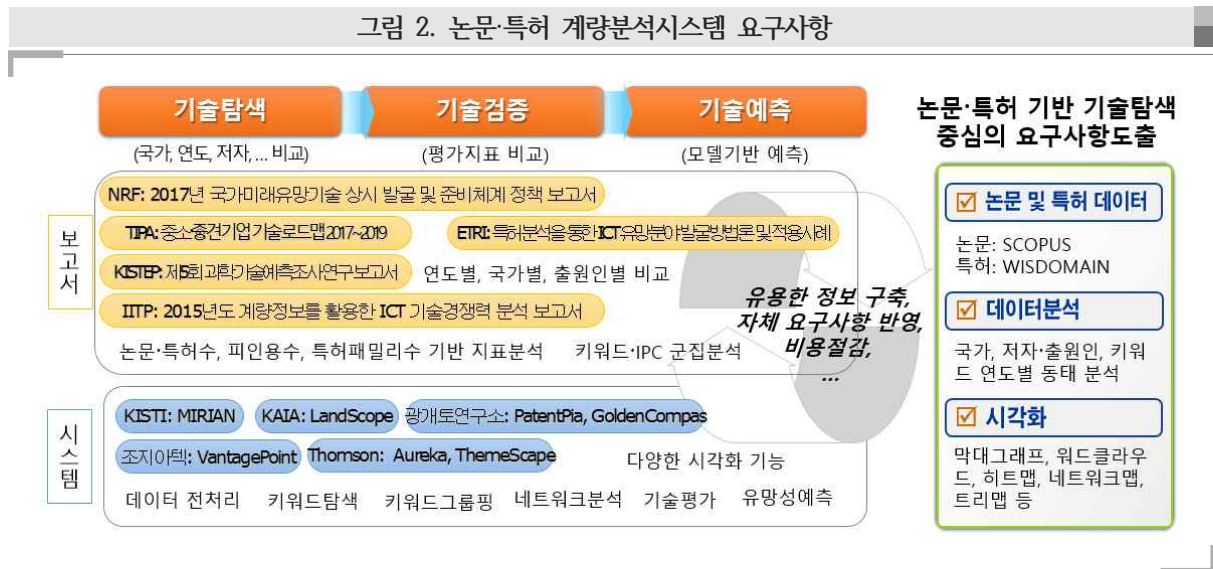
3) 출처: 국토해양지식정보센터(LandMark), 한국건설교통기술평가원, 2012

### 3. 논문·특허 계량분석시스템 요구사항 도출

#### 기존 사례연구로부터 논문 및 특허 기반 계량분석 요구사항 도출 기능

- 계량분석 3대 분야 중 기술탐색에 주안점을 두고 요구사항 도출
  - 계량분석 방법론은 크게 기술탐색, 기술검증, 기술예측으로 나뉘며 기술검증과 기술예측에 앞서 기술탐색 수행은 필수
  - 기술탐색결과 분석을 통해서 기술검증을 위한 가설을 세우거나 기술예측 결과에 대한 해석 근거 자료로 활용 가능
- 논문데이터는 SCOPUS에서 특허데이터는 WISDOMAIN에서 수집
  - 분석대상 DB의 선택은 분석 가능성 및 신뢰성 측면에서 매우 중요
  - 기존 연구사례를 바탕으로 논문은 SCOPUS에서 특허는 WISDOMAIN에서 수집

그림 2. 논문·특허 계량분석시스템 요구사항



- 기술탐색을 위한 데이터분석을 위해 기술트렌드, 연구주체 기술경쟁력 비교, 중점 연구분야 탐색, 기술협력 및 경쟁구조 파악을 위한 기능 구현
  - 논문수 및 특허수 기준 연도별 기술활동 분석
  - 핵심 연구주체 파악을 위하여 국가별, 저자별, 출원인별 기술경쟁력 우위비교
  - 중점 연구분야 도출을 위하여 키워드 그룹핑 수행
  - 기술협력 및 경쟁구조 파악을 위한 논문 공동연구 및 출원인 피인용 관계 분석

### III 논문·특허 계량분석시스템 주요 기능

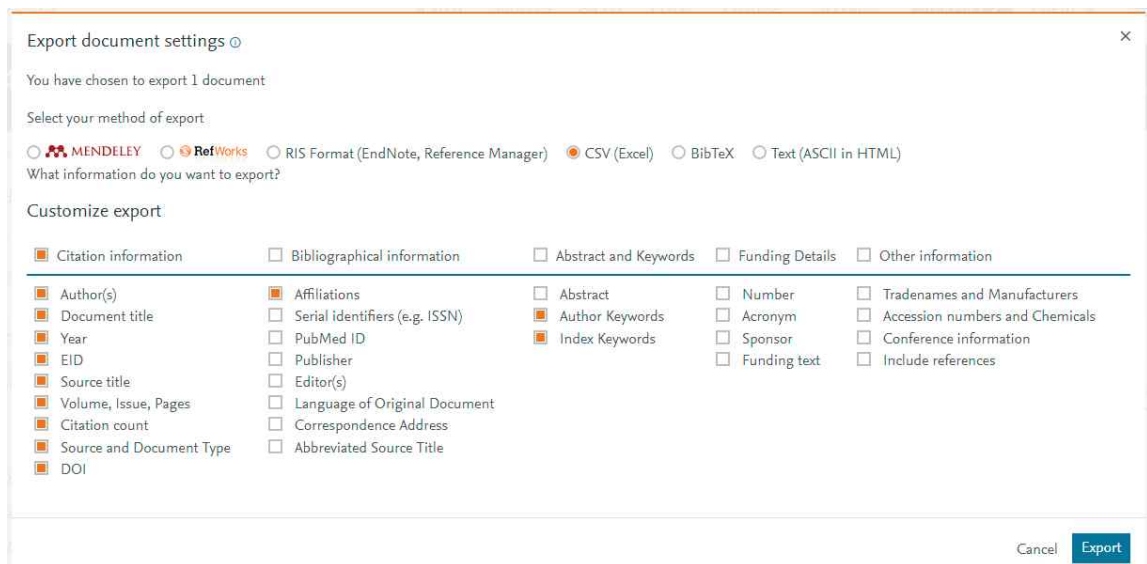
## 1. 구현환경 및 계량분석 프로세스

### 구현 환경

#### ● 분석 대상 데이터 수집

- 논문데이터는 ETRI가 유료로 구독하는 논문검색사이트 SCOPUS<sup>4)</sup>에서 분석대상 분야의 기술 키워드를 사용하여 검색식을 작성한 후 검색된 논문의 서지정보 중 일부(그림3. 참고)를 csv파일로 저장

그림 3. SCOPUS에서 저장하는 논문의 서지정보



- 특허데이터는 ETRI와 라이선스 계약을 맺고 있는 특허검색사이트 WISDOMAIN에서 분석대상 분야의 기술 키워드를 사용하여 검색식을 작성한 후 검색된 특허의 서지정보 중 일부(그림4. 참고)를 csv파일로 저장
- 텍스트마이닝 기법을 적용하기 위해서 논문 및 특허 중 영문 문서로 분석대상 제한
- 검색식에 사용되는 기술 키워드 선택 및 검색식에서 기술 키워드들의 조합방식에 대해서는 분석대상 분야의 전문가와 협의 필요

4) 전세계 4,000여 출판사에서 발행된 14,000여종의 과학기술분야 학술잡지 및 학술회의 발표 논문에 관한 서지정보 제공. 제공기간은 1966년~현재이며, 제공기관은 Elsevier사임 (www.scopus.com)

그림 4. WISDOMAIN에서 저장하는 특허의 서지정보<sup>5)</sup>

CSV 다운로드

● 항목선택 다운로드

기본선택  
 번호, 명칭, 요약  
 번호, 출원번호, 출원인

필드목록  
 번호  
 출원번호  
 출원일  
 공개번호  
 공개일  
 공고번호(중국특허/실용)  
 공고일(중국특허/실용)  
 출원인영문명  
 출원인대표명(미국등록/공개)

선택필드  
 등록번호  
 출원인  
 출원인국가  
 명칭  
 요약  
 국제특허분류(IPC)  
 자국인용특허(미국등록)  
 자국피인용특허(미국등록)  
 자국이용특허수(미국등록)

\*각 필드에는 최대 3만자까지 포함됩니다.  작성일, 사용 검색식 정보 포함

○ 고정포맷 다운로드

모든 필드의 순서가 정해진 고정포맷으로 다운로드합니다.  
 대상 DB와 상관없이 항상 동일한 순서로 고정되어 있으며, 제공되지 않는 항목은 공란으로 다운로드 됩니다.

서지전항목       전체청구항       INPADOC 패밀리 정보  
 고급정보

인명필드 (출원인/발명자/대리인/심사관) 인코딩 설정

영문 (ANSI): 인명정보를 영어 알파벳으로 변환하여 다운로드 합니다.  
 단, 영어 알파벳으로 표현할 수 없는 문자는 '?'로 표시됩니다.

원문 (UTF-8): 인명필드의 텍스트를 그대로 다운로드합니다.

< 이전단계    다운로드    취소

● 데이터 계량분석

- 통계분석 및 데이터마이닝 패키지가 풍부한 오픈소스 프로그램 R<sup>6)</sup>에서 구현
- 논문분석에서는 stringr, proxy, tm, snowballC, jsonlite 패키지 사용
- 특허분석에서는 stringr, tm, jsonlite 패키지 사용

● 분석결과 시각화

- 웹브라우저 상에서 동적이고 인터랙티브한 정보시각화를 구현하기 위해 개발된 자바스크립트 라이브러리 D3.js로 구현

5) 총 15개의 필드(등록번호, 출원인, 출원인국가, 명칭, 요약, 국제특허분류, 자국인용특허, 자국피인용특허, 자국인용특허수, 자국피인용특허수, 특허평가등급, 특허평가점수, INPADOC패밀리국가, INPADOC패밀리국가 수, 등록일) 저장

