

ISBN:

2014 정보분석보고서

**차세대 베어링(Bearing) 관련
연구개발현황 및 부상연구영역 분석**

2014. 10. 31.

홍성화(기술기회연구실)

shong@kisti.re.kr

〈 차 〉

베어링(Bearing) 기술 동향과 기술 기획 필요성	1
정보분석을 통한 기술혁신활동	4
논문분석을 통한 연구과제 도출	9
특허정보를 활용한 연구과제 도출	28
웹정보를 활용한 연구과제 도출	62
종합분석	67
참고문헌	69

베어링(Bearing) 기술 동향과 기술기획 필요성

1) 베어링 기술의 발전 최첨단 응용제품으로 확대

고전적인 볼베어링과 스톱베어링의 생산이 지속적으로 확대되고 있으나, 동제품의 경우 윤활제의 사용으로 생산과정이나 사용상에서 환경문제 등에 따른 규제가 대두되고 있는 실정. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 베어링은 윤활제를 사용하지 않는 방향으로 발전하고 있으며, 대표적인 것이 공기베어링과 자기 베어링임. 공기베어링은 운동 정밀도가 좋고 먼지의 발생이 적지만 부하 용량이나 강성 및 감쇠성이 작다는 결점이 있으며, 이들 단점을 보완하기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있음. 공기베어링은 마찰이 작고 정밀도가 좋기 때문에 향후 여러 가지 기기의 마이크로화에 기여할 것으로 기대되고 있다. 자기베어링의 경우도 구성부품의 삭감, 기능의 복합화에 관해 여러 연구소 및 기업에서 연구개발이 진행되고 있다. 그 가운데 기준에 필요하였던 센서기능을 자기베어링 자석에 부가하는 셀프 센싱 기술이나 자기베어링 전자석과 모터 기능을 일체화한 모터 일체 자기베어링 기술에 대한 연구도 활발하게 진행되어 실용화 단계에 있다.

2) 비용절감, 실용성 증대

최근 자동차에 많이 쓰이는 자동차용 베어링의 경우 엔진의 고출력화 및 고성능화에 따른 트랜스미션용 베어링의 장수명화 요구와 성연비 향상을 위한 소형, 경량화 추세에 맞추어 구름베어링의 기본 동격하중을 극대화한 내수설계를 채용하고 있는 추세. 이와 관련된 구름베어링은 앞으로 다음과 같은 과제들이 이슈가 되고 있다.

- ① 강재의 고청정화 및 신규소재의 개발
- ② 특수열처리 개발에 의한 수명연장 : 전경화 열처리, 침탄(질화)처리, 서브제로(Sub-zero)처리
- ③ 저토크화 : 궤도륜과 전동체의 표면 거칠기, 유한요소 해석을 통한 시일(seal) 접촉 형상 최적 설계
- ④ 저진도, 저소음화 : NVH(Noise Variation Harshness) 특성평가, 진원도 형상 관리, 저소음용 그리스 개발
- ⑤ 고온, 고속, 고진동 영역 확장 : 궤도화 윤활법 개발로 인한 고속화 적용, 중공 볼(롤러) 적용에 따른 원심력 감소, 세라믹 볼 적용, 페놀수지/활동 리테이너 개발

⑥ 플라스틱 케이시 적용 확대 : 유연성, 자기유향성, 내마모성, 내진동성, 내식성, 가공성, 경량성

⑦ 특수 시일 그리스의 개발 및 확대 적용 : 고밀봉 저토크 시일의 채용, 경접촉 시일, 3중 시일 립(lip)의 개발, 시일 재질 개선, 첨가제의 조성 변화에 따른 다양한 특성의 그리스 개발

3) 자기 부상법 응용 기술 집약 모션 베어링

최근 자기베어링에 관한 다양한 연구가 이루어지고 있음. 회전 정도 성능향상을 위한 초정밀 센서의 개발, 센서의 S/N비 향상, 베어링 주위의 전자적인 잡음제거, 불균형 응답 및 외란을 제어하기 위한 알고리즘 개발 및 제어기법에 대한 연구가 진행되고 있으며, 진동억제를 위한 관성중심회전에 관한 연구가 진행 중에 있다. 특히, 반도체 산업의 진보에 의해서 디지털 연산속도가 빨라짐에 따라 저진동 회전이 가능하고 회전 비동기화의 진동과 주변 구조물의 공진에 의한 진동을 제어하는 기술이 개발 중이다.

한편 자기베어링의 부하용량은 이론적으로 전자석 철심의 포화 자속밀도에 의해 결정된다. 동적하중을 베어링이 지지할 경우에는 동적하중을 포함한 최대 하중에 의한 철심 재료의 포화 자속에 의해 결정되므로 부하용량 증대를 위해 자성 재료 개선을 위한 연구가 진행되고 있으며, 동적강성 증대를 위한 광대역 고전류 전력 증폭기 개발 및 특정 주파수의 동적하중에 대해서 선택적으로 강성을 증가시키는 연구도 이루어지고 있다. 또한 회전축의 탄성변형에 의한 공진 억제 기술과 베어링의 탄성변형에 의한 변형모드의 공진현상을 억제하기 위한 연구도 진행되고 있다.

이외에도 회전속도가 고속화됨에 따라 센서와 액츄에이터의 불일치 문제 해결, 자이로 효과에 대응하는 제어 기법 개발 및 광대역 고전류 전력 증폭기 등에 대한 연구가 진행되고 있다. 이러한 자기베어링은 각 연구기관과 기업에서 보다 소형, 저코스트, 고성능을 지향하여 자기베어링 구성부품의 삭감, 기능의 복합화에 관한 연구가 이루어지고 있다.

4) 수요 증가, 공급은 부족, 베어링산업의 발전 시급

베어링은 회전하는 모든 기계부품에 적용되는 중요한 요소로서 발전가능성이 크다고 할 수 있다. 국내에도 몇몇 제조업체들이 있기는 하지만 세계시장은 몇몇 선진업체의 기술에 의해 좌우되고 있는 것이 현실. 그러나 현재 산업전반에 걸쳐 경기침체가 지속되고 있지만, 베어링 시장은 아직까지 수요가 공급을 초과하고 있다.

세계경제가 전자상거래의 급속한 확산과 경쟁심화로 글로벌화, 디지털화가 급속히 진전되면서 부품, 소재가 품질과 가격경쟁력이 있으면 경쟁사로부터도 조달하는 글로벌 소싱 추세이다. 하지만 국내의 경우 품질, 가격경쟁력에 있어 그다지 유리하지 못한 실정이다. 특히 중국이 무한한 발전 가능성을 보이며 성장하고 있는 상황에서 이러한 현상은 더욱 더 심화될 것으로 전망되고 있다. 이렇듯 향후 관련 기계산업 및 전자산업, 자동차산업이 발전함에 따라 베어링에 대한 수요는 급증할 것으로 예상되며, 지속적인 연구개발을 통해 품질과 가격경쟁력을 확보해야 할 필요성이 대두되고 있다.

최근 한국에서도 공기로 운행되는 초고속 베어링이 개발되는 등 3세대 베어링개발이 적극적으로 이루어지고 있는 실정으로 이러한 새로운 개념의 제품들은 폐윤활유 처리에 드는 비용을 절감하고, 소음 및 환경오염을 줄이는 등 베어링 산업 전반에 걸쳐 큰 변화를 주도할 것으로 전망된다. 이러한 신제품의 개발은 '안정성 확보'와 '친환경성 확보'라는 주요 목표를 가지고 있고, 이러한 추세는 환경인증을 비롯한 미국의 비관세 장벽이 강화됨에 따라 수입시장에서 더욱 두드러지게 나타날 것으로 예측된다.

본 보고서에서는 2021년에 약 150조 규모의 세계 시장 형성¹⁾이 기대되는 베어링 산업을 국내 산학연 연구개발 주체들이 한발 앞서서 선점할 수 있도록, 논문과 특허 정보를 기반으로 베어링 관련 글로벌 연구개발현황 및 부상연구영역을 분석·정리하였다.

1) Source : World Bearings(Freedonia Group Inc).

정보분석을 통한 기술혁신활동

미래연구방향 탐색 및 의사결정을 지원하는 정보분석 활동이 기술혁신활동의 성과를 결정하는 중요한 요인으로 대두되고 있다. 특히, 혁신주도형 연구개발 패러다임에서는 연구기획 단계에서의 경쟁력 있고 미래지향적인 연구아이템 선정체계가 매우 중요한 역할을 하며, 이에 따른 다양한 정성적, 정량적 정보분석 방법론이 개발되고 있다.

대표적으로는 전문가 패널구성을 통한 델파이, 시나리오 방법론 등이 있으며, 이와 같은 정성적 방법론들이 최근까지 가장 폭넓게 사용되었다.(Georghiou, 2008). 이러한 정성적 방법론들은 연구자원 배분 및 각종 의사결정에 있어서 장점이 많은 방법이지만 절차의 복잡성과 과도한 시간 소요, 많은 인력 동원으로 인한 사회적 비용 발생 및 소수 전문가의 과도한 영향력 발휘에 의한 왜곡 등 많은 단점이 있다. 게다가 신기술의 경우 전문화와 융합화가 동시에 진행되고 있기 때문에 해당 기술에 적합한 전문가를 찾기도 어려울 뿐 아니라 연구기획에 참여할 충분한 전문가 동원에도 한계가 있다(윤문섭, 2004).²⁾

따라서 최근에는 전형적인 전문가 위원회 구성 방식 이외에 설문통계분석, KDD (Knowledge discovery in database)/KM(Knowledge Mapping), Bibliometrics 등 보다 정량적이고 객관적인 방법이 주요 의사결정 시스템에 많이 활용되고 있다. 특히, 방대한 과학기술정보를 수록한 논문, 특허 DB를 대상으로 Bibliometrics, Text mining, Mapping 기법을 활용, 보다 객관적인 사실을 도출하고자 하는 연구가 주를 이루고 있으며(Porter, 2004; 윤문섭, 2004), 신기술 연구기획에 활용되거나(Yoon, 2005; 윤병운, 2005), 미래 부상기술을 발굴에 활용(NISTEP, 2003)되는 등 사례연구가 매우 활발하다.

이런 정량적 방법론의 연구 흐름은 ‘과학계량학(scientometrics)의 틀내에서 지속적으로 발전해오면서 그 방법론이 점차 고도화되고 있다. R&D 분야에서 발생하는 지식과 노하우의 명문화되고 구조화된 결과물인 논문과 특허는 그 축적량이 방대하고 해마다 급증하고 있으며, 전문가의 평가를 거쳐 출판되므로 양질의 정보를 담고 있다고 할 수 있다(김희철

2) Kostoff(1998)은 연구개발 과제선정 시에 있어서 전문가 Peer Review의 문제점을 다음의 7가지로 언급하였다.

- ① 조직과 개인적인 이유를 포함하여 비기술적인 문제들에 대한 다른 동료 과학자들의 편견이 심사 결과에 영향을 줄 수 있다.
- ② 이미 네트워크가 확립되어 있는 분야는 같은 분야 동료들을 보호하려는 경향이 있다.
- ③ 잘 알려진 과학자/학과/기관이 funding을 받을 수 있는 확률이 더 높다(후광효과).
- ④ 심사자마다 평가하고 해석하는 기준이 다르다.
- ⑤ 동료들에 의한 심사과정 자체가 훌륭한 연구가 무엇이고 앞으로 유망한 분야가 어떤 것인지에 대한 의견의 일치가 있는 것으로 가정하고 이루어지는 것이다.
- ⑥ 고비용이 요구된다.
- ⑦ 위험도가 높은 연구는 선정될 가능성이 낮다. 일반적으로 Peer Review 과정은 보수적인 판단을 내릴 가능성이 높으므로 높은 위험도를 가진다. 그러나 성공하면 높은 이익을 창출할 수 있는 프로젝트는 선정될 가능성이 낮다.

외, 2014). 또한 제목, 초록, 키워드 등 구조화된 데이터베이스 형태로 생산되며, 인용의 형태로 지식의 흐름에 대한 정보도 담고 있어 기술의 진화과정의 분석을 위한 훌륭한 정보 원천이 된다.(김소영 외, 2013)

한편, 과학계량학은 소위 “빅데이터 시대”에 접어들면서 새로운 국면에 접어들고 있다. 빅데이터는 다음과 같이 정의된다.

※ 빅데이터란?