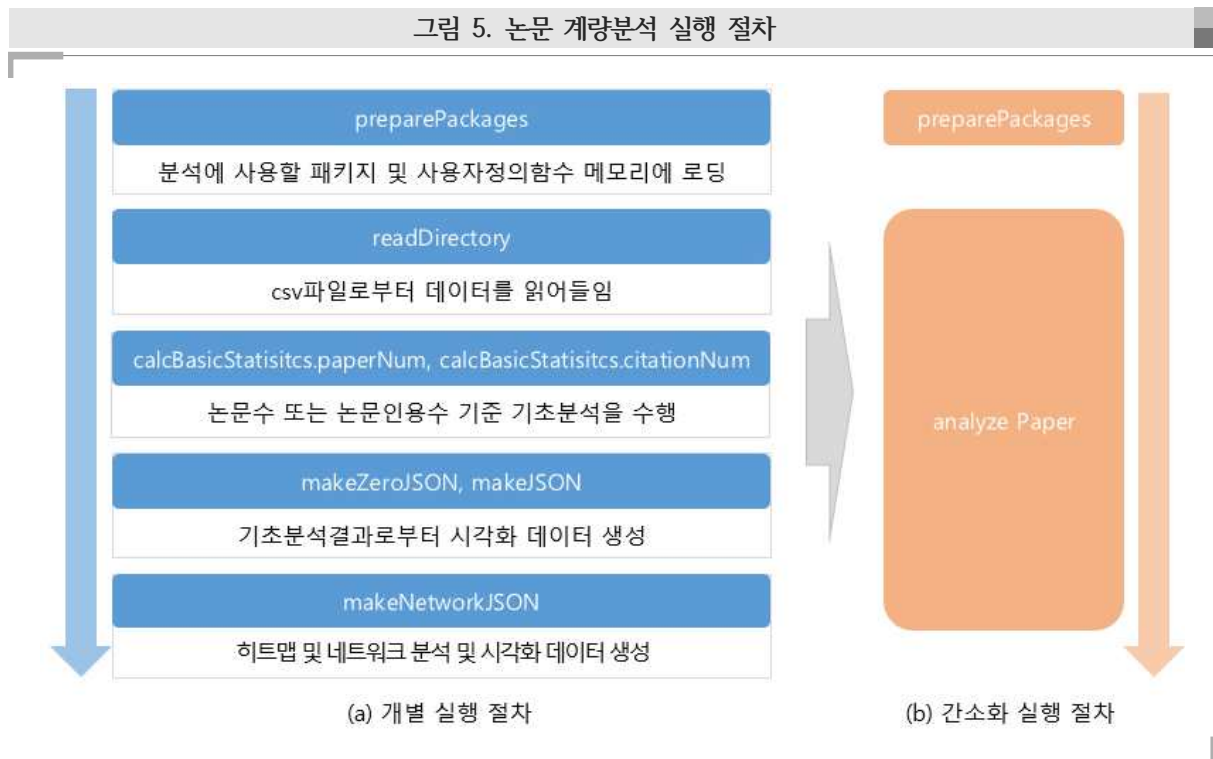
6) R version 3.4.0과 분석에서 사용한 패키지 설치 필요



## 계량분석 프로세스

- 논문 및 특허 검색사이트에서 데이터 저장 후 R로 불러들이기 전에 변환 수행
  - 텍스트마이닝 기법을 적용하기 위해서 논문 파일(csv)을 ascii로 변환 수행<sup>7)</sup>
  - 한글로 저장된 특허파일의 필드명을 영문<sup>8)</sup>으로 변경
- R에서 논문 계량분석 수행
  - 분석과 관련된 함수를 실행하기에 앞서 필요한 패키지 및 사용자 정의 함수들을 메모리에 로딩하는 절차 필요
  - 선행절차 후 외부파일로부터 데이터를 읽고 기초분석 및 네트워크분석 수행
  - 논문 계량분석은 관련 함수들의 파라미터들을 조정하면서 함수들을 개별로 실행하는 방법과 디폴트로 주어진 파라미터들을 그대로 사용해서 함수들을 배치로 실행하는 두 가지 실행 방법 존재

그림 5. 논문 계량분석 실행 절차



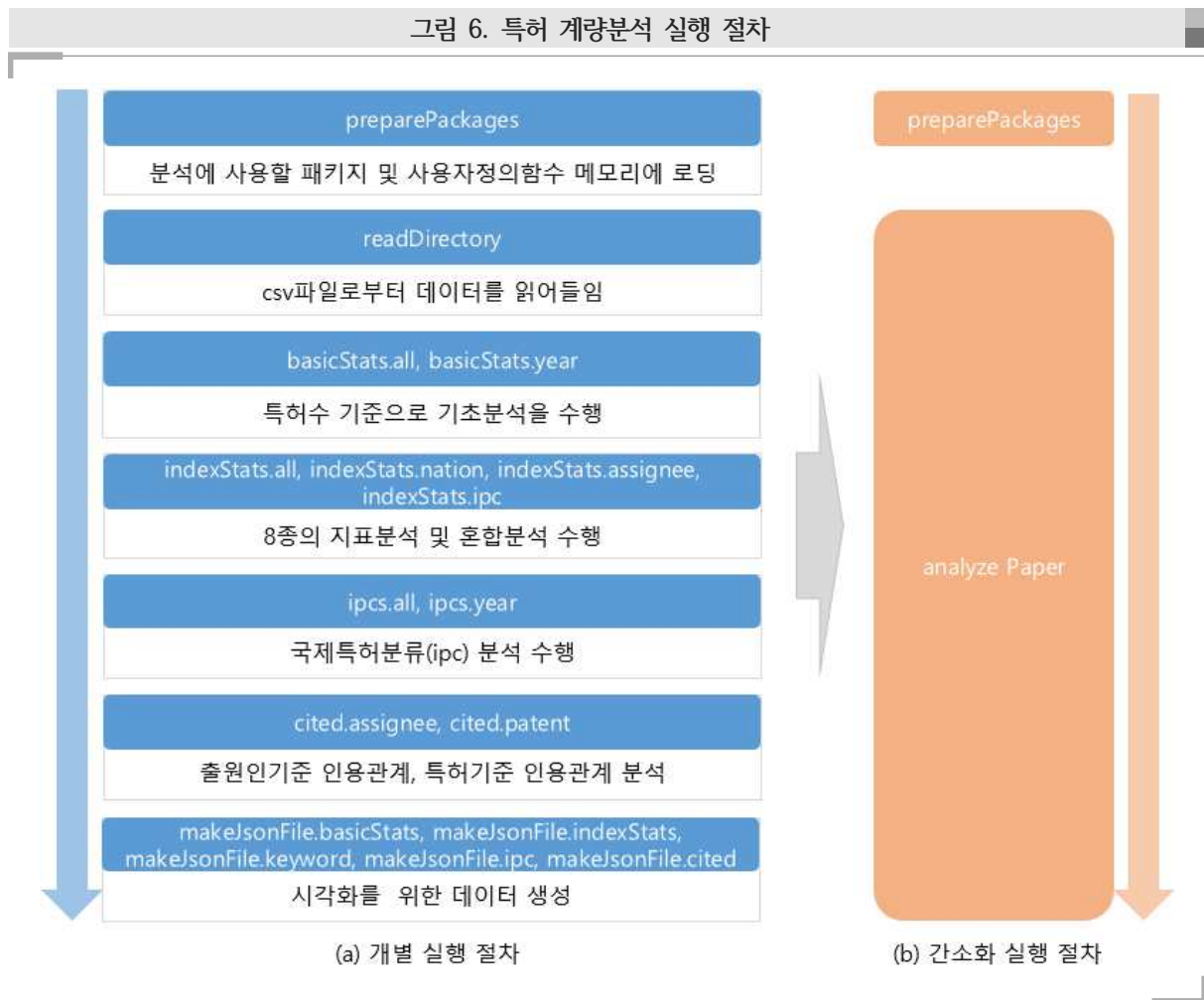
7) 논문파일에서 변환전에 일부 문자의 깨짐 현상이 발생하여 ascii 변환 작업 수행. 특허파일은 UTF-8형식으로 검색사이트에서 저장하며 추가적인 변환작업 불필요

8) 등록번호(Number), 출원인(Assignee), 출원인국가(AssigneeCountry), 명칭(Title), 요약(Abstract), 국제특허분류(IPC), 자국인용특허(Citing), 자국피인용특허(Cited), 자국인용특허수(CitingNum), 자국피인용특허수(CitedNum), 특허평가등급(Grade), 특허평가점수(Score), INPADOC패밀리국가(Family), INPADOC패밀리국가수(FamilyNum), 등록일(Date)로 변경

● R에서 특허 계량분석 수행

- 논문분석과 유사하게 분석과 관련된 함수를 실행하기에 앞서 필요한 패키지 및 사용자 정의 함수들을 메모리에 로딩하는 절차 필요
- 외부파일로부터 데이터를 읽고 기초분석, 지표분석 및 혼합분석, 국제특허분류 분석, 인용관계분석 및 시각화를 위한 데이터 생성 수행
- 논문분석과 유사하게 특허 계량분석 역시 관련 함수들의 파라미터들을 조정하면서 함수들을 개별로 실행하는 방법과 디폴트로 주어진 파라미터들을 그대로 사용해서 함수들을 배치로 실행하는 두 가지 실행 방법 존재

그림 6. 특허 계량분석 실행 절차



● 웹브라우저<sup>9)</sup>에서 분석결과 시각화를 통해 기술분야 해석

- 논문 및 특허 계량분석에서 생성된 시각화 데이터(json)를 웹브라우저에서 분석자는 다양한 그래프를 그려보면서 기술분야의 시사점 도출

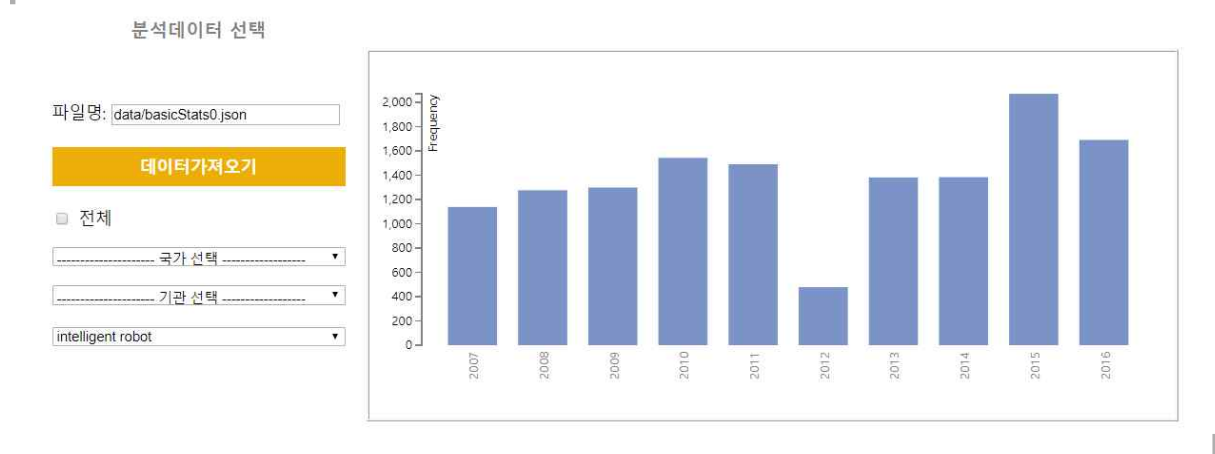
9) 크롬브라우저에 최적화되어 시각화 모듈이 구현되어 있기 때문에 크롬 브라우저 사용 권고

## 2. 논문 계량분석 주요 기능

### 📖 (주체별 기초분석) 논문수 기준 상위 빈도 국가 및 키워드의 연구동태 파악

- 국가별 및 연구주제(키워드)별로 연도별 논문수 변화 조사
  - 분석대상 기술분야에서 활발한 연구활동을 하는 국가 및 연구주제(키워드)를 조사하고 연도별 변화를 살펴봄으로써 최신 기술트렌드 파악
- 국가정보는 저자정보<sup>10)</sup>로부터 추출
  - 다수의 저자가 존재하고 소속국가가 다른 경우 해당 논문은 다수의 국가에 매핑
- 키워드는 SCOPUS에서 자체 제공하는 인덱스 키워드로부터 추출
  - SCOPUS는 검색기능 향상을 위하여 저자가 기입한 키워드를 기반으로 자체 기술 키워드를 참조하여 저자 키워드를 정제 후 인덱스 키워드 제공
- 키워드 분석의 신뢰성을 위해서는 유사 기술 키워드 처리 중요
  - 하나의 기술을 나타내는 키워드가 다수의 유사 기술 키워드로 나뉘어져 있다면 출현빈도를 기반으로 분석되는 키워드 분석의 신뢰성 하락
  - SCOPUS에서 자체 기술 키워드를 참조하여 저자 키워드를 정제했기 때문에 유사 기술 키워드들이 하나의 기술 키워드로 표현되었다고 가정 가능

그림 7. 논문분석 - 주체별 기초분석 시각화 화면

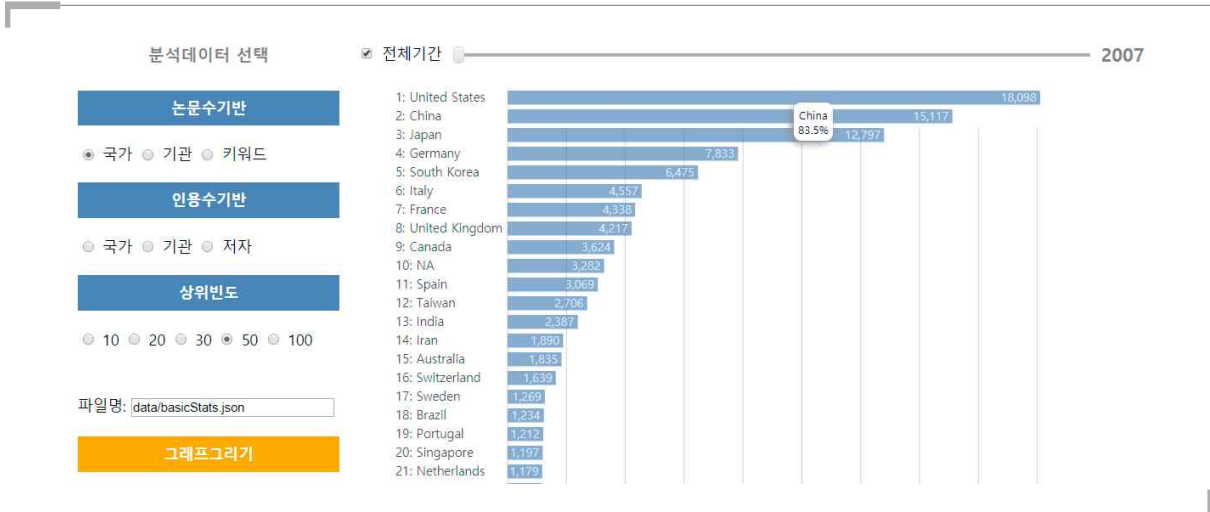


### 📖 (연도별 기초분석) 논문수 및 인용수 기준 상위 빈도 국가 및 키워드 파악

10) 저자정보는 SCOPUS의 서지정보 중 Affiliation 필드에 주어지며 저자명, 기관명, 국가명으로 구성

- 논문수 기준 상위 빈도를 갖는 국가 및 연구주제(인덱스 키워드) 조사
  - 분석대상 기술분야에서 활발한 연구활동을 하는 국가 및 연구주제를 연도별로 파악
  - 주제별 기초분석과 동일한 데이터를 사용하고 있으며 분석자의 의도에 따라 연도별로 살펴보고자할 때는 연도별 기초분석을 연구활동 주제나 주제별로 살펴보기 위해서는 주제별 기초분석을 수행
- 논문의 피인용수 기준 상위 빈도를 갖는 국가 및 연구주제(인덱스 키워드) 조사
  - 대표적인 질적지표 중 하나인 논문의 피인용수를 사용하여 분석대상 기술분야에서 영향력 있는 연구활동을 하는 국가 및 연구주제를 조사
  - 1위와의 상대적 격차를 확인함으로써 기술경쟁력 비교

그림 8. 논문분석 - 연도별 기초분석 시각화 화면



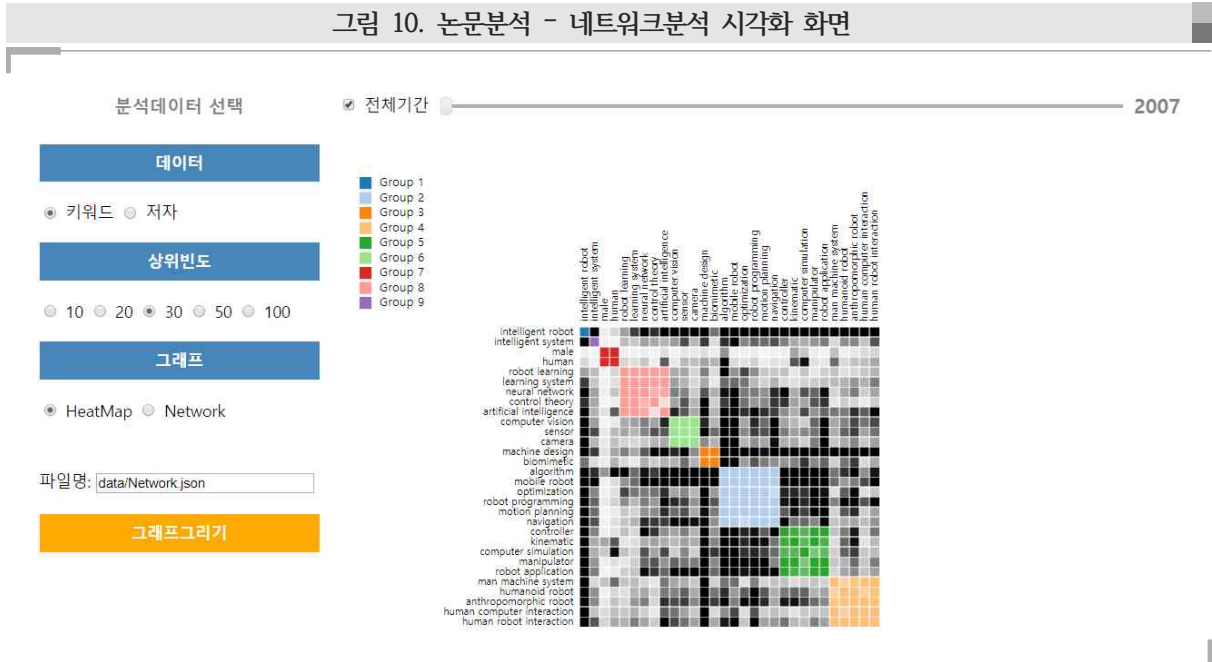
### 📖 (키워드 분석) 중점 연구주제 및 연도별 연구주제의 변화 파악

- 워드클라우드를 통해서 중점 연구주제 조사
  - 인덱스 키워드의 출현 빈도를 기반으로 그려진 워드클라우드를 통해 출현 빈도가 높은 키워드를 중점 연구주제로 해석
- 히트맵 및 막대그래프에서 상세분석이 필요한 연구주제별 연도별 변화 조사
  - 기초분석에서도 키워드의 연도별 출현빈도 변화를 살펴볼수 있으나 히트맵에서는 다수의 키워드의 연도별 변화를 함께 비교하면서 살펴볼 수 있는 장점 존재



- 군집수는 분석자가 전문분야의 지식을 가지고 유연하게 결정 필요

그림 10. 논문분석 - 네트워크분석 시각화 화면



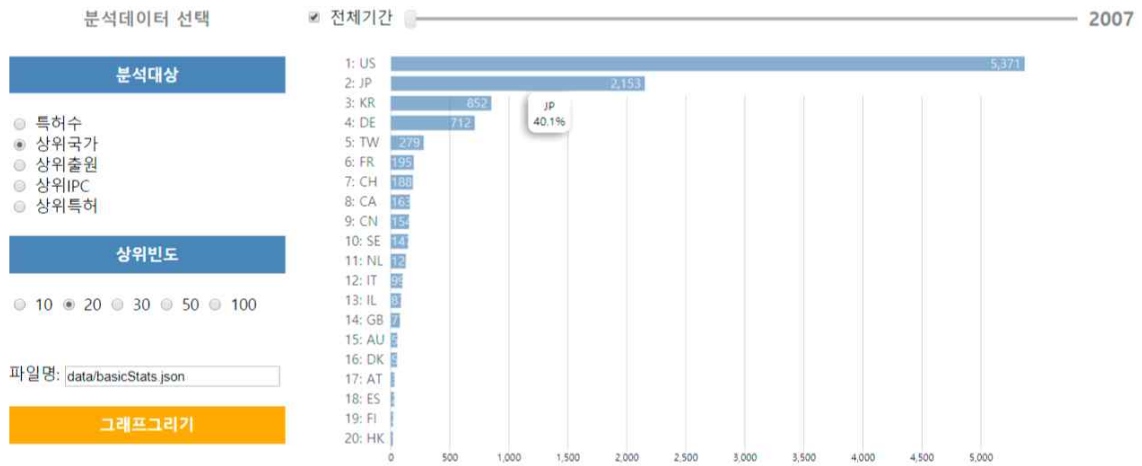
### 3. 특허 계량분석 주요 기능

#### 📁 (기초분석) 특허수 기준 상위 빈도 국가, 출원인, IPC, 특허 파악

- WISDOMAIN에서 제공하는 출원인국가, 출원인, IPC, 특허등록번호 데이터 활용
  - IPC코드 상위 4자리(section(알파벳 1개), class(아라비아 숫자 2개), subclass(알파벳 1개))기준 상위 출현빈도의 IPC코드 분석
  - 하나의 특허에 데이터(국가, IPC 4자리코드에 해당) 중복성이 있는 경우 중복 제거
  - 개인이 출원한 특허의 경우 INDI라는 명칭하에 하나의 출원인그룹으로 분석
- 대표적인 양적지표인 특허수 기준으로 기술경쟁력 있는 국가와 출원인 파악
  - 특허수 기준 경쟁력 1위와의 상대적 격차를 확인함으로써 기술경쟁력 비교
- IPC13)기준으로 특허활동이 활발한 영역과 핵심 특허 파악
  - 특허수 기준 특허활동이 활발한 IPC 영역 확인
  - 피인용수가 많은 핵심 특허를 조사하고 상위 피인용수를 갖는 특허간 비교

13) IPC(International Patent Classification): 제품이나 공정상의 발명구분을 기준으로 하는 국제특허분류

그림 11. 특허분석 - 기초분석 시각화 화면



### ❏ (지표분석) 8개 지표를 기준으로 국가, 출원인, IPC간 기술경쟁력 비교

- 특허 기술활동 분석에서 빈번히 차용되는 대표적인 8개 지표분석 수행
  - 대표적인 양적지표로는 특허수로 산출되는 성장성을 포함하고 질적지표로는 피인용수로 산출되는 활성화, 파급성 포함
  - 이외에 IPC 수로 다양한 분야를 아우르는 융합기술임을 파악하는 다양성, 인용한 특허수가 많을수록 기술의 유사성이 높다고 판단하는 유사도, 패밀리특허수<sup>14)</sup>로 평가하는 시장성을 포함

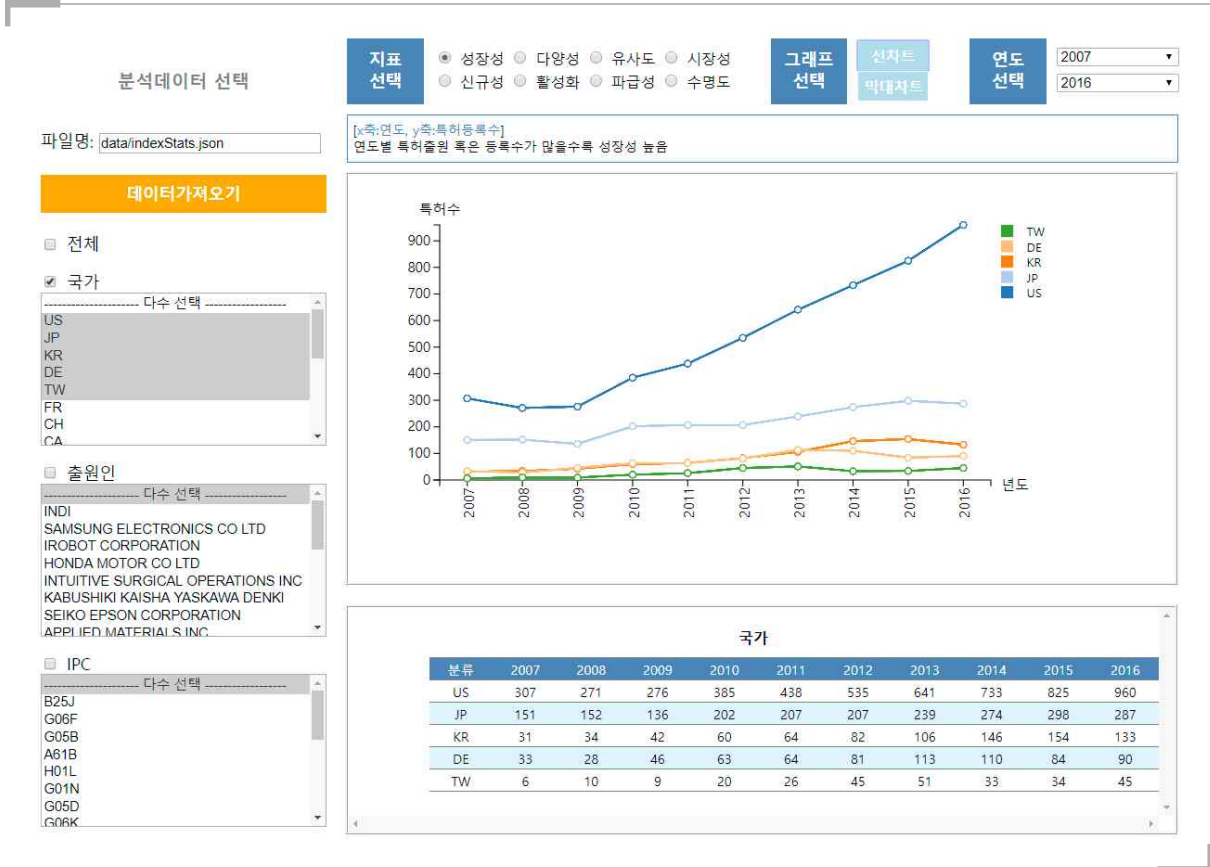
표 1 8가지 특허지표 설명

지표명	지표설명	x축정보	y축정보
성장성	특허수가 많을수록 성장성이 높음	년도	특허수
다양성	평균IPC수가 많을수록 다양한 분야에 연결	년도	평균IPC수
유사도	인용특허수가 많을수록 유사도가 높음	년도	평균인용수
시장성	패밀리국가수가 많을수록 시장성이 높음	년도	평균패밀리수
신규성	최근 3년 특허비율이 높을수록 신규성이 높음	누적 특허등록수	3년간 누적특허수
활성화	최근 3년 평균 피인용비율이 높을수록 기술 활성화도가 높음	평균 피인용수	3년간 평균피인용수
파급성	인용대비 피인용 비율이 높을수록 파급력이 큼	평균 인용수	평균피인용수
수명도	출원인수와 특허수의 관계로 기술의 성장 단계 파악	출원인수	특허수