- 기존 방식으로 저장/관리/분석하기 어려울 정도로 큰 규모의 정형 또는 비정형 자료 (Wikipedia)
- 일반적인 데이터베이스 SW가 저장, 관리, 분석할 수 있는 범위를 초과하는 규모의 데이터 (Mckinsey, 2011)
- 대용량 데이터를 활용/분석하여 가치있는 정보를 추출하고, 생성된 지식을 바탕으로 능동적으로 대응하거나 변화를 예측하기 위한 정보화 기술 (국가정보화전략위원회, 2011)

이와 같은 특성을 갖는 빅데이터의 분석을 통해 대내외적 환경변화 및 기회/위협요인을 신속히 감지하고, 현재상황 뿐 만아니라 미래의 진행방향에 대한 예측을 가능하게 한다. 물론 이와 같이 미래사회의 기회/위협요인에 사전대응(early warning)하기 위해서는 빅데이터가 갖는 특징(대규모(Huge Scale), 현실성(Reality), 시계열성(Trend), 결합성(Combination))을 잘 활용해야 한다.

주목할 만한 점은, 기술기획에 있어서도 빅데이터 분석 및 활용사례가 증가하고 있다는 사실이다. 최근 10년간 누적특허수가 10배로 증가하고 있고, 논문역시 비약적으로 증가하고 있어, 유의미한 데이터를 추출하고 정제하는 작업이 점차 어려워지고 있으며, 이에 따라 데이터베이스의 복잡성도 지속적으로 증가하고 있다.

"특허도 이제 빅 데이터(Big Data) 시대를 맞이했다. 전세계적인 특허 활성화와 폭발적인 발전으로 데이터베이스(DB) 관리가 필수적이 됐다. DB를 검색하는데 있어 사용자 중심의 시각화와 정보의 맵(map)이 구축돼 활용도가 높아진다면 경제적 효율성이 증대돼 우리 기업들의 향상에 효과적일 것이다.", 김광준, 파이낸셜뉴스, 2012.9.27

이에 따라 기존 과학계량학 영역이 진화되어, 기술기획 과정에 데이터 마이닝, 소셜 네트워크 분석, 각종 시각화 도구를 활용, 급부상기술영역 탐색, 기술 연관관계 분석, 핵심 기술 도출, 공동연구망 분석 등 수행하는 사례가 증가하고 있다.

일본 NISTEP에서는 전통적으로 델파이 조사 방법으로 미래기술 예측 활동을 수행하다가, 2005년에는 과학계량학을 활용하여, 전체 연구 영역의 조감도적틀 구축하고, 최근 수년간 급속하게 발전하고 있는 연구 영역을 추출하였다. 이는 국가차원에서 미래 중점 연구영

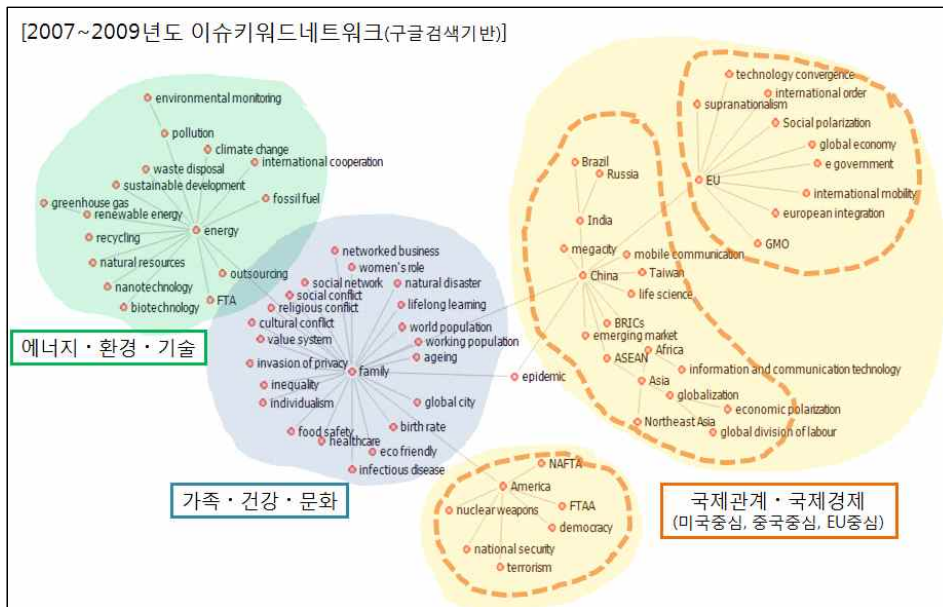
역을 발굴하는데 도움이 되는 정보를 과학적인 방법으로 제공하는 것을 목적으로 한다. 논문의 공인용(co-citation) 관계를 사용, 논문을 그룹화 함으로써 리서치 프론트(research front)와 그 상위 단계인 연구영역을 발굴하였으며, 이들에서의 통계정보를 기초로 하여 급속하게 발전하고 있는 부상 연구영역을 추출하는 프로세스이다.

우리나라 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서는 2005년부터 특허 및 논문 데이터베이스 분석을 통해 매년 국가차원의 미래유망기술을 선정하여 발표하고 있다. 주로 사용되는 데이터 기반의 분석기법은 인용분석과 동시단어분석이며, 데이터 기반으로 선정된 유망기술 후보군은 전문가 검증을 거쳐서 최종 선정된다. 이 역시 다음과 같이 국가연구전략으로 활용되고 있다.

< ※ 교육과학기술부의 2010년 과학지도 활용 사례 >

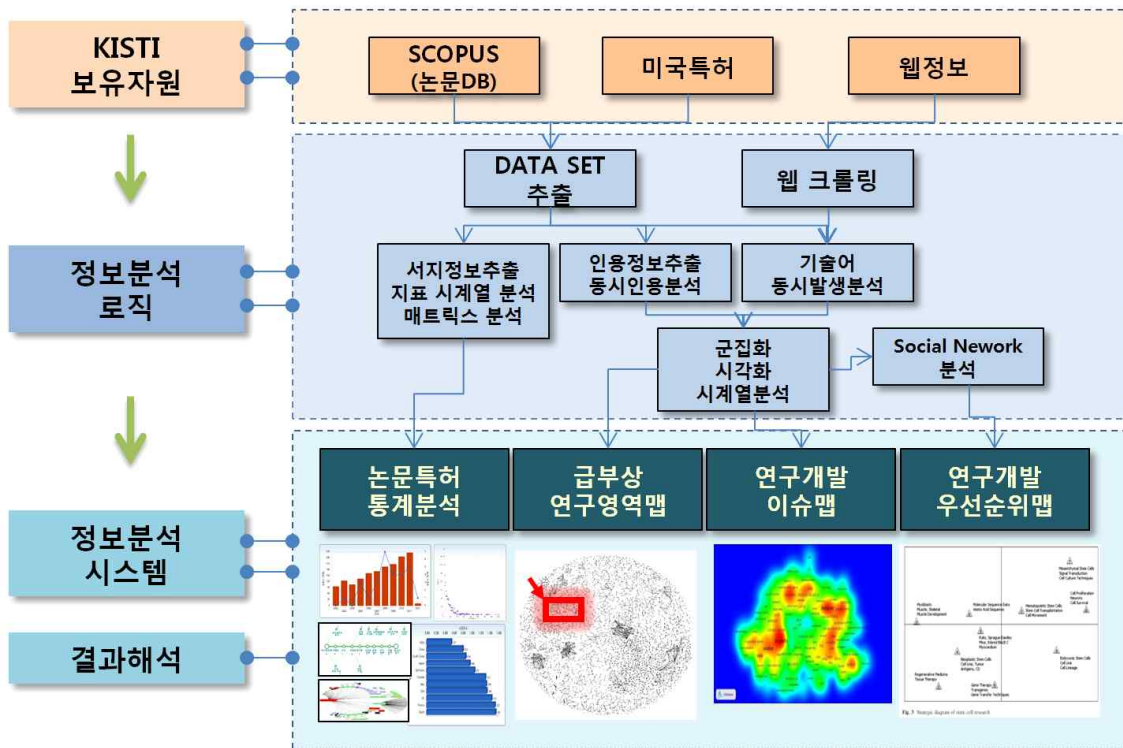
교육과학기술부는 '2010년도 중견연구자지원사업 전략연구' 계획을 발표했다. (중략)... 지원 분야는 중점·유망·이슈·보호 등 4개 유형으로 나뉘었다. (중략)... 유망연구분야 유형은 **과학지도 (Science map)**, 전문가검토 등을 통해 발전 잠재력이 크고 우리나라가 성장을 주도할 가능성이 큰 RNA·나노기술·그래핀소재·정보네트워크 등의 분야 연구가 지원 대상이다. 15개 내외의 과제에 4억원씩 지원한다. (중략)... (자료 : 전자신문, 2010.5.27)

더불어 최근에는 논문, 특허 데이터뿐만 아니라, 웹뉴스, SNS 등 인터넷 상의 다양한 형태의 데이터를 활용하여 과학기술에 대한 사회적 이슈를 측정하고, 이를 연구기획 및 과제발굴 과정에 활용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 한국과학기술기획평가원(KISTEP)은 10대 미래유망기술 선정을 위해 웹데이터를 활용하였는데, 논문/특허와 웹데이터(웹뉴스)로부터 키워드를 추출하고, 통합활용하여 핵심트렌드를 도출하였다. 또한 제4회 과학기술예측조사의 신뢰도 제고를 위해서 구글 검색엔진을 활용한 네트워크 분석을 통해 급부상 이슈를 도출한 바 있다.



<그림1-1> 빅데이터를 활용하여 연구과제를 도출한 한국 KISTEP의 사례(양혜영, 2012)

본 고에서는 이상의 담론들을 바탕으로, 논문, 특허, 그리고 웹 상의 기술키워드 동시발생 패턴과 논문의 인용패턴의 유사성을 이용하여 부상기술군집을 찾고, 기술군집의 특성을 분석하여 부상연구개발과제를 발굴하고자 한다. 군집의 특성 분석에는 부상성 지표와 사회관계네트워크 분석 지표를 사용하며, 데이터 기반으로 선정된 유망연구개발과제는 해당연구분야 전문가와의 협의를 통해 최종 확정한다.



<본 연구 프로세스>

본 분석과 관련하여 국내외 관련 상용 S/W 및 자체 제작한 S/W를 사용하였다. 클러스터의 시각화를 위하여 네덜란드 라이덴대학에서 개발한 Vosviewer(Van Eck, 2010)를 활용하였고, 미국 조지아텍의 VantagePoint, KISTI가 자체개발한 KnowledgeMatrix 등을 데이터 정제에 활용하였다. 또한 데이터 통계 및 경쟁정보분석을 위해 KISTI가 자체개발한 COMPAS를 활용하였으며, 더불어, 다양한 부상클러스터의 계산 및 추출을 위해 본 연구과정 중 자체개발한 S/W(BigdataAnalytics; 가칭)를 활용하였다.

논문분석을 통한 연구과제 도출

데이터 수집 및 추세분석

본 분석에는 SCOPUS 논문데이터베이스를 사용하였으며, 해당 기술 분야의 논문 검색을 위한 검색식은 아래와 같다. 검색 연도는 2003-2012 (최근 10년간)으로 제한하였으며, 검색된 총 논문 수는 4,136편이다.

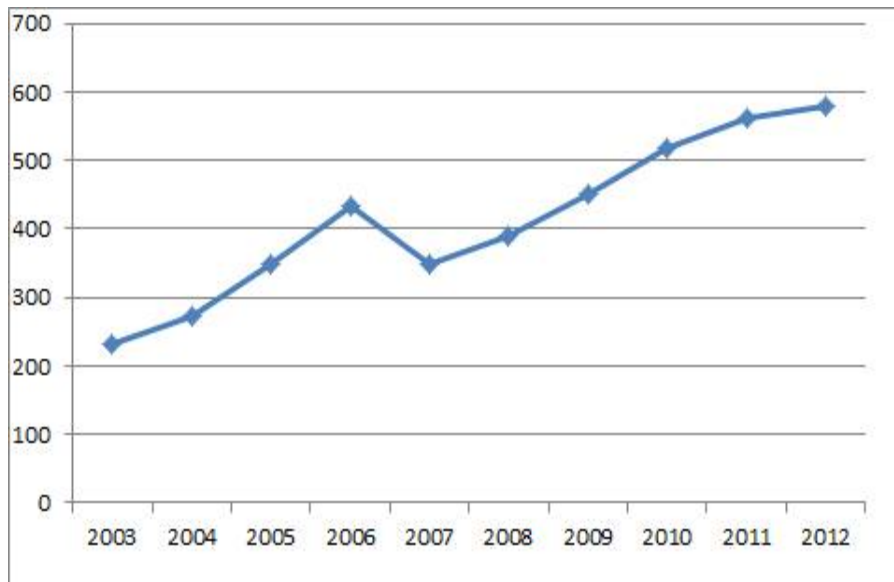
<논문 검색식>

```
(TITLE((hydrodynamic AND bearing) OR (rolling AND bearing) OR (roller AND bearing) OR (mhd AND bearing) OR (magnetohydrodynamic AND bearing) OR (magnetic AND bearing) OR (air AND bearing) OR (sliding AND bearing) OR (ball AND bearing)) AND PUBYEAR > 2002 AND PUBYEAR < 2013) OR (TITLE((radial AND bearing) OR (thrust AND bearing) OR (angular AND contact AND bearing) OR (wheel AND bearing) OR (oilless AND bearing) OR (lm AND guide) OR (linear AND motion AND guide) OR (linear AND bushing) OR (ball AND spline*)) AND PUBYEAR > 2002 AND PUBYEAR < 2013)
```

동 기간에서의 총 논문수는 4,136편으로 조사되었으며, 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있음. 논문의 연평균 성장률은 약 12%로 나타났으며, 이는 타 분야대비 다소 높은 신장세를 보이는 것으로 판단할 수 있다.