14) 동일한 내용의 발명이 복수의 국가에 출원된 경우 이들 특허를 패밀리특허라하고 패밀리특허가 출원된 국가 수를 패밀리특허수로 정의

- 또한 최근 3년 특허비율로 평가하는 신규성, 전체 누적 피인용비율에 비해 최근 3년 피인용비율을 평가하는 활성화, 인용수 대비 피인용수 비율로 평가하는 파급성, 출원인수와 특허수의 관계로 기술의 성장성을 평가하는 수명도 지표 포함
- 수명도에서 기술의 성장단계를 출원인수와 특허수가 모두 증가하는 성장단계, 출원인수는 감소는 성숙단계, 모두 감소하는 쇠퇴단계로 구분하여 판단
- 특허지표를 기준으로 기술경쟁력 있는 국가, 출원인, 연구분야(IPC)를 파악
  - 분석기간내에서 분석기간을 정하고 분석대상에 대한 지표분석 수행

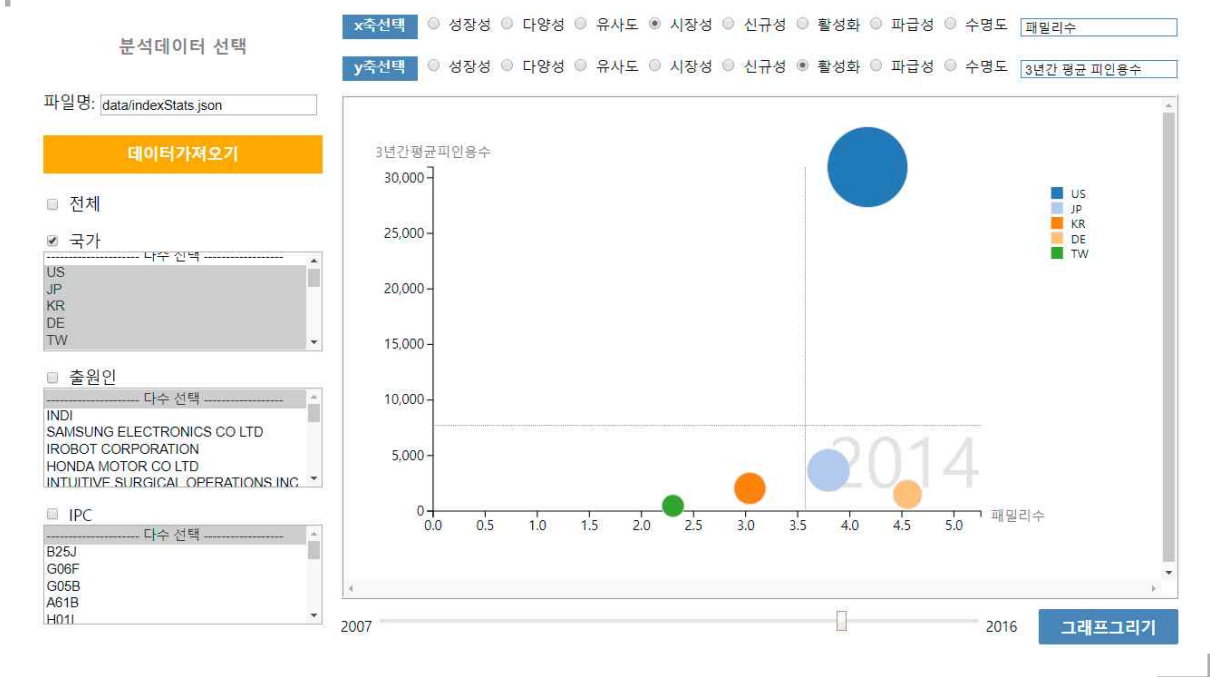
그림 12. 특허분석 - 지표분석 시각화 화면



- 두 개 지표의 연도별 변화를 동시에 살펴보면서 특허기술경쟁력 수준 평가
  - 특허의 양적지표(x축)와 질적지표(y축)를 평균선과 비교하여 기술경쟁력 수준 평가
  - 평균선(x축 평균선: 양적지표의 평균, y축 평균선: 질적지표의 평균)을 기준으로 평균보다 높으면 우위로, 평균보다 낮으면 열위로 평가
  - 연도별로 특허기술경쟁력 변화 파악
  - 국가별, 출원인별, IPC 특허기술경쟁력 수준 비교



그림 13. 특허분석 - 기술경쟁력 수준(양적·질적 우위·열위) 평가 시각화 화면



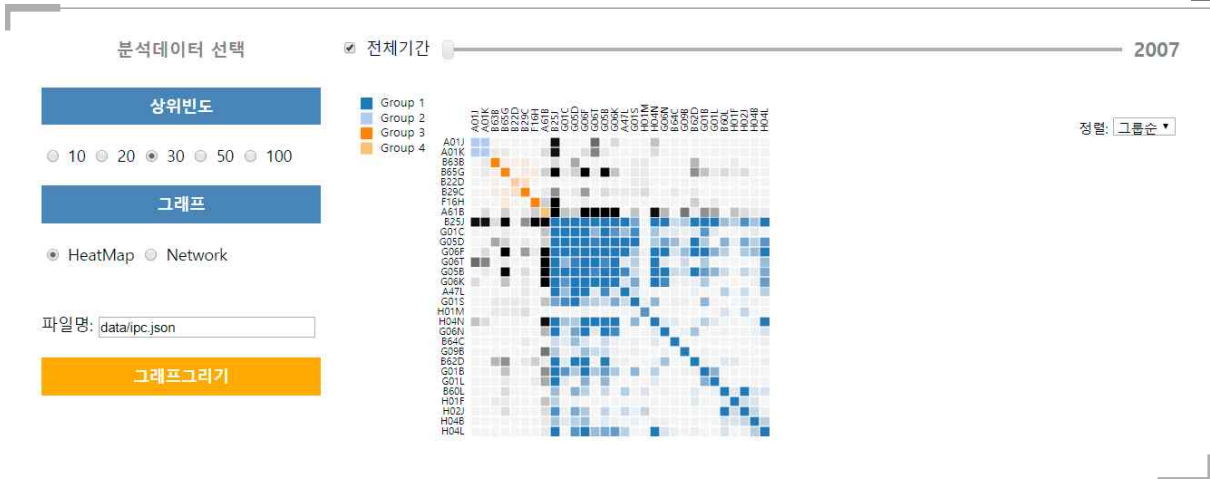
### (키워드분석) 중점 연구주제 파악

- 논문분석의 키워드분석과 동일한 기능을 제공하는 워드클라우드와 히트맵 및 막대그래프를 살펴보면서 중점 연구주제와 연구주제별 연도별 변화 조사
  - 워드클라우드를 통해 출현 빈도가 높은 키워드를 중점 연구주제로 해석
  - 히트맵과 막대그래프를 통해서 관심 연구주제별 연도별 동태 파악
- 특허제목으로부터 키워드 추출
  - 특허는 논문과 달리 출원인이 직접 입력한 키워드 정보가 부재
  - 본 연구에서는 간편하게 핵심 키워드만 추출하기 위해서 특허제목을 대상으로 빈번하게 출현하는 단어 추출
  - 특허제목에서 상시적으로 나오는 단어들과 영어의 관사, 전치사, 대명사 등의 기술키워드로 간주하기 어려운 불용어 제거 등 데이터 전처리 수행
  - 단어단위 키워드를 추출하였기 때문에 상위 출현빈도를 갖는 키워드를 조사하여도 전문가 도움없이 유의미한 연구주제를 추출하기 어려움 존재
  - 의미있는 연구주제를 추출하기 위해서는 연관어 처리 등이 추가로 이루어져야 하며 이에 대한 좀 더 심도있는 추가 연구 필요

## ☞ (IPC분석) IPC 기준 중점 연구영역 파악

- 국제특허분류 IPC 코드를 그룹핑하여 중점 연구영역 탐색
  - 연구주제 그룹으로부터 연구영역을 정의하기 위해서는 전문가의 의견 필요
- 두 IPC 모두를 분류코드로 갖는 특허수를 두 IPC간 유사성 측정값으로 사용
  - 히트맵의 각 셀에 유사성 값 제시
- IPC의 군집분석 방법으로 논문분석에서 키워드 대상으로 적용한 동일한 방법 채택

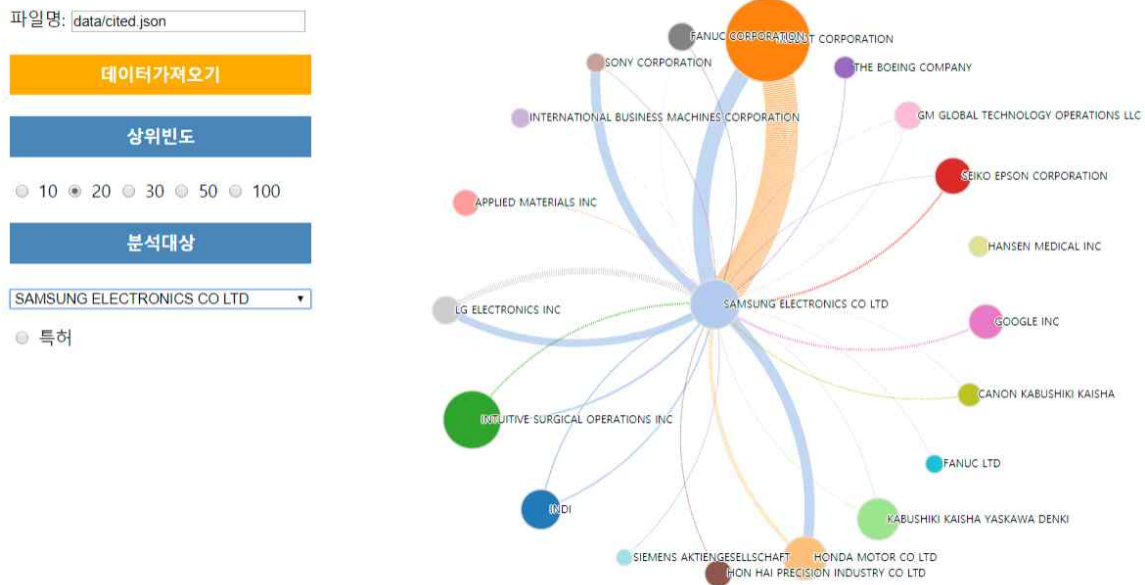
그림 14. 특허분석 - IPC분석 시각화 화면



## ☞ (피인용분석) 출원인간 기술협력 및 경쟁구조와 핵심 특허 분석

- 상호 피인용하는 특허수를 근거로 출원인간 기술협력 및 경쟁구조 파악
  - 상호 피인용하는 특허수가 많을수록 두 출원인간 관심 기술분야가 유사할 가능성 내포(예를 들어, 그림15에서 삼성과 아이로봇은 로봇분야에서 관심 분야가 비슷할 것으로 유추 가능)
  - 상호 피인용 특허수에 비대칭이 존재하는 경우 피인용을 많이 하는 출원인은 상대 출원인들과 기술협력을 고려한 가능성 존재(예를 들어, 그림15에서 삼성이 아이로봇, 혼다, 소니, 화낙을 기술협력 후보로 고려 가능)
- 출원인간 피인용수 계산
  - 인용하는 특허와 피인용하는 특허 모두 분석대상 기간의 특허로 한정
  - 피인용 특허수는 피인용 대상 출원인 특허의 인용 특허리스트에서 해당 출원인의 특허가 존재하는지 유무로 계산