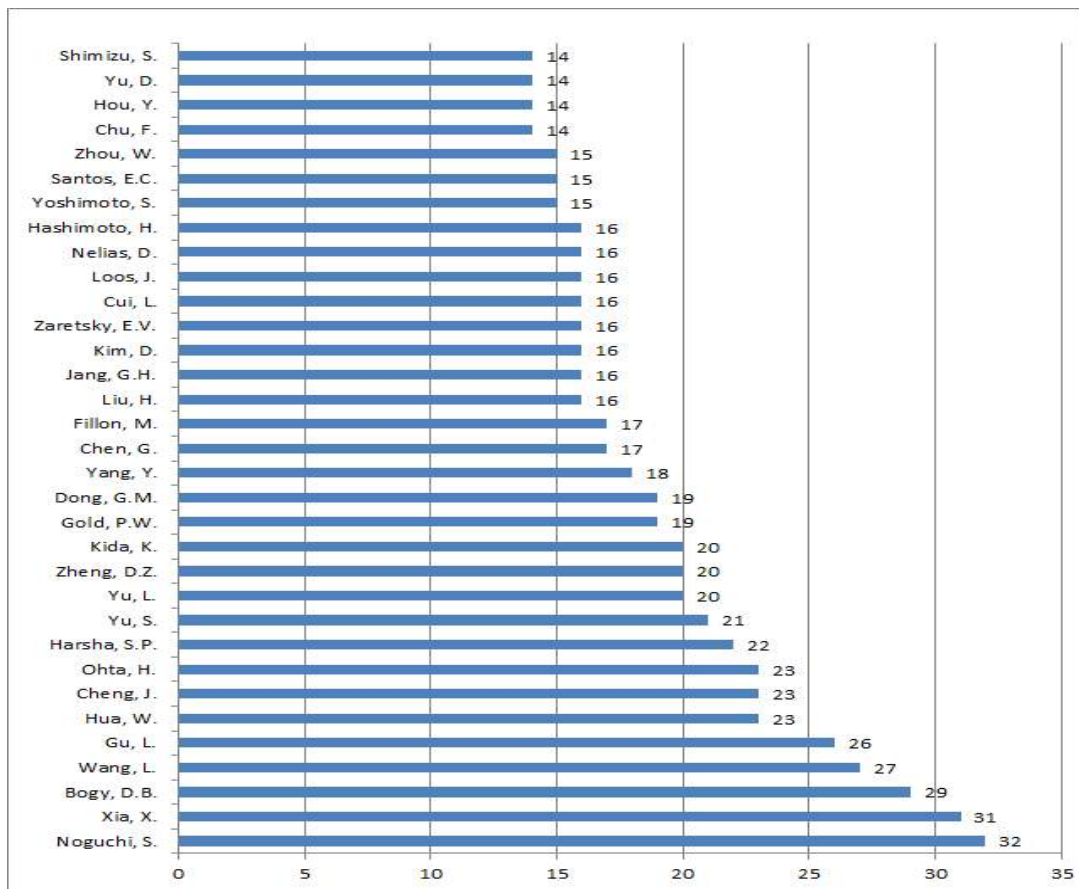
<표 2-1> 연도별 논문수

연도	논문수
2012	578
2011	561
2010	519
2009	452
2008	390
2007	350
2006	434
2005	349
2004	272
2003	231



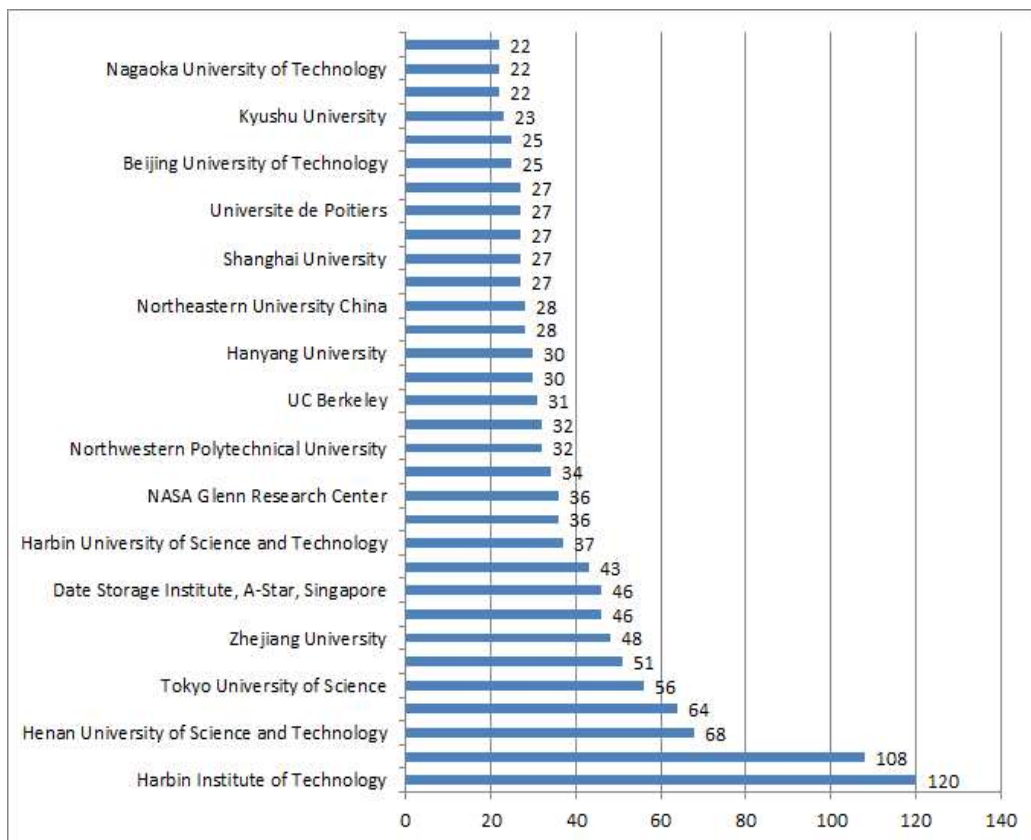
<그림 2-1> 연도별 출현 논문 추이

발표 논문수 상위 주요저자로는 Nochuch, S., Xia, X., Bogy, D.B., Wang, L., Gu, L., Hua, W., 등이 다수의 논문을 발표하고 있다.



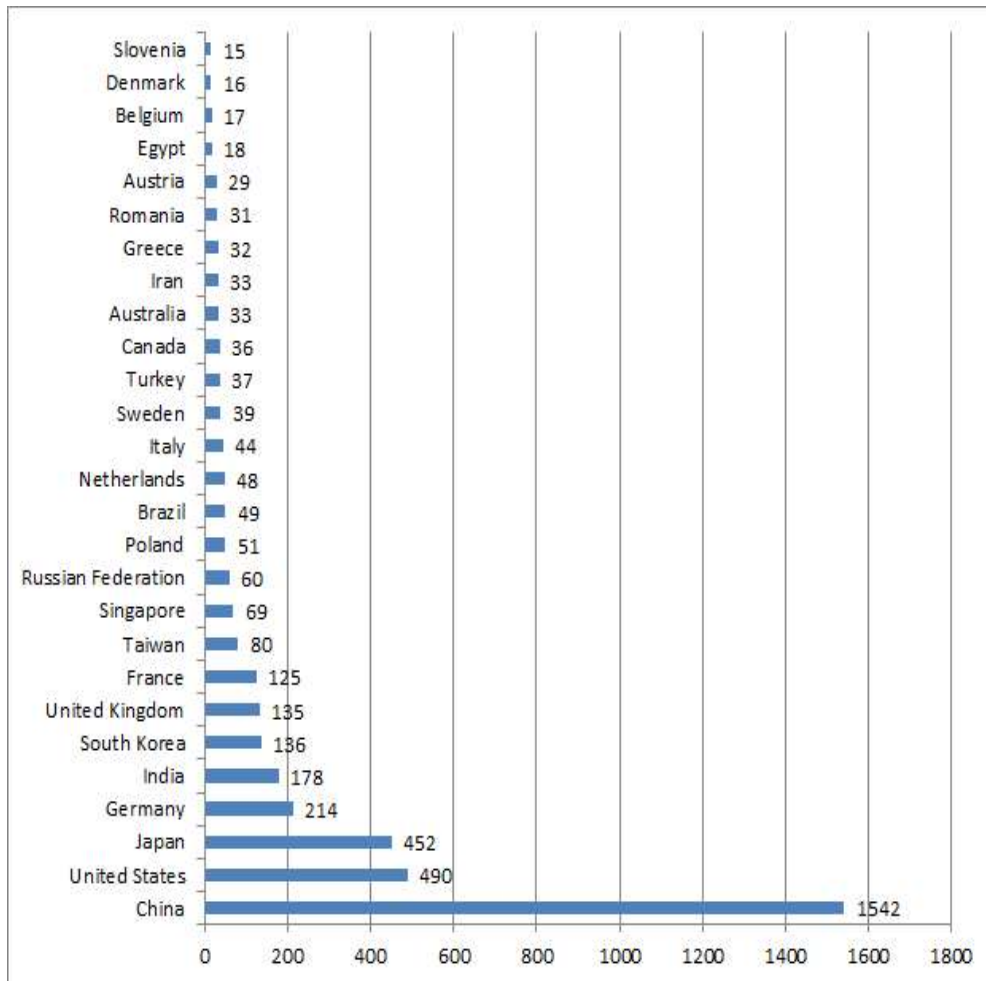
<그림 2-2> 논문수 상위 저자

분석기간 동안 동분야 논문을 발표한 기관을 살펴보면, Harbin Institute of Technology, Xi'an Jiaotong University, Henan University of Science and Technology, Shanghai Jiaotong University, Tokyo University of Science, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Zhejiang University, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Date Storage Institute, A-Star, Singapore 등의 기관에서 다수의 논문을 발표 하였다.



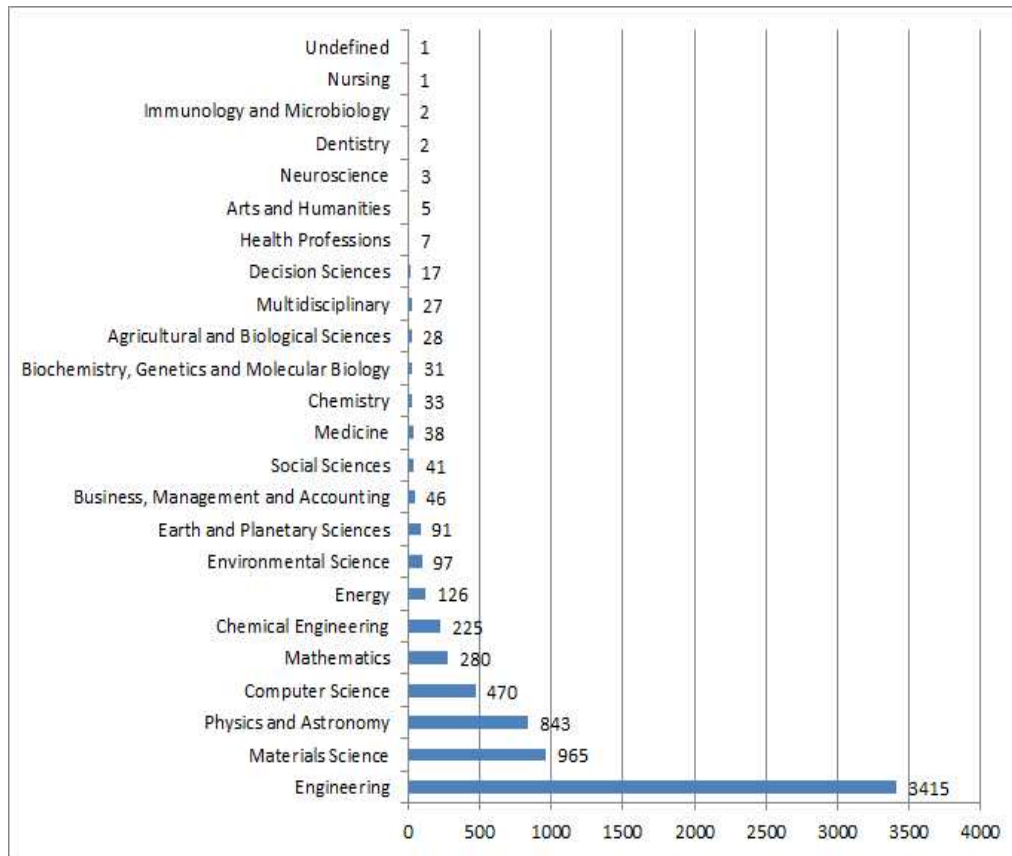
<그림 2-3> 논문수 상위 기관

다수의 논문을 발표한 국가로는 중국, 미국, 일본, 독일, 인도, 한국, 영국, 프랑스 순으로 다수의 논문을 발표하고 있다. 그리고 한국의 순위는 6위에 위치하였다.