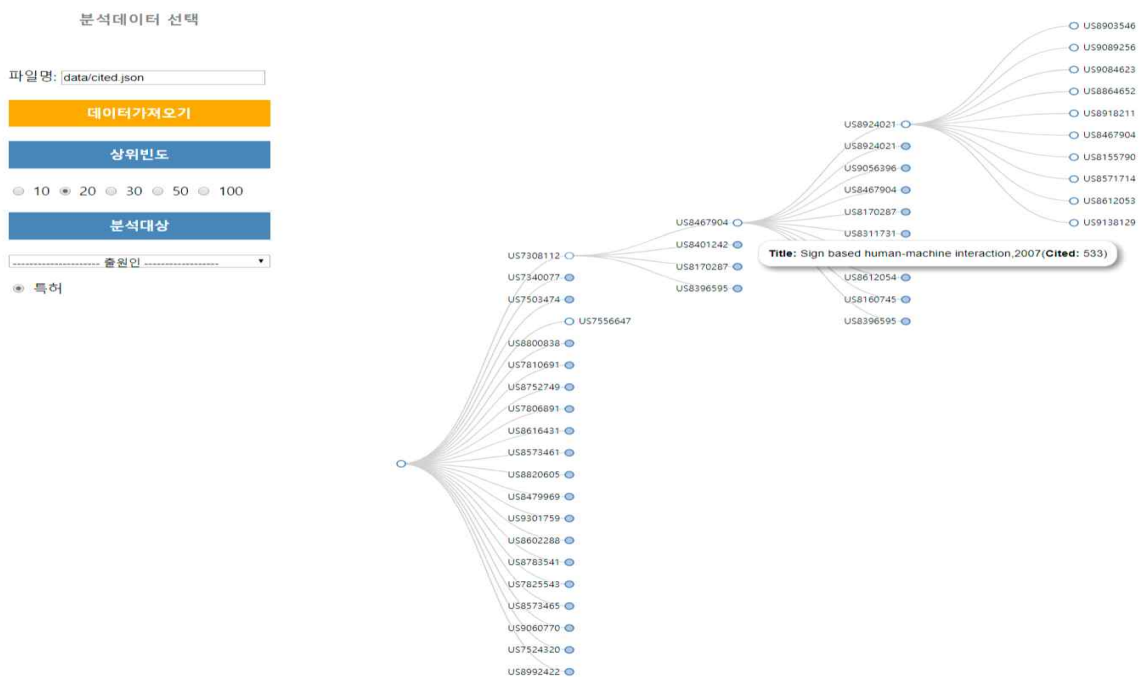
그림 15. 특허분석 - 출원인 인용관계 분석 시각화 화면



● 상위 피용인수를 갖는 핵심특허의 피인용관계 파악

- 상위 피인용수를 갖는 특허를 대상으로 해당 특허를 피인용하는 특허의 리스트를 계층적 트리구조 관계로 파악

그림 16. 특허분석 - 핵심 특허의 피인용관계 분석 시각화 화면



## IV 로봇분야 논문·특허 계량분석

### 1. 논문 계량분석 로봇분야 적용

#### 가. 논문데이터 수집

##### 📄 논문검색사이트 SCOPUS에서 키워드 'robot'을 사용하여 총 102,980건 수집

- 로봇분야 관련 논문 수집을 위해서 'robot'을 포함하는 문서 검색
  - 정확한 검색을 위하여 제목과 키워드에서만 'robot' 포함여부 검색<sup>15)</sup>
  - 소스타입을 'journals'와 'conference proceedings'로 제한
  - 논문게재 연도를 최근 10년(2007년부터 2016년)으로 제한

#### <로봇분야 논문검색을 위해 SCOPUS에서 사용한 검색식>

```
(TITLE(robot) or KEY(robot)) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "cp") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "English")) AND (LIMIT-TO(SRCTYPE, "p") OR LIMIT-TO(SRCTYPE, "j")) AND ((PUBYEAR AFT 2006) AND (PUBYEAR BEF 2017))
```

- 그 결과 총 102,980건의 논문을 수집(다수의 csv파일에 저장된 형태)

##### 📄 csv파일을 읽어 R에서 분석가능한 데이터형식으로 102,448건 변환

- csv파일에서 정제작업 후 R에서 읽어들이 분석에 적합한 list형식으로 저장
  - csv파일에서 필드와 데이터가 일치하지 않는 데이터 삭제(엑셀에서 수행)
  - 저자정보가 없는 논문 삭제(R에서 수행)
  - 최종 분석대상 논문 수는 102,448건(수집된 논문의 99.5% = 102,448/102,980)

#### 나. 논문 계량분석

##### 📄 연도별 기술활동

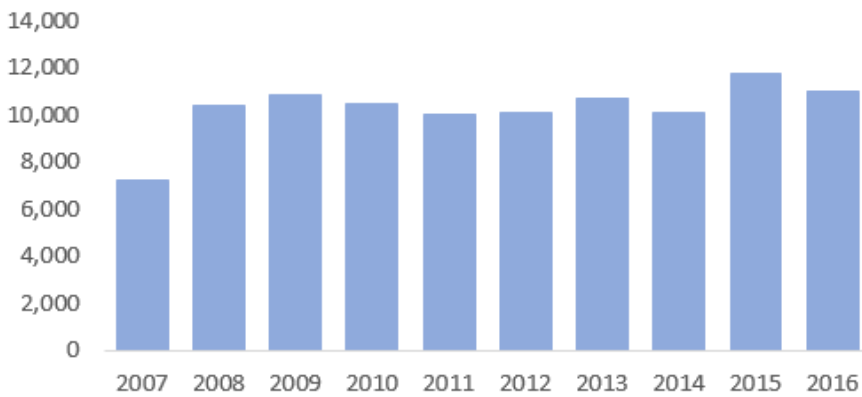
- 총 논문수 및 연도별 논문수

15) 단어내 'robot' 철자를 포함하면 논문검색 결과로 출력됨

- 최근 10년 동안 발표된 논문은 총 102,448건이며 연평균 증가율(CAGR)은 5% 정도
- 매년 10,000건 내외의 논문이 꾸준히 발표되고 있음

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
논문수	7,188	10,405	10,825	10,452	9,989	10,114	10,656	10,078	11,779	10,962

그림 17. 로봇분야 - 연도별 논문수

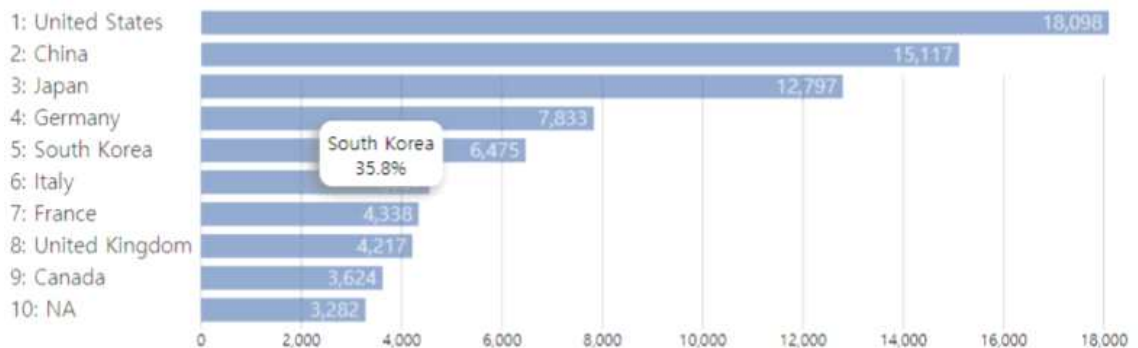


## 국가별 기술경쟁력

### ● (양적평가) 논문수 기준 국가별 순위

- 가장 많은 논문을 게재한 국가는 미국이며, 그 다음 중국, 일본, 독일, 한국 순
- 우리나라의 경우 미국에 비해 35.8% 수준의 논문 게재

그림 18. 로봇분야 - 논문수 기준 연도별 국가 순위



● (양적평가) 최근 10년 논문수 기준 국가별 순위 비교

- 최근 10년 동안 국가별 논문 게재 현황을 살펴보면 총 논문수 기준과 유사하게 미국, 중국, 일본, 독일, 한국 순으로 큰 순위 변동은 없음

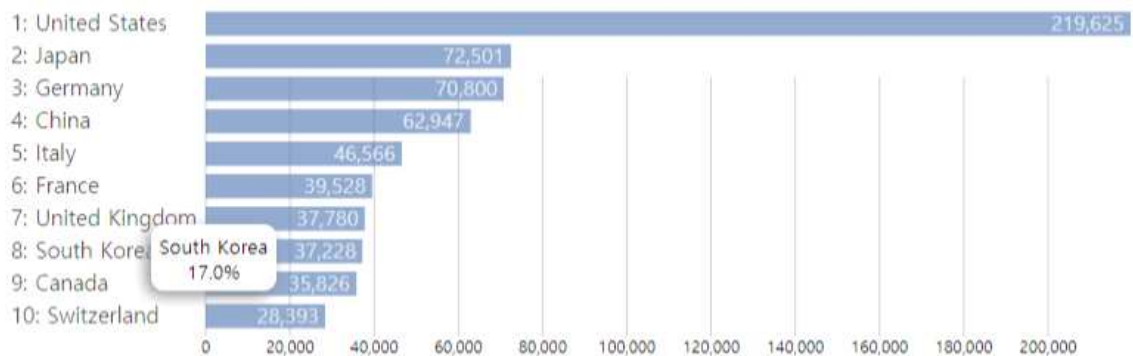
표 2 | 로봇분야 - 논문수 기준 최근 10년 국가별 순위

구분	상위1	상위2	상위3	상위4	상위5
2007년	미국(1,387)	일본(1,105)	중국(741)	독일(463)	한국(459)
2008년	중국(1,835)	미국(1,610)	일본(1,398)	한국(649)	독일(396)
2009년	중국(2,029)	미국(1,892)	일본(1,435)	독일(790)	한국(552)
2010년	미국(1,625)	중국(1,563)	일본(1,448)	독일(822)	한국(642)
2011년	미국(1,688)	일본(1,389)	중국(1,341)	독일(709)	한국(706)
2012년	미국(1,882)	중국(1,354)	일본(1,330)	독일(821)	한국(700)
2013년	미국(1,920)	중국(1,327)	일본(1,286)	독일(865)	한국(823)
2014년	미국(1,966)	중국(1,351)	일본(1,136)	독일(821)	한국(607)
2015년	미국(2,172)	중국(1,799)	일본(1,197)	독일(1,055)	한국(728)
2016년	미국(1,956)	중국(1,777)	일본(1,073)	독일(889)	한국(609)

● (질적평가) 논문의 피인용수 기준 국가별 순위

- 논문 피인용수 기준 미국은 압도적 1위이며 그 다음 일본, 독일, 중국, 이탈리아 순
- 논문수 기준과 비교했을 때 중국이 2위에서 4위로 하락하였으며 우리나라는 5위에서 8위로 하락(미국 기준 17%정도의 논문 피인용수 보유)

그림 19. 로봇분야 - 논문 피인용수 기준 연도별 국가 순위



● (질적평가) 최근 10년 논문 피인용수 기준 국가별 순위 비교

- 최근 10년 동안 국가별 논문 피인용수를 살펴보면 미국이 압도적으로 우세
- 로봇강국이라고 불리는 미국, 일본, 독일이 상위에 포진하고 있으며 최근으

로 올수록 중국의 약진이 두드러짐

표 3 로봇분야 - 논문 피인용수 기준 연도별 국가 순위

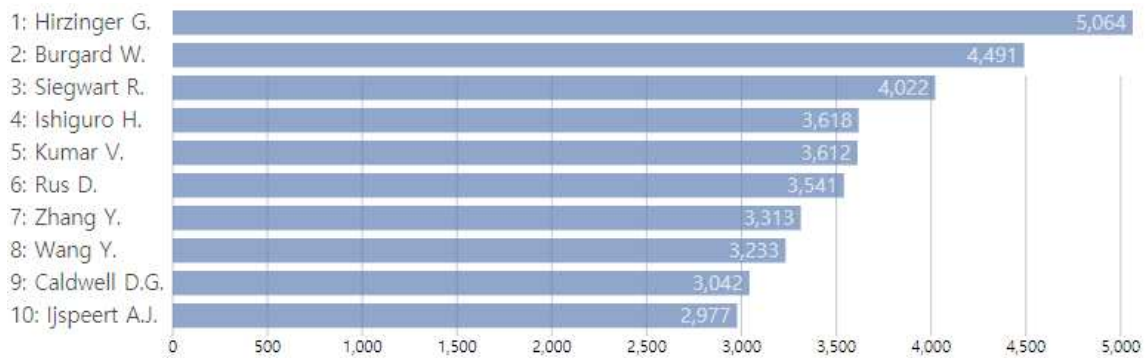
구분	상위1	상위2	상위3	상위4	상위5
2007년	미국(26,875)	일본(13,918)	독일(8,557)	영국(6,100)	스위스(6,097)
2008년	미국(34,338)	일본(12,872)	독일(9,919)	중국(9,094)	캐나다(7,527)
2009년	미국(38,561)	일본(11,821)	독일(11,416)	중국(10,816)	프랑스(8,467)
2010년	미국(29,295)	독일(9,662)	일본(8,888)	중국(8,613)	이탈리아(5,973)
2011년	미국(26,224)	독일(8,423)	일본(7,694)	중국(6,824)	이탈리아(6,525)
2012년	미국(22,888)	독일(7,784)	일본(6,920)	중국(6,840)	이탈리아(6,110)
2013년	미국(18,570)	독일(6,933)	중국(5,918)	이탈리아(4,661)	일본(4,617)
2014년	미국(11,597)	중국(4,483)	독일(3,742)	이탈리아(2,993)	일본(2,819)
2015년	미국(8,399)	중국(3,622)	독일(3,348)	이탈리아(2,710)	일본(2,309)
2016년	미국(2,878)	중국(1,623)	독일(1,016)	이탈리아(871)	영국(670)

- 우리나라의 경우 양적평가에서는 5위였으나 질적평가에서는 그 순위가 8위로 하락
  - 논문의 양적 향상에도 노력해야겠지만 질적 개선에서도 노력 필요

### 주요 저자분석 및 기술협력 구조 파악

- 피인용수 기준 상위 저자분석
  - 피인용수 기준 상위 10위까지 저자 리스트는 아래 그림과 같이 파악

그림 20. 로봇분야 - 피인용수 기준 상위 저자



- 상위 10위 저자들의 관심 연구분야를 키워드의 출현빈도로 파악
  - 저자의 논문의 인덱스 키워드를 대상으로 키워드분석 후 상위 출현빈도 30여 개 키워드 추출
  - 30개 키워드 중 로봇분야를 지칭하는 키워드(robotic, robot)와 비기술키워드 제거

- 10개 저자의 공통 키워드는 지능형 로봇(intelligent robot, 표4에서 제외)

표 4 | 로봇분야 - 논문 피인용수 기준 상위 10위 저자들의 주 연구분야

저자명	상위 출현빈도 키워드 30개	주 연구분야
Hirzinger G.	machine design, <b>anthropomorphic robot</b> , robotic system, algorithm, stiffness, <b>surgery</b> , sensor, robotic arm, <b>human robot</b> interaction, manipulator, <b>industrial robot</b> , industrial engineering, impedance control, robot arm, robot programming, intelligent system, <b>humanoid robot</b> , optimization, <b>robotic surgery</b> , variable stiffness, human computer interaction, end effector, controller, computer network, position control	수술용 로봇 산업용 로봇 인간형 로봇
Burgard W.	mobile robot, navigation, robot programming, motion planning, sensor, real robot, simultaneous localization and mapping, real world experiment, trajectory, robot application, camera, indoor environment, <b>service robot</b> , autonomous navigation, mobile manipulation, monte carlo method, navigation system, outdoor environment, monte carlo localization, maximum likelihood, optimization, problem solving, algorithm, industrial engineering, robot navigation, robot sensing system	서비스 로봇
Siegwart R.	mobile robot, algorithm, camera, motion planning, machine design, robot programming, intelligent system, optimization, <b>micro aerial vehicle</b> , navigation, inspection, computer vision, sensor, micro air vehicle, mapping, <b>unmanned aerial vehicles</b> , topology, calibration, design, wheel, vehicle, navigation system, magnetic wheel, <b>legged robot</b> , <b>quadrupedal robot</b> , <b>climbing robot</b> , <b>wheeled robot</b>	UAV 이동형 로봇
Ishiguro H.	human robot interaction, man machine system, human computer interaction, <b>anthropomorphic robot</b> , <b>humanoid robot</b> , <b>communication robot</b> , machine design, communication, <b>social robot</b> , shopping center, behavioral research, <b>human</b> , sensor, social interaction, speech recognition, field trial, teleoperated, intelligent system, remote control, telepresence, real environment, mobile robot, speech, field experiment, <b>android</b>	소셜 로봇 인간형 로봇
Kumar V.	algorithm, robot programming, motion planning, machine design, <b>industrial robot</b> , <b>aerial robot</b> , <b>multipurpose robot</b> , trajectory, quadrotor, <b>micro aerial vehicle</b> , sensor, mobile robot, multi robot system, indoor environment, <b>micro air vehicle</b> , multiple robot, optimization, controller, <b>multirobot</b> , computer simulation, automation, <b>aerial robotic</b> , estimation, communication, complex environment	산업용 로봇 AV 다목적 로봇
Rus D.	algorithm, robot programming, machine design, optimization, motion planning, multi robot system, manipulator, <b>multipurpose robot</b> , robotic system, sensor, computer simulation, <b>modular robot</b> , mobile robot, <b>industrial robot</b> , cost function, hardware experiment, communication, mobile manipulator, networked robot, sensor network, actuator, <b>multirobot</b> , convex optimization, temporal logic, collision avoidance, decentralized algorithm, intelligent system	산업용 로봇 다목적 로봇
Zhang Y.	mobile robot, algorithm, robot application, robot programming, machine design, robot learning, <b>industrial robot</b> , control theory, motion planning, <b>modular robot</b> , computer simulation, cybernetic, redundant manipulator, neural network, optimization, manipulator, biomimetic, learning system, kinematic, flexible manipulator, navigation, quadratic program, computer vision, sensor, quadratic programming, robotic arm, inverse kinematic	산업용 로봇
Wang Y.	mobile robot, machine design, algorithm, robot application, robot learning, manipulator, biomimetic, <b>industrial robot</b> , control theory, robot programming, controller, learning system, cybernetic,	산업용 로봇 수술용 로봇

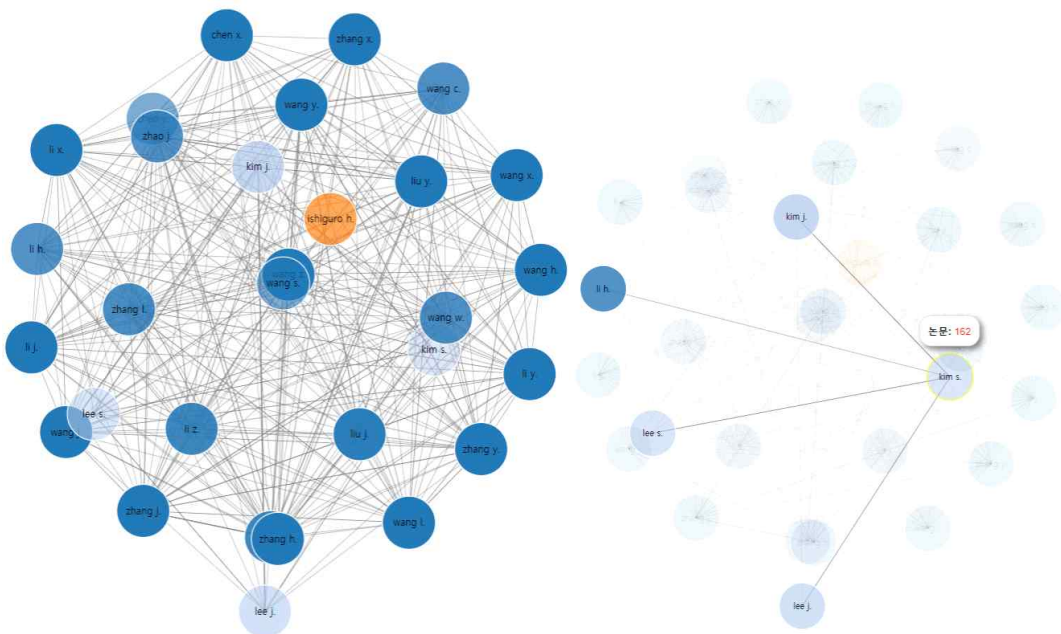


	computer simulation, computer vision, kinematic, learning algorithm, navigation, motion planning, sensor, artificial intelligence, modular robot, automation, neural network, wheel, <b>surgery</b> , mechanism	
Caldwell D.G.	<b>anthropomorphic robot</b> , machine design, <b>quadruped robot</b> , <b>humanoid robot</b> , actuator, <b>multipurpose robot</b> , controller, algorithm, design, stiffness, manipulator, human robot interaction, legged robot, kinematic, robotic arm, energy efficiency, shellfish, <b>surgery</b> , robot programming, hydraulic, passive compliance, dynamical system, dynamic, end effector, elasticity, legged locomotion, compliant actuator	인간형 로봇 다목적 로봇 수술 로봇
Ijspeert A.J.	<b>anthropomorphic robot</b> , central pattern generator, biped locomotion, kinematic, machine design, <b>quadruped robot</b> , optimization, <b>modular robot</b> , legged locomotion, <b>human</b> , <b>multipurpose robot</b> , controller, <b>humanoid robot</b> , biomechanic, dof, mathematical model, oscillators, signal processing, models, computer simulation, self reconfigurable modular robot, animal, adaptation, walking, motion control, dynamical system	인간형 로봇

● 주요 저자들의 기술협력 구조 파악

- 논문수 기준 상위 30명의 저자들을 군집분석한 결과 3개의 집단으로 묶였으며 네트워크 그림에서 저자간의 링크의 굵기는 함께 게재한 논문수 합으로 표현
- 관심 대상 저자와 논문을 함께 게재한 저자들을 탐색함으로써 공동 연구관계에 있는 연구자들 파악