<그림 2-4> 논문수 상위 저자 국가

동 분야의 논문들이 투고된 저널의 특성을 분석한 결과, 동 분야 논문들은 공학, 재료과학, 물리학, 컴퓨터과학, 수학, 화학공학, 에너지 등 다양한 분야의 저널에 다수 투고되고 있음을 알 수 있다.



<그림 2-5> 관련저널의 학제분포

논문인용패턴분석을 통한 부상연구영역 도출

기본적으로 논문의 공인용(co-citation) 관계를 사용, 비슷한 인용패턴을 보이는 논문끼리 그룹화 함으로써, 최근의 주요 연구영역을 시각적으로 매핑 할 수 있게 하였다. 일본 과학기술정책연구소(NISTEP) 및 KISTI 등이 이 방법론을 채택하여 급부상연구영역을 발굴하고 있다.

상술하면, 본 분석에서는 각 논문들이 참조(또는 인용)한(reference) 논문들이 유사하면 해당 논문들을 동일한 기술군으로 묶는 방식을 이용하는데 이러한 방식을 '서지적 결합분석(Bibliographic Coupling)'이라고 한다. 이는, 동일한 참고문헌들을 참조했다면 해당 논문들이 유사한 내용을 다루고 있을 것이라는 가정에 근거한 분석 기법이다.

<※ 서지결합분석에 의한 클러스터링>

- 다음의 논문-참조논문 행렬 샘플에서 논문1과 논문2가 하나의 기술군으로 묶일 수 있고, 논문3, 논문4, 논문5가 하나의 기술군으로 묶일 수 있음.
- 즉 논문-참조논문 행렬에서 각 행별로 '0'과 '1'의 발생패턴이 비슷한 정도를 측정하여 비슷하면 동일한 클러스터로 그룹핑함.

<클러스터링에 사용되는 논문-참조논문 행렬 형태>

	참조논문1	참조논문2	참조논문3	참조논문4	참조논문5	참조논문6
논문1	1	1	0	0	0	0
논문2	1	1	1	0	0	0
논문3	0	0	1	1	1	1
논문4	0	0	1	1	1	0
논문5	0	0	1	1	0	1

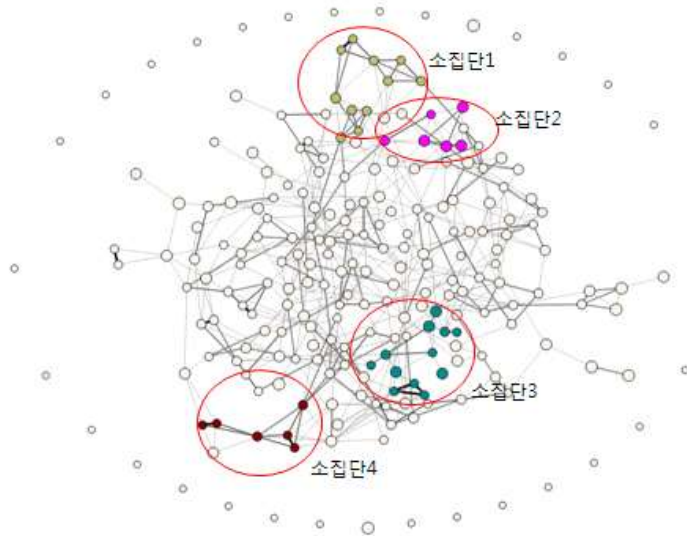
※ 논문1이 참조논문1과 참조논문2를 참조(cite or reference)했음을 '1'로 표시하고 참조논문3~참조논문6은 참조하지 않음을 '0'으로 표시

<※ 유사도 측정지표>

○ 유사한 정도를 측정하는 지표로는 대표적으로 많이 사용되는 코사인 (Cosine) 지표를 사용

$$\text{Cosine}(x,y) = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

- 본 식의 좌변에서 x, y는 논문1과 논문2를 표현하고 식의 우변에 위치한 x, y는 논문-참조 논문 행렬에서 논문1의 행과 논문2의 행에 해당하는 각 셀 값들임.
- 즉, 벡터 A와 벡터 B가 있을 때 코사인 값은 두 벡터의 내적값을 두 벡터의 크기로 나눈 값인데 이를 다르게 표현한 수식임.



<유사논문 클러스터링 시각화 사례>

제시된 방법론을 통하여 다음과 같은 <표> 형태의 부상연구영역 정의서를 도출하게 된다. 연구자는 클러스터링된 핵심논문의 제목 및 주요 키워드의 확인을 통하여 동 영역이 어떠한 의미를 갖는 분야인지를 해석하게 된다. 특히 주목하는 값은, 밀도, 중심성, 그리고 평균연도임. 밀도는 해당연구영역내 논문들의 연결강도를 의미하여, **연구의 발전정도**를 나타낸다. 중심성은 해당연구영역이 전체연구영역에서 **중심적인 위치**를 차지하는 정도, 평균연도는 해당연구영역의 **최신성**을 나타내는 척도이다.

주요 부상연구영역

본 연구주제에서는 총 4,136편의 최근 논문이 검색되었으며, 인용패턴분석을 통해 총 69개의 클러스터³⁾로 재편되었다. 개별 클러스터는 5~50개의 논문으로 구성되었으며, 밀도, 중심성, 평균연도의 관점에서 각각 높은 값을 보이는 클러스터(연구영역)를 각각 5개씩 소개 하였다.

<표 2-2> 인용기반 논문 클러스터별 중심성, 밀도, 평균연도, 크기

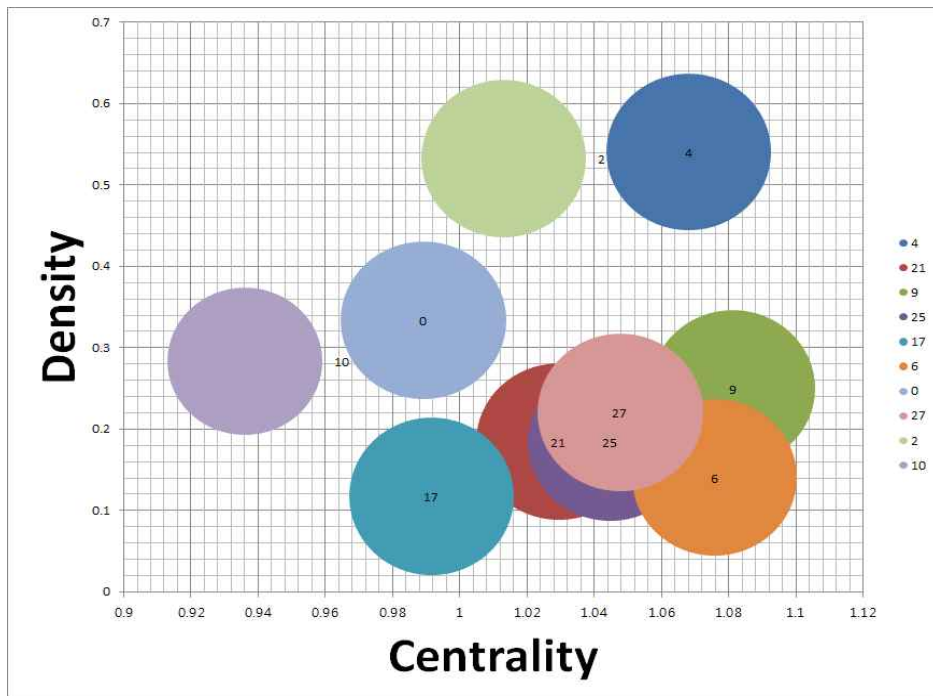
Cluster no.	Density	Centrality	평균연도	클러스터크기
data_19	1	0.11688	2011.4	5
data_3	0.785714	0.604214	2011.25	8
data_15	0.781818	0.844279	2010.7273	11
data_45	0.761905	0.494716	2011.2858	7
data_23	0.733333	0.332574	2010.6666	6
data_108	0.7	0.082671	2010.8	5
data_87	0.666667	0.517627	2010.5714	7
data_46	0.607143	0.661242	2010.75	8
data_29	0.6	0.378044	2010.6666	6
data_60	0.6	0.140297	2009	5
data_61	0.6	0.154382	2010	5
data_66	0.6	0.172079	2011	5
data_74	0.6	0.269101	2010.4	5
data_96	0.6	0.278168	2010.8	5
data_4	0.540408	1.067979	2010.88	50
data_16	0.536765	0.943404	2011.1765	17
data_43	0.533333	0.384517	2011.1666	6
data_49	0.533333	0.409603	2009.8334	6
data_2	0.532245	1.012941	2010.34	50
data_40	0.5	0.132146	2011	5
data_73	0.5	0.178492	2009.8	5
data_99	0.5	0.293828	2010	5
data_135	0.466667	0.325221	2009.8334	6
data_76	0.428571	0.499518	2009.8572	7
data_20	0.423333	1.10672	2010.4	25
data_31	0.416667	0.724044	2009.5555	9
data_128	0.4	0.315151	2011.3334	6
data_162	0.4	0.102116	2011	5
data_41	0.393939	0.869716	2010.5834	12
data_47	0.393939	0.89227	2010.5834	12
data_83	0.392857	0.68852	2011.5	8
data_59	0.388889	0.764988	2010.3334	9

3) 클러스터(연구영역)에 대한 상세정보는 첨부한 엑셀파일 참조

data_116	0.380952	0.484812	2011.4286	7
data_77	0.380952	0.511325	2011.2858	7
data_1	0.38	1.100126	2010.96	25
data_50	0.357143	0.669612	2010.125	8
data_63	0.357143	0.674426	2011.25	8
data_0	0.333878	0.989187	2010.48	50
data_12	0.333333	0.860779	2010.25	12
data_79	0.333333	0.420037	2009	6
data_113	0.321429	0.527798	2010.125	8
data_26	0.311111	0.792681	2010.9	10
data_67	0.311111	0.797357	2010.7	10
data_44	0.304348	1.090738	2011.0869	23
data_53	0.294872	0.920288	2010	13
data_10	0.283298	0.936059	2010.6136	44
data_103	0.277778	0.701885	2011.3334	9
data_52	0.277778	0.733102	2010.2222	9
data_9	0.249796	1.081214	2010.8	50
data_72	0.242424	0.91458	2011	12
data_27	0.220408	1.047748	2010.46	50
data_98	0.218182	0.855374	2010.7273	11
data_28	0.213235	0.947687	2009.9412	17
data_58	0.212121	0.89608	2010.75	12
data_33	0.206897	1.111824	2010.6897	29
data_36	0.204301	1.116307	2010.4839	31
data_57	0.191176	0.955376	2010.8823	17
data_24	0.189189	0.45708	2010.8108	37
data_64	0.185484	0.060225	2010.6875	32
data_21	0.18449	1.029494	2010.8199	50
data_25	0.183673	1.044725	2010.76	50
data_65	0.183333	0.964569	2011.4375	16
data_39	0.177536	1.109848	2010.5416	24
data_14	0.16643	0.071352	2010.6578	38
data_55	0.161765	0.952785	2010.7059	17
data_13	0.147177	0.030546	2010.5312	32
data_30	0.142857	1.114379	2011.1072	28
data_6	0.140408	1.075711	2010.64	50
data_17	0.117551	0.991637	2010.66	50

<표 2-3> 주요 요소(중심성, 밀도, 평균연도)별 클러스터 순위

순위	Density.	Centrality	평균연도
1	Tribology, Friction_19	Diagnostics of rolling element bearings_36	Fault diagnosis of rolling bearings_83
2	Bearings (machine parts)_3	Rolling bearing fault diagnosis_30	Bearings (machine parts)_65
3	Ball bearings_15	Thrust bearing_33	Fault diagnosis of rolling-element bearings_116
4	Magnetic bearings_45	Hydrodynamic journal bearing_39	Tribology, Friction_19
5	Seismic isolation bearing_23	Fault diagnosis of rolling bearing_20	Rolling bearings_103
6	Magnetic Bearings_108	Rolling bearing fault diagnosis_1	Lubrication, friction_128
7	Magnetic bearing_87	Fault diagnosis of rolling element bearings_44	Rolling bearing fault diagnosis_77
8	Rolling bearings_46	Bearings (machine parts)_9	Magnetic bearings_45
9	Bearing fault diagnosis_29	Rolling element bearing fault diagnosis_6	Friction, lubrication_63
10	Magnetic bearings_60	Ball bearings_4	Bearings (machine parts)_3



<그림 2-6> 클러스터별 중심성(Centrality), 밀도(Density) 연관맵

<표 2-4> 클러스터별(클러스터 크기 상위 10개) 중심성, 밀도, 평균연도

Cluster no.	Density	Centrality	평균연도	클러스터 크기
1	0.284898	0.299177	2008.0601	50
14	0.176327	0.370078	2007.86	50
5	0.431837	0.464624	2007.5601	50
0	0.235918	0.206652	2007.16	50
11	0.228283	0.861932	2008.3778	45
10	0.301471	0.115707	2008.0588	17
13	0.257576	0.85406	2009.9166	12
21	0.418182	0.841125	2010.0909	11
15	0.363636	0.796388	2008.1818	11
19	0.254545	0.815119	2006.5454	11

밀도 관점에서의 부상연구영역

69개의 클러스터 중 밀도가 높아 독립연구영역으로 발전할 가능성이 높은 상위 6개 클러스터는 다음과 같음.

기술명	19 Tribology, Friction			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	1	0.11688	2011.4	5
핵심키워드	friction=4, tribology=3, cable sliding friction aseismic bearing=3, cables=3, seismic performance=3, seismic isolation=2, cable sliding friction bearing=2, restrained displacement=2, seismic design=2, restoring force model=2, isolated bridge=2, hysteresis curve=2, seismic waves=2, hysteresis=2, finite element method=2, earthquake damage=2, stiffness=2, isolation device=2,			
핵심논문	(0)[80052799317-Numerical model and seismic performance of cable-sliding friction aseismic bearing] (0)[80054791106-Seismic performance of continuous girder bridges using cable-sliding friction aseismic bearing] (0)[84865316919-Seismic performance of cable-sliding friction bearing system for isolated bridges] (0)[84863586385-Seismic performance of cable-sliding friction bearing system for isolated bridges] (0)[84855471970-Cable-sliding friction aseismic bearing and its application in bridge seismic design]			

기술명	3 Bearings (machine parts)			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.785714	0.785714	2011.25	8
핵심키워드	{bearings (machine parts)=4, ball bearings=4, rolling elements=3, rollers (machine components)=3, stiffness=3, rolling bearing=3, load distributions=2, angular contact ball bearing=2, rigid structures=2, rolling bearings=2, non repetitive run outs=2, bearings (structural)=2, cage rotation frequency=2,			
핵심논문	(0)[77954293506-Performance analysis of thin-wall angular contact ball bearings considering the ferrule deformation] (0)[79751501159-A practical method for measuring rolling element load distribution of rolling bearings using a fiber optical sensor (1st report, static measurement)] (0)[80052818495-Lubrication mode and selection of the helicopter transmission system roller bearing] (0)[84867875414-Axis stiffness analysis of thin-section angular contact ball bearing and its experiment]			

기술명	15 Ball bearings			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.781818	0.844279	2010.7273	11
핵심키워드	ball bearings=10, contact angle=7, spheres=5, rolling elements=4, bearing stiffness=3, centrifugation=3, high speed=3, bearings (machine parts)=3, ball bearing=3, friction=3, dynamic analysis=3, speed=3, explicit formulation=2, pitch diameter=2, angular contact ball bearing=2, finite element modeling=2,			
핵심논문	(3)[81555219144-Heat generation modeling of ball bearing based on internal load distribution] (1)[80052814744-Mechanical research of double-decker ball bearing] (1)[78650730800-The radial stiffness and application of double-Decker Ball Bearing] (0)[84877213459-An investigation of contact angles in angular contact ball bearings accounting for high speed effects and preload] (0)[79959852980-An efficient hybrid approach for design of automotive wheel bearings]			

기술명	45 Magnetic bearings			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.761905	0.494716	2011.2858	7
핵심키워드	magnetic bearings=7, permanent magnets=6, permanent magnet biased=5, magnetic fields=4, magnetic circuits=3, parameter designs=3, bearings (structural)=3, flywheels=3, equivalent magnetic circuit=3, wheels=3, parameter design=3, current stiffness=3, finite element simulation=2, large power=2, finite element method=2,			
핵심논문	(2)[80053955892-Axial radial magnetic bearing in magnetic suspending switched reluctance motor application] (1)[80051893871-Low rotating loss 2-pole radial magnetic bearing biased with permanent magnet] (1)[79961230410-Thimble permanent-magnet-biased radial magnetic bearing for magnetically-suspended-flywheel] (1)[82455175472-Design and control for hybrid magnetic thrust bearing for turbo refrigerant compressor] (1)[83255192535-Principle analysis and parameter design of permanent magnet bias radial magnetic bearing]			

기술명	23 Seismic isolation bearing			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.733333	0.332574	2010.6666	6
핵심키워드	seismic isolation=3, bearings (machine parts)=3, friction=3, bearings (structural)=3, low coefficient of friction=2, sliding materials=2, new high=2, maintenance=2, bearing=2, coefficient of frictions=2, traffic conditions=2, stiffness=2, bridges=2, bridge bearings=2, very low temperatures=2, seismology=2, wear life=2, pressure level=2, design method=2, bridge design=2, state of the art=2,			
핵심논문	(2)[83455208171-Experiment of 3-dimensional seismic isolation bearing combined with frictional sliding system and disc springs] (0)[83055176921-Model and design method of a sliding bearing combined with springs for horizontal seismic isolation] (0)[84867087518-Preliminary discussion of new mild steel-rolling vibration isolation bearing in space frame structure] (0)[84856696579-New high endurance sliding material for bridge bearings] (0)[84861057440-New high endurance sliding material for bridge bearings] (0)[78651361765-Experimental investigation and mechanical model of sliding isolation bearings]			

기술명	108 Magnetic Bearings			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.7	0.082671	2010.8	5
핵심키워드	bearings (structural)=3, magnetic bearings=2, optimization=2, combined control=1, finite element(fe) simulation=1, permanent magnet biased axial radial magnetic bearing=1, ip core=1, floating point operation=1, control nonlinearities=1, identification (control systems)=1,			
핵심논문	(1)[78650255678-Design and FPGA implementation of a radial controller for 4-axis magnetic bearings] (1)[84867978535-Design of permanent magnet biased axial-radial magnetic bearing based on accurate magnetic circuit] (0)[84864383504-Optimal design of an eight-pole radial active magnetic bearing via a genetic algorithm] (0)[78649605471-Impact of radial force nonlinearities on decentralized control of magnetic bearings] (0)[78650767146-The identification of the natural frequency of rolling bearing rotor system based on combined genetic neural network]			

중심성 관점에서의 부상연구영역

69개의 클러스터 중 중심성이 높아 동 분야에서 핵심 연구영역이 될 발전할 가능성이 높은 상위 6개 클러스터는 다음과 같다.

기술명	36 Diagnostics of rolling element bearings			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.204301	1.116307	2010.4839	31
핵심키워드	ball bearings=14, bearings (structural)=10, spheres=7, tribology=6, friction=6, rolling element bearing=6, angular contact ball bearing=5, rolling elements=4, mathematical models=4, vibration signal=4, bearing steels=3, fluid dynamics=3, localized fault=3, roller bearings=3, silicon=3, numerical methods=3, operating condition=3, stiffness=3, wear of materials=3, bearings (machine parts)=3,			
핵심논문	(9)[65349107981-Chaos and nonlinear dynamic analysis of high-speed rolling element bearings due to varying number of rolling elements] (8)[64149130713-Experimental diagnostics of ball bearings using statistical and spectral methods] (6)[77955329018-Modelling of angular contact ball bearings and axial displacements for high-speed spindles] (5)[78650034975-Mahalanobis taguchi system (MTS) as a prognostics tool for rolling element bearing failures] (2)[79955054583-Frictional torque characteristic of angular contact ball bearings]			

기술명	30 Rolling bearing fault diagnosis			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.142857	1.114379	2011.1072	28
핵심키워드	bearings (structural)=8, bearings (machine parts)=7, rolling bearings=6, vibration signal=6, hydrodynamics=6, journal bearings=5, rolling bearing=5, hydrodynamic journal bearings=5, rolling element bearing=5, feature extraction=5, fault diagnosis=5, hydrodynamic journal bearing=4, manufacturing tolerances=4, signal processing=4, friction=4, stability=4, rolling contact fatigue=4, system stability=4,			
핵심논문	(11)[79251628063-Roller bearing fault diagnosis based on nonlinear redundant lifting wavelet packet analysis] (4)[77955267311-Uncertainty analysis for rolling contact fatigue failure probability of silicon nitride ball bearings] (3)[70449348565-The stability analysis of hydrodynamic journal bearings allowing for manufacturing tolerances. Part I: Effect analysis of manufacturing tolerances by taguchi method] (2)[77952123731-Fault severity assessment for rolling element bearings based on EMD and Lempel-Ziv index]			

기술명	33 Thrust bearing			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.206897	1.111824	2010.6897	29
핵심키워드	thrust bearings=20, bearings (structural)=12, foil bearings=10, aerodynamics=9, load capacity=9, foil thrust bearing=7, computational fluid dynamics=7, gas bearings=5, finite element method=5, air bearing=5, stiffness=5, hydrodynamics=5, bearing capacity=4, aerostatic bearing=4, hydrostatic thrust bearing=4, air flow=4, turbines=4, hydraulics=4, centrifugation=4, pressure effects=4,			
핵심논문	(12)[67349179650-CFD investigation of pressure depressions in aerostatic circular thrust bearings] (3)[77953766345-Characteristics of subsonic velocity field of externally pressurized gas thrust bearings] (2)[77957127430-A compressible flow model for the air-rotor-stator dynamics of a high-speed, squeeze-film thrust bearing] (1)[77957964350-Experimental study on load capacity for new aerodynamic foil thrust gas bearing] (1)[77955234503-Impulse-Load dynamics of squeeze film gas bearings for a linear motion guide]			

기술명	39 Hydrodynamic journal bearing			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.177536	1.109848	2010.5416	24
핵심키워드	lubrication=9, hydrodynamics=9, computational fluid dynamics=6, hydrostatic thrust bearings=6, thrust bearings=6, hydraulics=5, bearings (structural)=5, oil films=5, journal bearings=4, defects=4, reynolds equation=4, hydrostatic thrust bearing=4, temperature field=4, mathematical models=4, lubricating oils=3, optimization=3, guideways=3, acoustic emissions=3, numerical simulation=3,			
핵심논문	(11)[79952630284-Intelligent diagnosis method for rolling element bearing faults using possibility theory and neural network] (10)[67349251488-Dynamic behaviour of hydrodynamic journal bearings in presence of rotor spatial angular misalignment] (4)[77955257669-Recess depth optimization for rotating, annular, and circular recess hydrostatic thrust bearings] (3)[70350503866-Simulation research on temperature field of circular cavity hydrostatic thrust bearing] (3)[82755192228-Numerical investigation on a hydrodynamic journal bearing with a center circumferential groove in Cavitation zone]			

기술명	20 Fault diagnosis of rolling bearing			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.423333	1.10672	2010.4	25
핵심키워드	{rolling element bearing=15, fault diagnosis=12, bearings (structural)=10, vibration signal=10, bearings (machine parts)=9, bearing fault=9, rolling=8, failure analysis=8, vibration analysis=7, rolling bearings=6, defects=6, ball bearings=6, condition monitoring=6, feature extraction=6, vibration response=6,			
핵심논문	(18)[77953139252-Rolling element bearing faults diagnosis based on optimal Morlet wavelet filter and autocorrelation enhancement] (17)[78049528234-Fault diagnosis of ball bearings using machine learning methods] (13)[79954415606-Rolling element bearing fault diagnosis using wavelet transform] (11)[78751629036-Fault diagnosis of ball bearings using continuous wavelet transform] (7)[74749101798-Rolling element bearing fault detection using an improved combination of Hilbert and wavelet transforms]			

기술명	1 Rolling bearing fault diagnosis			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.38	1.100126	2010.96	25
핵심키워드	fault diagnosis=18, bearings (machine parts)=15, bearings (structural)=12, rolling element bearing=12, vibration signal=11, failure analysis=11, fault detection=8, spectrum analysis=8, rolling bearings=7, empirical mode decomposition=7, intrinsic mode functions=7, condition monitoring=6, feature extraction=6, bearing fault=6,			
핵심논문	(9)[79953856339-Weak fault feature extraction of rolling bearing based on cyclic Wiener filter and envelope spectrum] (7)[70349285991-Automated diagnosis of rolling bearings using MRA and neural networks] (3)[80054981872-Application of the horizontal slice of cyclic bispectrum in rolling element bearings diagnosis] (3)[78649742081-Rolling bearing fault diagnosis based on cyclic Wiener filter and envelop spectrum] (2)[73949093026-Fault diagnosis of roller bearing conditions using ANFIS] (1)[84861691430-Rolling bearing fault feature extraction method based on ensemble empirical mode decomposition and kurtosis criterion]			

평균연도 관점에서의 부상연구영역

69개의 클러스터 중 평균연도 값이 높아 동 분야에서 최신성이 큰 상위 6개 클러스터는 다음과 같다.