그림 21. 로봇분야 - 연구자들의 협업 관계 파악

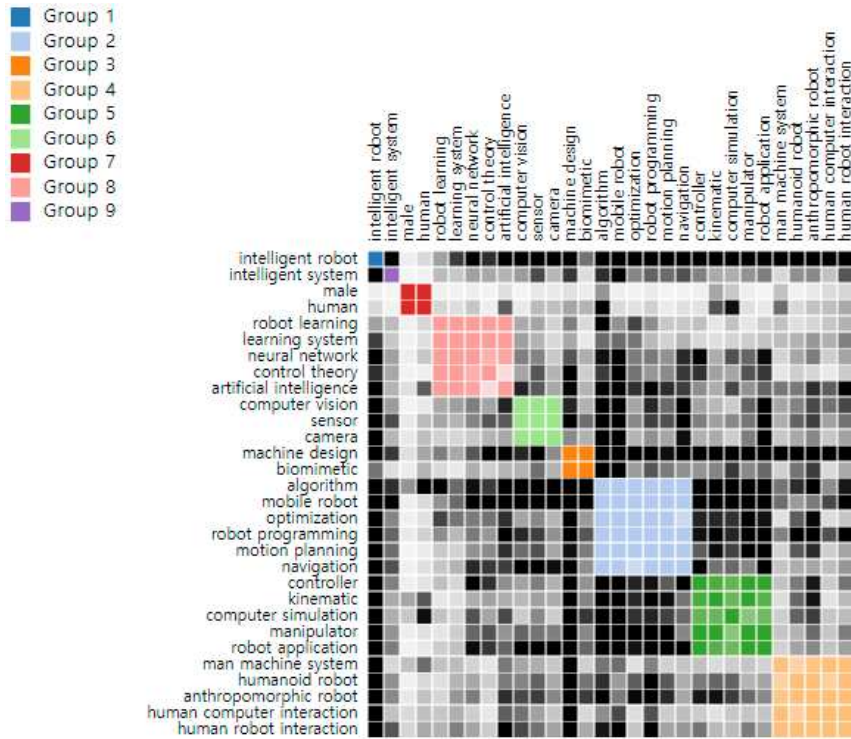




● 키워드 그룹핑으로 중점 연구분야 파악

- 상위 출현빈도 30개의 키워드 군집분석결과 9개의 군집 형성

그림 24. 로봇분야 - 키워드 군집분석 결과



- 9개 군집의 키워드를 중심으로 로봇분야 핵심 연구분야로 인간형로봇, 로봇컨트롤, 생체모방, 객체인식, 로봇학습, 의료로봇, 지능형로봇으로 도출

표 5 | 로봇분야 - 피인용수 기준 1위 저자의 상위 피인용수 논문 10건

군집	군집 키워드	분야정의
1	HRI, HCI, anthropomorphic robot, humanoid robot, man machine system	인간형 로봇
2	robot application, manipulator, computer simulation, kinematic, controller	로봇 컨트롤
3	navigation, motion planning, robot programming optimization, mobile robot, algorithm	로봇 이동
4	biomimetic, machine design	생체모방
5	camera, sensor, computer vision	영상처리
6	artificial intelligence, control theory, neural network, learning system, learning system	로봇 학습
7	human, male	의료 로봇
8	intelligent system	지능형 로봇
9	intelligent robot	지능형 로봇

## 2. 특허 계량분석 로봇분야 적용

### 가. 특허데이터 수집

#### 특허검색사이트 WSDOMAIN에서 키워드 'robot\*'을 사용하여 총 23,265건 수집

- 로봇분야 관련 특허 수집을 위해서 'robot'을 포함하는 문서 검색
  - 정확한 검색을 위하여 제목에서만 'robot' 포함여부 검색
  - 미국등록 특허로 수집대상 특허를 제한한 결과 총 23,265건 특허 수집

#### csv파일을 읽어 R에서 분석대상 특허로 제한한 결과 총 11,558건 수집

- csv파일에서 정제작업 후 R에서 읽어들이 분석에 적합한 list형식으로 저장
  - 최근 10년(2007년부터 2016년)으로 제한한 결과 최종 11,558건 특허 수집

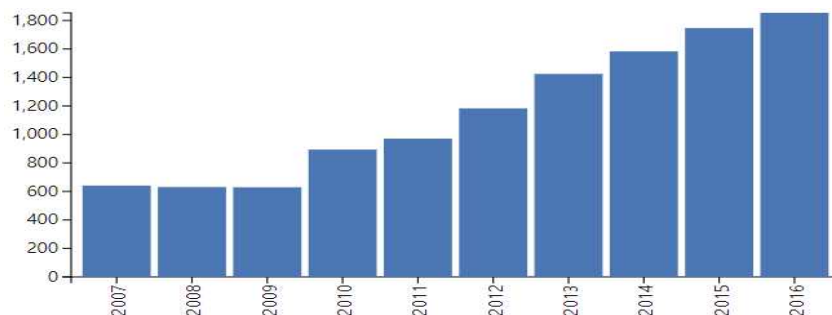
### 나. 특허 계량분석

#### 연도별 기술활동 분석

- 총 특허수 및 연도별 특허수
  - 최근 10년 동안 등록특허는 총 11,558건이며 연평균 증가율(CAGR)은 12.5% 정도
  - 2010년 이후 지속적으로 증가

구분	2007	2009	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
특허수	641	631	629	894	971	1,183	1,425	1,583	1,747	1,854

그림 25. 로봇분야 - 연도별 특허수

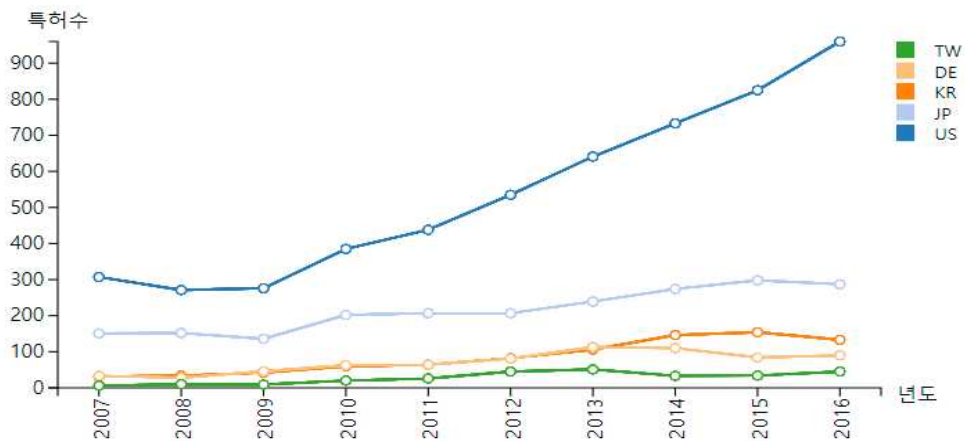


## 특허수 기준 상위 5개 국가의 기술경쟁력 분석

### (양적평가) 특허성장성 지표 분석

- 연도별 특허수를 기반으로 국가별 기술경쟁력 순위 비교
- 미국이 압도적 우위에 있으며 그 다음 일본, 한국, 덴마크, 타이완 순

그림 26. 로봇분야 - 특허성장성 기준 연도별 국가 경쟁우위 비교



### (양적평가) 특허시장성 지표 분석

- 연도별 평균 패밀리국가수를 기반으로 국가별 기술경쟁력 순위 비교
- 시장성측면에서는 덴마크는 미국보다 앞서 있음

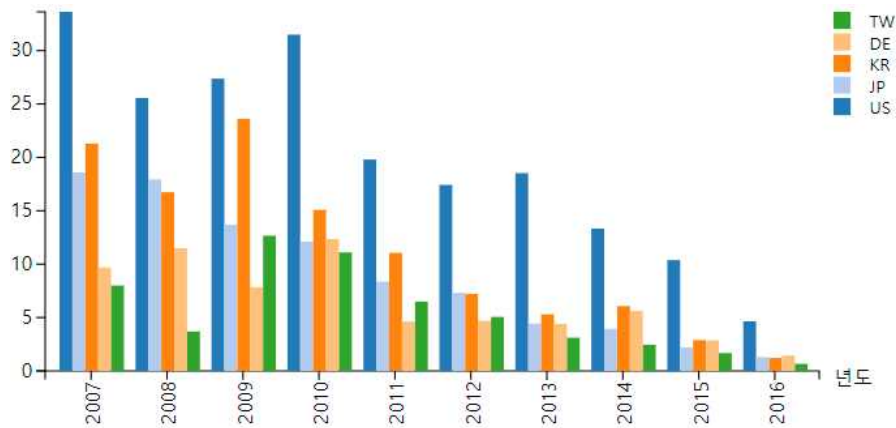
그림 27. 로봇분야 - 특허시장성 기준 연도별 국가 경쟁우위 비교



● (질적평가) 특허파급성 지표 분석

- 연도별 평균 피인용수 기반으로 국가별 기술경쟁력 우위 비교
- 질적평가에서 미국이 압도적으로 우위에 존재하며 우리나라도 경쟁력 보유

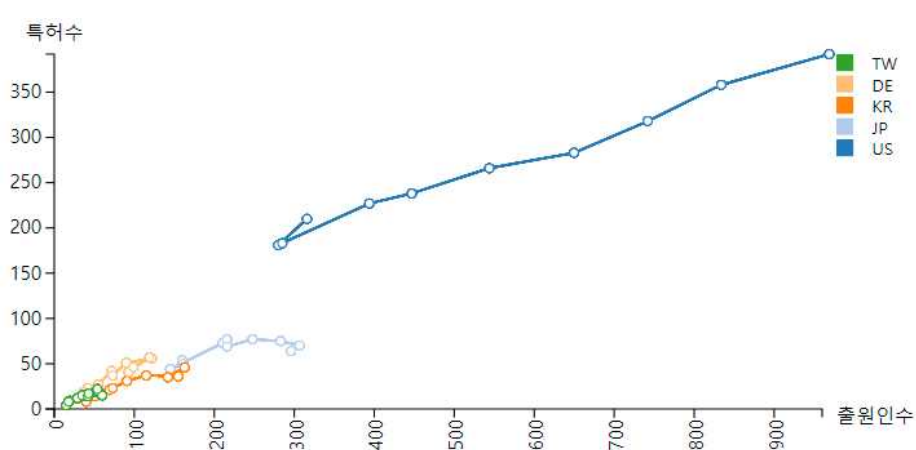
그림 28. 로봇분야 - 특허파급성 기준 연도별 국가 경쟁우위 비교



● (성숙단계평가) 특허수명도 지표 분석

- 연도별 특허수와 출원인수의 증감 추세를 기반으로 로봇분야의 성숙단계 평가
- 양적·질적 평가지표에서 압도적 우위를 가지고 있는 미국을 기준으로 특허수와 출원인수가 꾸준히 증가함으로 로봇분야는 성장단계에 있는 기술로 파악
- 그래프에서 동그라미 데이터는 연도별 데이터를 의미

그림 29. 로봇분야 - 특허수명도 기준 로봇분야 성숙단계

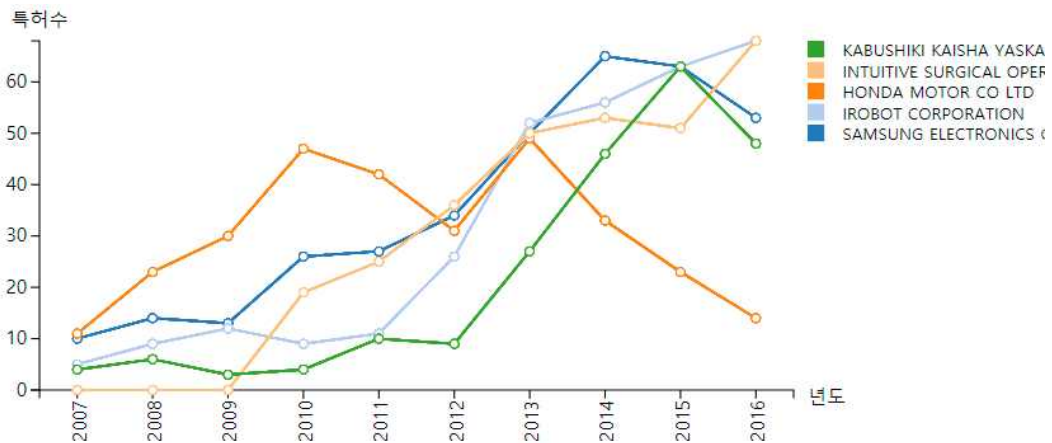


## 특허수 기준 상위 5개 출원인의 기술경쟁력 분석

### (양적평가) 특허성장성 지표 분석

- 연도별 특허수를 기반으로 출원인별 기술경쟁력 순위 비교
- 삼성, 아이로봇, 인튜이티브서지컬, 야스카와의 특허수가 꾸준히 증가하고 있으며 혼다의 특허수는 2013년 이후부터 하락세