기술명	83 Fault diagnosis of rolling bearings			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.392857	0.68852	2011.5	8
핵심키워드	{fault diagnosis=7, bearings (machine parts)=5, rolling bearings=4, local mean decompositions=4, failure analysis=4, vibration signal=4, signal processing=4, local mean decomposition=3, roller bearings=3, fault feature=2, roller bearing=2, bearings (structural)=2, fault detection=2, rolling bearing=2, instantaneous frequency=2,			
핵심논문	(2)[84863298357-Roller bearing comprehensive fault diagnosis based on LMD] (1)[79959708611-Intelligent fault diagnosis method for rolling bearings based on EMD and MLEM2] (0)[80555154908-Fault diagnosis of rolling bearings using EEMD-Renyi entropy and PCA-PNN] (0)[84870747217-Fault diagnosis of roller bearings base on the local wave and approximate entropy] (0)[84867170061-Fault severity assessment for rolling element bearings based on LMD and Lempel-Ziv index] (0)[84868228801-Fault diagnosis of a rolling bearing using Wavelet packet			

기술명	65 Bearings (machine parts)			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.183333	0.964569	2011.4375	16
핵심키워드	bearings (machine parts)=11, rolling bearings=9, vibration signal=7, rolling bearing=7, bearings (structural)=6, entropy=5, fault diagnosis=5, fault detection=4, algorithms=4, wavelet analysis=3, rough set=3, rough set theory=3, rolling element bearing=3, feature extraction=3, sample entropy=3, wavelet packet=2, eigenvalues and eigenfunctions=2			
핵심논문	(3)[79957646203-Feature extraction of rolling element bearing fault using wavelet packet sample entropy] (1)[80053421301-Design and development of rolling bearing vibration signal analysis system] (0)[80051867188-Application of wavelet packet sample entropy in the forecast of rolling element bearing fault trend] (0)[80355145662-Fault diagnosis of roller bearing based on EMD and fuzzy cluster] (0)[80855153825-Fault feature enhancement method for rolling bearing based on wavelet packet-coordinate transformation]			

기술명	116 Fault diagnosis of rolling-element bearings			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.380952	0.484812	2011.4286	7
핵심키워드	{rolling element bearing=3, bearings (machine parts)=3, rolling bearings=3, vibration signal=3, rolling bearing=3, ball bearings=3, experimental investigations=2, fault diagnosis=2, defects=2, fault detection=2,			
핵심논문	(0)[80052185708-Recent progress of vibration analysis on fault diagnosis for rolling bearing] (0)[84860197014-Fault diagnosis of rolling-element bearings in a generator using envelope analysis] (0)[84865211144-Radial ball bearing inner race defect width measurement using analytical wavelet transform of acoustic and vibration signal] (0)[84868647419-Fault identification of rolling element bearings from vibration signals: An application of Kalman and H^∞ Filters] (0)[84866677920-Fault detection of rolling element bearing based on principal component analysis] (0)[84868259522-A method for rolling bearing fault diagnosis based on the power spectrum analysis and support vector machine]			

기술명	19 Tribology, Friction			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	1	0.11688	2011.4	5
핵심키워드	friction=4, tribology=3, cable sliding friction aseismic bearing=3, cables=3, seismic performance=3, seismic isolation=2, cable sliding friction bearing=2, restrained displacement=2, seismic design=2, restoring force model=2, isolated bridge=2, hysteresis curve=2, seismic waves=2, hysteresis=2, finite element method=2, earthquake damage=2, stiffness=2, isolation device=2, friction coefficients=2,			
핵심논문	(0)[80052799317-Numerical model and seismic performance of cable-sliding friction aseismic bearing] (0)[80054791106-Seismic performance of continuous girder bridges using cable-sliding friction aseismic bearing] (0)[84865316919-Seismic performance of cable-sliding friction bearing system for isolated bridges] (0)[84863586385-Seismic performance of cable-sliding friction bearing system for isolated bridges] (0)[84855471970-Cable-sliding friction aseismic bearing and its application in bridge seismic design]			

기술명	103 Rolling bearings			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.277778	0.701885	2011.3334	9
핵심키워드	{rolling bearings=5, bearings (machine parts)=5, bearings (structural)=4, feature extraction=4, rolling bearing=3, fault diagnosis=3, demodulation=2, optimization=2, rollers (machine components)=2, wavelet decomposition=2, vibration signal=2, signal processing=2, fault diagnosis method=2, roller bearings=2, optical variables measurement=2,			
핵심논문	(4)[79952045263-Denoising method based on adaptive Morlet wavelet and its application in rolling bearing fault feature extraction] (3)[78650777985-Integrated algorithm research on early impactive fault feature extraction of rolling bearings] (1)[80052125547-Fault diagnosis of roller bearing with inner and external fault based on Hilbert transformation] (0)[84867286646-Research on durability test method for wheel bearings] (0)[84867302457-Application of a optimized wavelet neural networks in rolling bearing fault diagnosis]			

기술명	128 Lubrication, friction			
영역특성	밀도	중심성	평균연도	클러스터크기
	0.4	0.315151	2011.3334	6
핵심키워드	{lubrication=4, friction=4, ball bearings=4, rolling bearings=2, contact stress=2, ceramic materials=2, spheres=2, bearings (machine parts)=2, inner rings=2, steel balls=2, rolling resistance characteristics=1, young's modulus=1, rotational speed=1, grease lubricated=1, synthetic esters=1, ion plating=1, microstructure=1			
핵심논문	(1)[84855502777-Rolling bearing applications: Some trends in materials and heat treatments] (0)[78651306068-The effects of young's modulus of materials on the rolling resistance characteristics of ball bearing] (0)[84873116741-Study on speed performance of bearing based on self-lubricating C(Cr, N) coatings steel ball] (0)[84863268596-Friction and wear analysis of grease-lubricated ball bearing based on EHL numerical calculation] (0)[84863522374-Testing and Wear Analysis of HNS Spindle Ball Bearings Coated with a-C:H:W] (0)[70349469529-Energy-efficient rolling bearings - Ceramic rolling elements and optimized lubrication]			

논문 키워드 네트워크 분석을 통한 부상이슈 도출

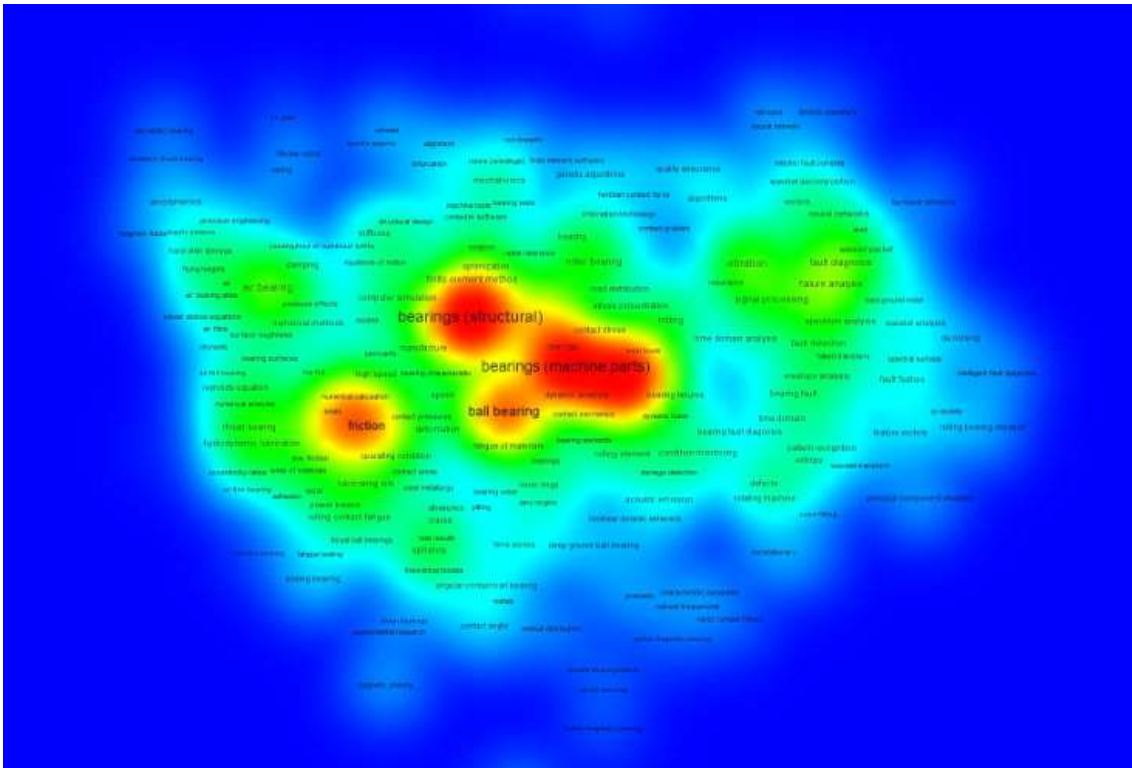
인용패턴분석이 논문간의 정형화된 관계를 보여주고 있다면, 키워드 네트워크 분석은 또 다른 새로운 기술이슈를 발굴할 수 있는 방법론임. 키워드 네트워크 분석을 비교적 정형화된 형태로 요약하면 다음과 같다

- ① 텍스트들의 집합(corpus)에서 기술어(단어 또는 명사구)을 추출
- ② 이들 아이템들이 각 문서에 동시 출현(Co-occurrence)한 빈도를 계산
- ③ 이를 적절한 유사도지수(Inclusion, Proximity, Equivalence 등)를 통해 변형
- ④ 각 기술어(키워드) 간의 관계를 시각화하여, 키워드로 표상된 아이디어(또는 연구이슈)간의 연결 패턴을 분석

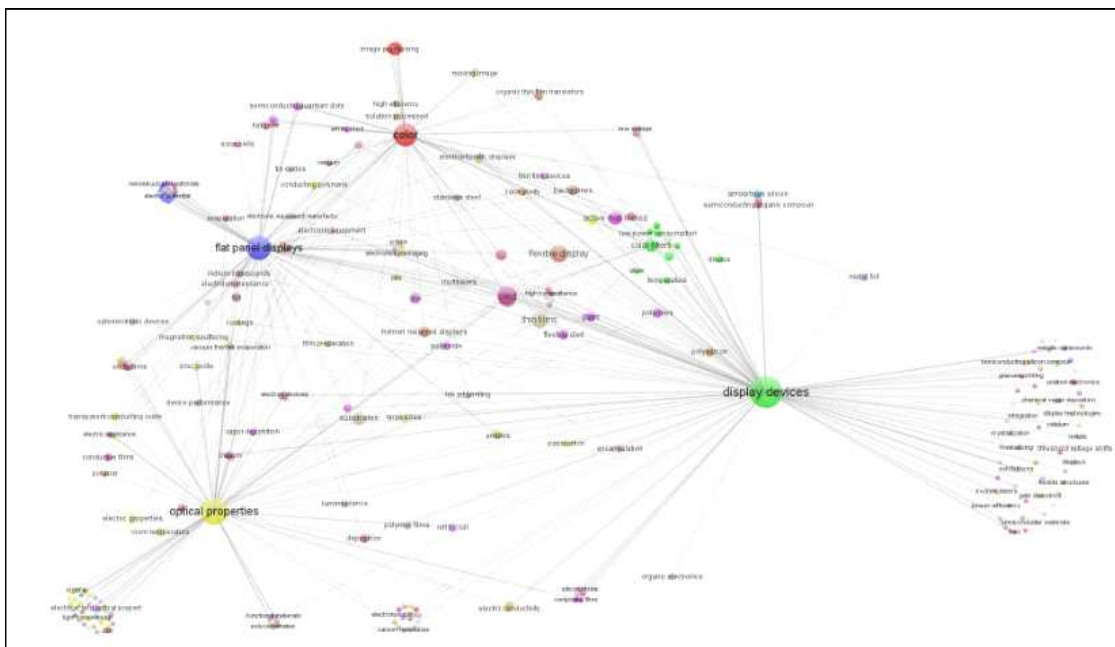
본 연구주제에서는 총 4,136편의 최근 논문이 검색되었으며, 이들 논문에서 사용된 키워드(저자키워드 + 인텍싱 키워드⁴⁾) 총 13,383개 이다. 이중 동의어 및 불용어 처리 및 빈도가 낮은 키워드 제거과정 등을 통해 총 397개의 분석대상 키워드를 선별하였다. 동 키워드들은 문서 동시출현 빈도 및 유사도 지수 계산을 통하여 네트워킹되며, 결과적으로 인용 패턴 분석에서처럼 다수의 클러스터로 재편되었다.

4) 논문투고시 저자가 작성한 주요 핵심어를 의미하며, 인텍싱 키워드는 이와 별도로 SCOPUS사에서 논문별로 부여한 핵심어를 의미함.

키워드 네트워크의 시각화맵



<그림 2-7> Density view



<그림 2-8> Label view (circle color: 클러스터 종류, circle size: 출현빈도)

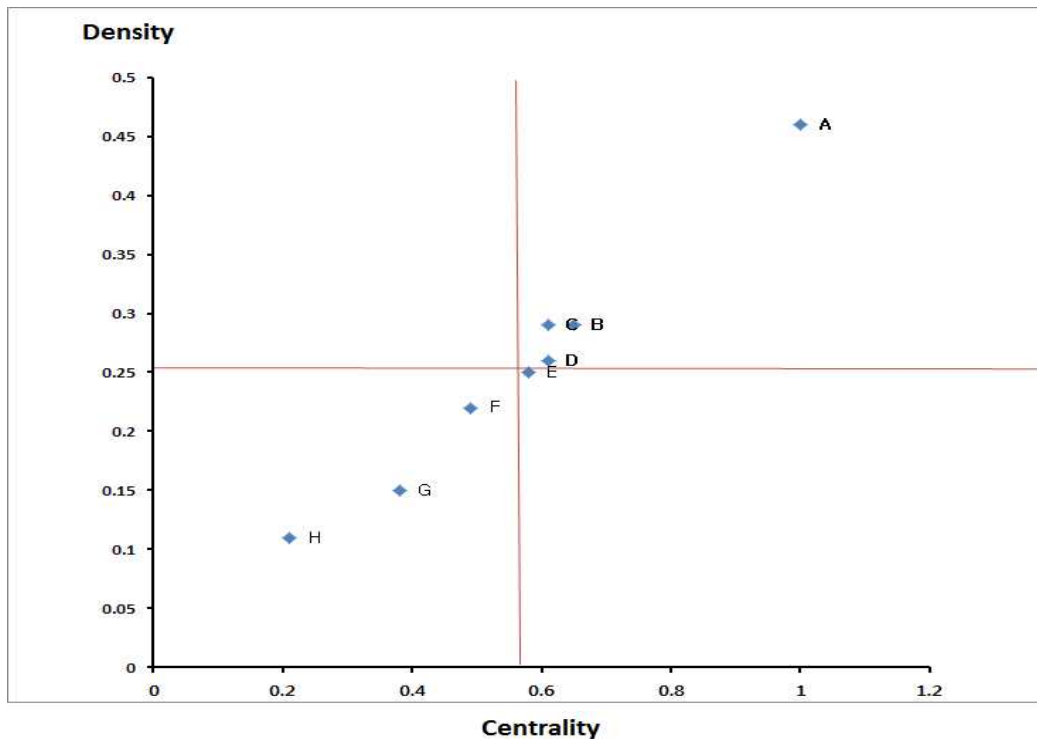
<그림 2-7>, <그림 2-8>은 키워드간 동시발생을 기준으로 연관도가 높은 키워드들을 2차원 평면에 분포한 후 클러스터로 묶어준 것이다. 노드(키워드)간의 상대적 거리를 통해 연관도를 반영하며, Label맵의 경우 동일한 노드의 색깔은 동일한 클러스터에 속하는 키워드이다. Density맵은 경우 네트워크 빈도의 집중 정도에 따라 색(Blue → Red)이 변한다. 아래 <표 2-5>는 키워드 동시발생 관련 클러스터 분류를 정리한 것이다. 모두 8개의 클러스터로 정리되며 각 클러스터별로 ‘부상이슈명’, 중심성, 밀도 그리고 키워드를 기술 하였다.

<표 2-5> 클러스터별 키워드 및 중심성/밀도

Cluster 1	부상이슈명	중심성	밀도
	A : Bearing	1	0.46
클러스터 키워드	rolling bearing;ar models;nonstationary;characteristic parameter;bearings (machine parts);fault characteristics;rolling bearing vibration;intelligent fault diagnosis		
Cluster 2	부상이슈명	중심성	밀도
	B : Magnetic bearing	0.65	0.29
클러스터 키워드	magnetic materials;thrust magnetic bearing;permanent magnets;magnetic amplifiers;bearings (structural);permanent magnet biased;sliding mode control		
Cluster 3	부상이슈명	중심성	밀도
	C : Rolling element bearing analysis	0.61	0.29
클러스터 키워드	experimental test;rolling element bearing;bearing fault;bandpass filters;envelope analysis;higher order statistics;envelope spectra		
Cluster 4	부상이슈명	중심성	밀도
	D : Tribology, friction	0.61	0.26
클러스터 키워드	tribology;engine bearing;fluid films;bearing materials;friction;torque;load limits;hydrodynamic journal bearing;low friction;wear of materials;exhibitions;rolling contacts;energy dissipation;lubricant flow;coefficient of frictions		
Cluster5	부상이슈명	중심성	밀도
	E : Ball bearing	0.58	0.25
클러스터 키워드	ball;spindle bearing system;linear bearings;angular contact ball bearing;ball bearing;experimental verification;rolling balls;contact angle		
Cluster 6	부상이슈명	중심성	밀도
	F : Roller bearing	0.49	0.22
클러스터 키워드	roller bearing;cylindrical roller bearing;bearing roller;dynamic equations;spherical roller bearing;newton raphson method;tapered roller bearing;slewing bearings;rollers (machine components)		

Cluster 7	부상이슈명	중심성	밀도
	G : Lubrication	0.38	0.15
클러스터 키워드	computational fluid dynamics;lubrication performance;temperature field;eccentricity ratios;hydrodynamic lubrication;crankshafts;tilting pad thrust bearing;lubrication;hydrostatic thrust bearings;finite volume method;oil film bearing;reynolds equation;gases		
Cluster 8	부상이슈명	중심성	밀도
	H : Air Bearing	0.21	0.11
클러스터 키워드	head disk interface;hard disk drive;air journal bearing;air bearing;hard disk storage;air flow;controllers;flying heights;air bearing slider;air bearing systems;supply pressure;precision engineering;static characteristic;phase interfaces;magnetic devices;magnetic recording;finite difference		

8개의 클러스터의 중심성과 밀도를 기준으로 2차원 평면 상에 배치하면 아래 <그림 2-9>의 분포도가 완성됨. 좌표 상의 상대적인 위치에 따라 다시 4등분할 수 있는데, high centrality-high density, high centrality-low density, low centrality-high density 그리고 low centrality-low density 구간으로 나누어 진다. 구간 별로 정리한 <표 2-6>은 그에 따라 구간별로 구분된 클러스터들이다.



<그림 2-9> 논문 키워드 클러스터별 중심성/밀도 분포

Centrality 는 클러스터 사이의 연결 정도를 나타내는 것으로 그 값이 높은 클러스터는 다른 클러스터와 연결이 많음을 나타낸다. 즉, centrality가 높은 클러스터는 그 분야에서 중심이 되는 주제라고 할 수 있다. Density는 클러스터 내의 키워드 사이의 연결정도를 나타낸다. density 값이 높은 클러스터는 그 안의 키워드 사이의 연결(동시발생)이 빈번하며 이는 키워드에 해당하는 내용으로 연구개발이 활발이 이루어지는 것으로 추정해볼 수 있다.

<표 2-6> Centrality, Density 상대적 크기에 따른 분포.

	상대적 위치	Cluster 명
1	High Centrality & High Density	Clus. A: Bearing Clus. B: Magnetic bearing Clus. C: Rolling element bearing analysis Clus. D: Tribology, friction
2	High Centrality & Low Density	Clus. E: Ball bearing
3	Low Centrality & High Density	
4	Low Centrality & Low Density	Clus. F: Roller bearing Clus. G: Lubrication Clus. H: Air Bearing

특허정보를 활용한 연구과제 도출

특허 데이터 수집과 출원 현황 분석

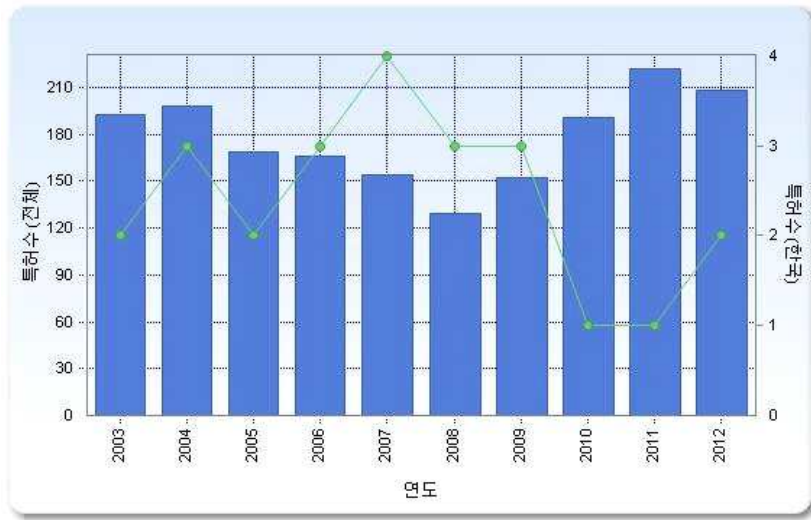
본 분석에는 미국 특허 및 PATSTAT 데이터베이스를 사용하였으며, 특히 미국특허 중에서 제목(Title)에 대해 아래 검색식을 적용하였다. 또한 검색 연도는 2003-2012으로 제한하였으며, 검색된 총 특허 수는 1,781편이다.

```
or(ttl:((radial and Bearing) or (thrust and bearing) or (angular and contact and bearing) or (wheel and bearing) or (oilless and bearing) or (LM and Guide) or (Linear and Motion and Guide) or (Linear and Bushing) or (Ball and Spline*))) and pd:range(2003-01-01,2012-12-31,from="GE",to="LE"),
```

분석 대상 기간의 연평균 증가율은 특허 수 기준 0.89%, 누적 특허 수 기준 28.08%인 것으로 나타났다.