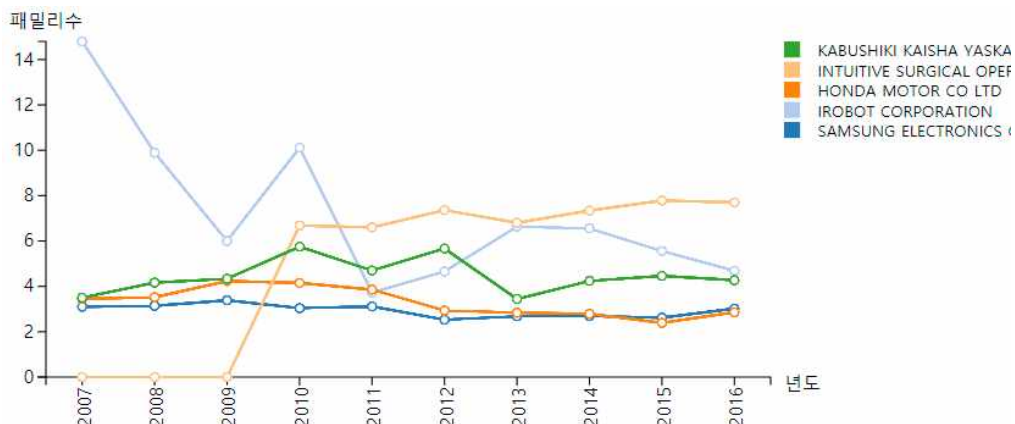
그림 30. 로봇분야 - 특허성장성 기준 연도별 출원인 경쟁우위 비교



### (양적평가) 특허시장성 지표 분석

- 2000년대 후반 아이로봇의 시장성이 높았으나 최근으로 가까울수록 인튜이티브서지컬의 시장성이 꾸준히 타 출원인의 시장성을 상회
- 가장 많은 특허를 보유하고 있는 삼성은 상대적으로 낮은 시장성 보유

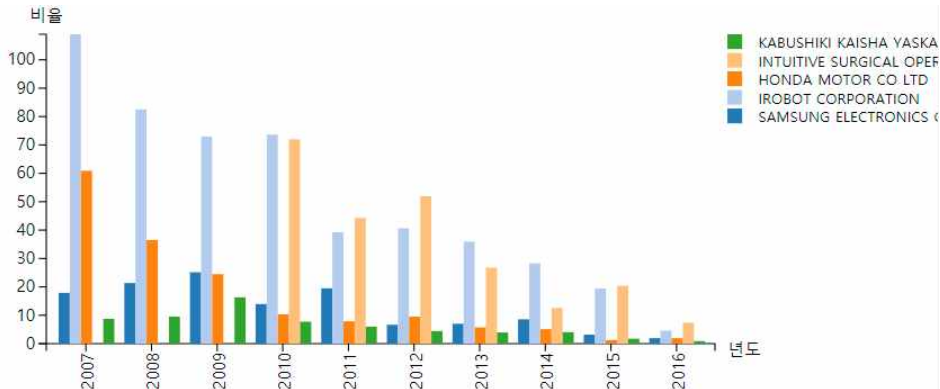
그림 31. 로봇분야 - 특허시장성 기준 연도별 출원인 경쟁우위 비교



● (질적평가) 특허파급성 지표 분석

- 아이로봇 특허의 피인용수는 타 출원인에 비해 꾸준히 높으며 2011년 이후에는 인튜이티브서지컬의 피인용수가 급격히 증가
- 삼성은 높은 특허성장성에 비해서 질적평가에서 낮은 경쟁력 보유

그림 32. 로봇분야 - 특허파급성 기준 연도별 출원인 경쟁우위 비교



📁 주요 출원인 기술협력 및 경쟁구조 분석

● 서로 피인용하는 특허수를 기반으로 공통 관심분야 및 기술협력 가능성 탐색

- 삼성과 아이로봇은 상호간 가장 많은 특허를 피인용
- 혼다는 삼성 특허를 가장 많이 피인용하고 있으며 혼다의 특허를 가장 많이 피인용하는 기업은 아이로봇
- 인튜이티브서지컬은 혼다의 특허를 가장 많이 피인용하고 있으며 인튜이티브서지컬의 특허를 가장 많이 피인용하는 기업은 삼성
- 야스카와는 혼다의 특허를 가장 많이 피인용하고 있으며 야스카와의 특허를 가장 많이 피인용하는 기업은 아이로봇

표 7 | 로봇분야 - 주요 출원인 피인용 관계

인용 \ 피인용	SAMSUNG	IROBOT	HONDA	INTUITIVE SURGICAL	YASKAWA
SAMSUNG	-	76	47	12	3
IROBOT	147	-	98	4	16
HONDA	21	11	-	4	4
INTUITIVE SURGICAL	9	1	24	-	3
YASKAWA	5	4	16	2	-



## 핵심 특허 분석

- 피인용 기준 상위 10개의 특허 조사
  - 최다 피인용 특허는 사람과 로봇간의 상호작용 및 제스처 인식 관련 특허
  - 10개의 특허 중 6개의 특허가 수술용 로봇과 관련된 특허

표 8 | 로봇분야 - 특허 피인용수 기준 상위 특허 10건

구분	논문 제목	연도	피인용수
상위1	Sign based human-machine interaction	2007	533
상위2	Gesture recognition system using depth perceptive sensors	2008	532
상위3	<b>Medical instrument</b>	2009	481
상위4	Attachment device and methods of using the same	2009	438
상위5	Robotically-controlled cable-based <b>surgical end effectors</b>	2014	401
상위6	Gentle touch <b>surgical stapler</b>	2010	396
상위7	Robotically-controlled disposable motor-driven loading unit	2014	388
상위8	Repositioning and reorientation of master/slave relationship in minimally invasive <b>telesurgery</b>	2010	387
상위9	Shiftable drive interface for robotically-controlled <b>surgical tool</b>	2013	386
상위10	<b>Surgical stapling instruments</b> with cam-driven staple deployment arrangements	2013	386

## V 활용방안 및 기대효과

### 활용방안

- 도메인분석에서 기술경쟁력 평가 및 중점 연구분야 도출 근거 자료로 활용
  - 논문과 특허를 분석하고 시각화는 계량분석시스템은 기술을 선도하고 있는 국가와 기업과의 기술수준 격차 확인, 기술트렌드를 살펴보고 연구개발방향 설정, 경쟁국가 또는 경쟁기업의 기술력 파악을 통한 전략수립 등 지원
  - 국가간 경쟁력 비교, 기업간 경쟁력 비교, 중점 연구주제 R&D 트렌드 자료 제공
  - 시장성 관점에서 도출된 핵심 연구영역과 논문 및 특허 데이터를 통해서 도출된 중점 연구영역 비교를 통해서 시장성 분석의 보충 자료로 활용 가능
- 향후 ETRI 연구개발 지원사업에서 중점·전략 트랙 과제의 기술성평가를 위한 정량평가지표로 확대 적용 가능
  - 논문과 특허 데이터의 계량분석에서 도출된 여러 지표를 기반으로 기술성평가 목적에 부합하는 평가지표를 정의하고 이를 기반으로 과제평가의 하나의 수단으로 활용 가능

### 기대효과

- 분석에 적합한 ICT 기술 데이터베이스를 구축·보유함으로써 계량분석 신뢰성 향상
  - 분석대상 원자료와 분석결과를 함께 데이터베이스에 지속적으로 저장함으로써 시간이 지날수록 유용한 정보가 쌓이는 선순환 구조 구축
  - 계량분석시스템을 활용한 분석이 많아질수록 데이터베이스 품질 향상 기대
- 분석목적 변화 및 그에 따른 요구사항 변경에 따라 기능보완 및 추가용이
  - 기술 계량분석은 그 목적에 따라 기술탐색, 기술검증, 기술예측으로 구분 가능
  - 계량분석 목적에 따라 세부기능을 정의하고 세부기능별 방법론 구체화
  - 분석목적에 맞는 요구사항을 도출하고 기능 및 방법론 채택 가능
- 자체기술을 보유함으로써 계량분석 역량 내재화 및 비용절감 달성 가능
  - 많은 수작업과 시간이 소요되는 계량분석을 자동화함으로써 분석시간을 단축

하고 핵심정보 추출 가능

- 시간이 흐름에 따라 변경 및 보완되는 데이터의 특성 상 유료 계량분석시스템의 이용료는 연단위로 부과되며 최신 데이터 반영을 위해서 최신 시스템 사용은 불가피
- 유료 분석시스템은 연 단위 및 사용자 단위로 이용료를 책정하기 때문에 이용자 수에 따라 비용 증가
- 계량분석시스템을 자체 개발함으로써 비용절감 효과 기대

## ※ | 참고문헌

- 2017 국가미래유망기술 상시발굴 및 준비체계 정책지원 보고서, 한국연구재단, 2017.06.
- 중소·중견기업 기술로드맵 2017-2019, 중소기업기술정보진흥원, 2017.01.
- 2015년도 계량정보를 활용한 ICT 기술경쟁력 분석, 정보통신기술진흥센터, 2016.02.
- 제5회 과학기술예측조사 - 1차년도연구, 한국과학기술기획평가원, 2016.01.
- 박광만, 고순주, 윤병운, 특허분석을 통한 ICT 유망분야 발굴방법론 및 적용사례, ETRI ECO시리즈, 2015.01.
- 박광만, 지식지표로서 특허스톡의 추계 방법에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문, 2004.
- 박인채, 특허분석을 통한 기술기회 발굴 방법론: 기술협력, 유망기술, 융합기술 기회 발굴을 중심으로, 동국대학교 박사학위논문, 2017.
- 최수길, 김기영, 오진태, 미래 유망기술의 Weak Signal 탐지 방안, 주간기술동향지, 2016.04.
- 정선화, 박광만, 고순주, 계량정보분석모형 개발 및 이를 활용한 ETRI 연구개발특성 분석, ETRI InsightReport, 2016.12.
- 신기술 다이내믹 분석 시스템 MIRIAN(<http://mirian.kisti.re.kr/index.jsp>), 한국과학기술정보연구원.
- 특허논문정보 계량분석 시스템(<https://www.kaia.re.kr/portal/contents.do?menuNo=200070>), 국토과학기술진흥원.
- 국토해양지식정보센터(LandMark), 한국건설교통기술평가원, 2012.
- PatentPia(<https://www.patentpia.com/kr/search/keyword>), 광개토연구소.
- GoldenCompass(<https://gc.patentpia.com/kr/hot>), 광개토연구소.
- VantagePoint([https://www.thevantagepoint.com/data/documents/VP\\_General\\_Overview\\_2016.pdf](https://www.thevantagepoint.com/data/documents/VP_General_Overview_2016.pdf))



## 저자소개

---

정 선 화 ETRI 미래전략연구소 기술경제연구본부 산업전략연구그룹 책임연구원  
e-mail: sh-jeong@etri.re.kr Tel. 042-860-6511

정 세 윤 ETRI 미래전략연구소 기술경제연구본부 산업전략연구그룹 연구원  
e-mail: syjung0321@etri.re.kr Tel. 042-860-6432

최 병 철 ETRI 미래전략연구소 기술경제연구본부 산업전략연구그룹 그룹장  
e-mail: cbc@etri.re.kr Tel. 042-860-1223

## 계량분석시스템 개발 및 이를 활용한 로봇분야 분석 - 논문과 특허 중심으로 -

---

발 행 인 : 한 성 수

발 행 처 : 한국전자통신연구원 미래전략연구소 기술경제연구본부

발 행 일 : 2017년 10월 31일

---

**ETRI** 한국전자통신연구원  
미 래 전 략 연 구 소

(34129) 대전광역시 유성구 가정로 218  
전화 : (042) 860-3874, 팩스 : (042) 860-6504

\* 주의 : 본서의 일부 또는 전부를 무단으로 전재하거나 복사하는 것은  
저작권 및 출판권을 침해하게 되오니 유의하시기 바랍니다.