<표 3-1> 연도별 특허 수

연도	특허 수	누적 특허 수	한국 특허 수
2003	192	192	2
2004	198	390	3
2005	169	559	2
2006	166	725	3
2007	154	879	4
2008	129	1,008	3
2009	152	1,160	3
2010	191	1,351	1
2011	222	1,573	1
2012	208	1,781	2

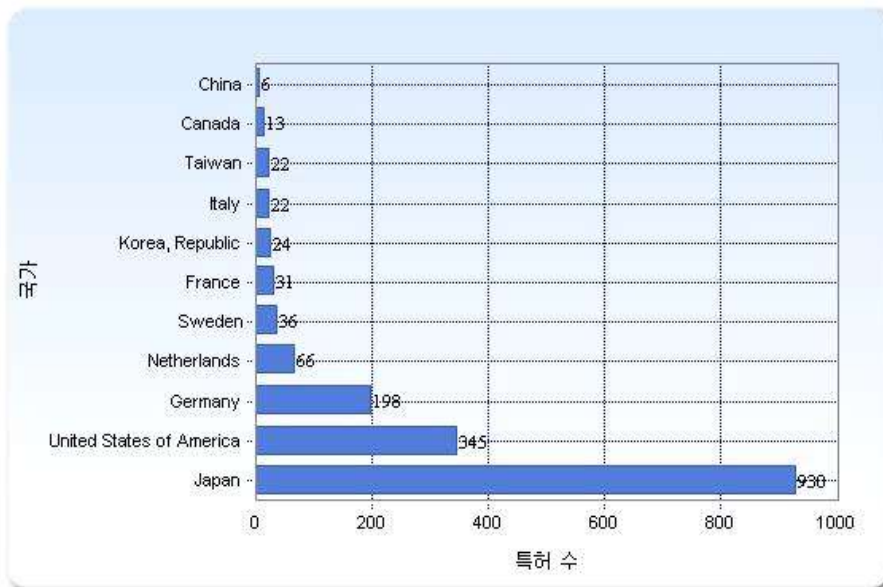


<그림 3-1> 연도별 특허 출원 추이
 (전체 특허 수는 막대 그래프, 한국의 특허 수는 꺾은선 그래프 참조)

특허의 출원인 국적을 분석한 결과 Japan이 전체 1,781건의 특허 중 52.22%(930건)를 점유하여 가장 많은 특허를 발표한 것으로 나타났다. United States of America은(는) 19.37%(345건), Germany은(는) 11.12%(198건)을 점유하여 각각 2, 3위를 차지하였다. 한국은 24편 (1.35%)의 특허를 발표하여 7위를 차지하였다.

<표 3-2> 출원인 국적별 특허 수

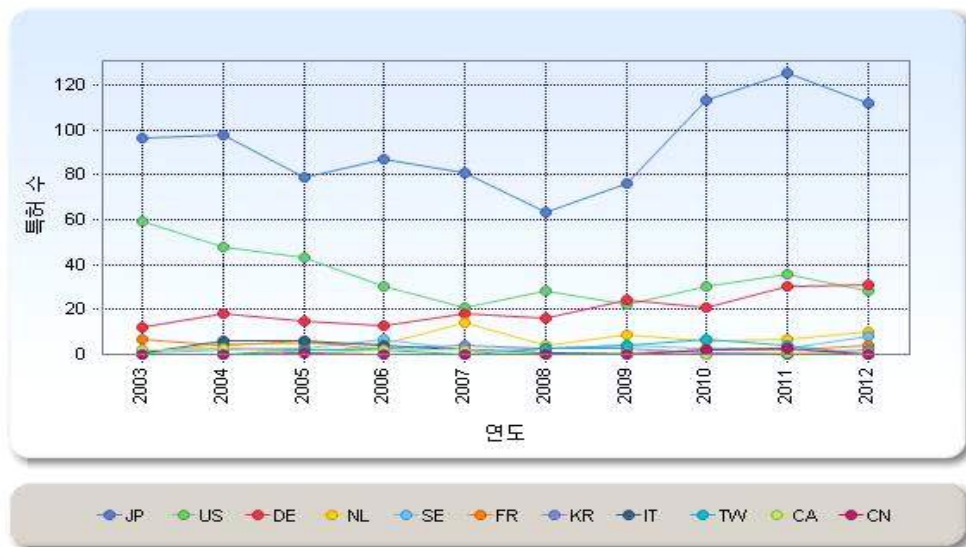
순위	출원인 국적	특허 수	비중(%)
1	Japan	930	52.22
2	United States of America	345	19.37
3	Germany	198	11.12
4	Netherlands	66	3.71
5	Sweden	36	2.02
6	France	31	1.74
7	Korea, Republic	24	1.35
8	Italy	22	1.24
8	Taiwan	22	1.24
10	Canada	13	0.73
14	China	6	0.34



<그림 3-2> 출원인 국적별 특허수

<표 3-3> 출원인 국적별 연도별 특허수

연도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	총합
Japan	96	98	79	87	81	63	76	113	125	112	930
United States of America	59	48	43	30	21	28	22	30	36	28	345
Germany	12	18	15	13	18	16	24	21	30	31	198
Netherlands	1	5	5	5	14	4	9	6	7	10	66
Sweden	1	2	3	7	2	3	4	3	3	8	36
France	7	4	6	2	2	1	1	2	2	4	31
Korea, Republic	2	3	2	3	4	3	3	1	1	2	24
Italy	1	6	6	4	2	1	1	0	0	1	22
Taiwan	0	0	2	2	0	3	4	7	4	0	22
Canada	2	3	1	2	2	0	1	0	1	1	13
China	0	0	1	0	0	0	0	2	3	0	6

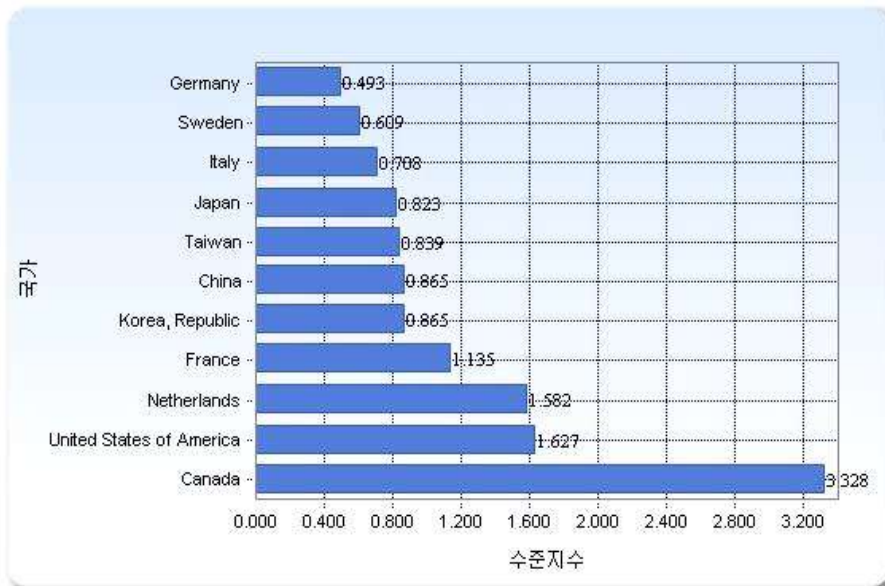


<그림 3-3> 출원인 국적별 연도별 특허수

특허수준지수는 특정 기술 분야 전체 특허의 평균 피인용 수에 대한 특정 국가 발표 특허의 평균 피인용 수의 비로서 피인용 수에 기반을 둔 문헌의 질적 수준 평가 지표이다. 이는 특정 국가의 수준 지수가 1.0인 경우 해당 국가가 발표한 특허의 평균 피인용 수가 해당 분야 전체 특허의 평균 피인용 수와 같음을 의미하며, 1.0을 초과하는 경우는 해당 분야 평균 피인용 수에 비해 높음을 의미한다.

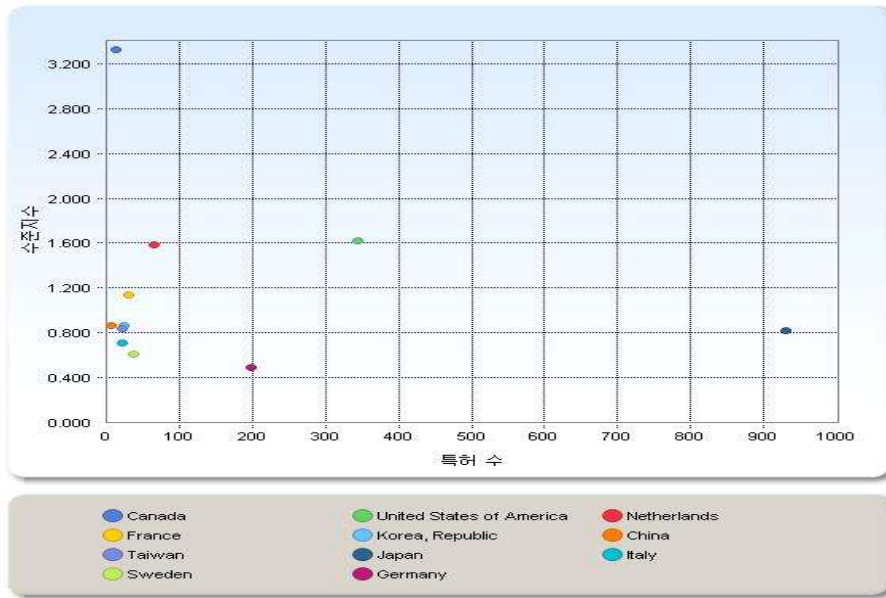
<표 3-4> 출원인 국적별 특허 수준 지수

국가	특허 수	특허 당 피인용 수	수준 지수
Canada	13	5.769	3.328
United States of America	345	2.82	1.627
Netherlands	66	2.742	1.582
France	31	1.968	1.135
Korea, Republic	24	1.5	0.865
China	6	1.5	0.865
Taiwan	22	1.455	0.839
Japan	930	1.427	0.823
Italy	22	1.227	0.708
Sweden	36	1.056	0.609
Germany	198	0.854	0.493



<그림 3-4> 출원인 국적별 특허 수준 지수

국가별 특허의 수준 지수 분석 결과 Canada가 가장 높은 값(3.328)을 보여 특허의 피인용 관점에서 질적 수준이 가장 우수한 것으로 나타났다. 분야 평균 이상의 수준을 보이는 국가는 Canada(3.328), United States of America(1.627), Netherlands(1.582), France(1.135)가 있다. 한국의 수준 지수는 0.865를 기록하였으며, 이는 한국의 질적 수준이 세계 평균 이하임을 의미한다.



<그림 3-5> 출원인 국적별 특허 수 대비 수준 지수

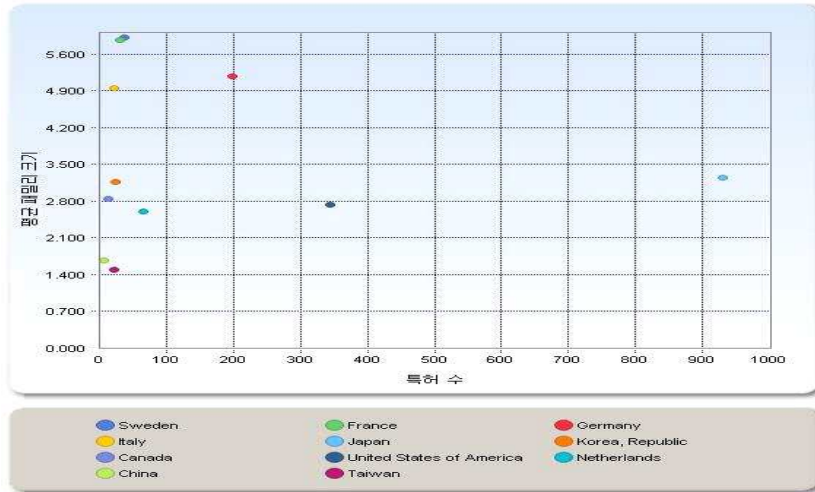
동일한 내용의 발명이 복수의 국가에 출원된 경우 이들 특허를 패밀리(대응) 특허라고 하며, 패밀리 특허가 출원된 국가의 수를 패밀리 크기라 한다. 이는 다수의 국가에서 보호 받을 가치가 있는 특허의 경우 패밀리 크기가 커지게 되며, 특허의 가치를 나타내는 지표로 사용될 수 있다.

<표 3-5> 출원인 국적별 평균 패밀리 크기

국가	특허 수	평균 패밀리 크기	분야 평균 대비 평균 패밀리 크기
Sweden	36	5.917	1.702
France	31	5.871	1.689
Germany	198	5.177	1.489
Italy	22	4.955	1.425
Japan	930	3.253	0.936
Korea, Republic	24	3.167	0.911
Canada	13	2.846	0.819
United States of America	345	2.742	0.789
Netherlands	66	2.606	0.75
China	6	1.667	0.479
Taiwan	22	1.5	0.431

특허의 평균 패밀리 크기 분석 결과 Sweden이 가장 높은 값(5.917)을 보여 특허의 패밀리 크기 관점에서 질적 수준이 가장 우수한 것으로 나타났다. 분야 평균 이상의 수준을 보이는 국가로는 Sweden(1.702), France(1.689), Germany(1.489), Italy(1.425)가 있다. 한국의 분야평균 대비 평균 패밀리 크기는 0.911을 기록하였으며, 이는 한국의 질적 수준이 세

계 평균 이하임을 의미한다.

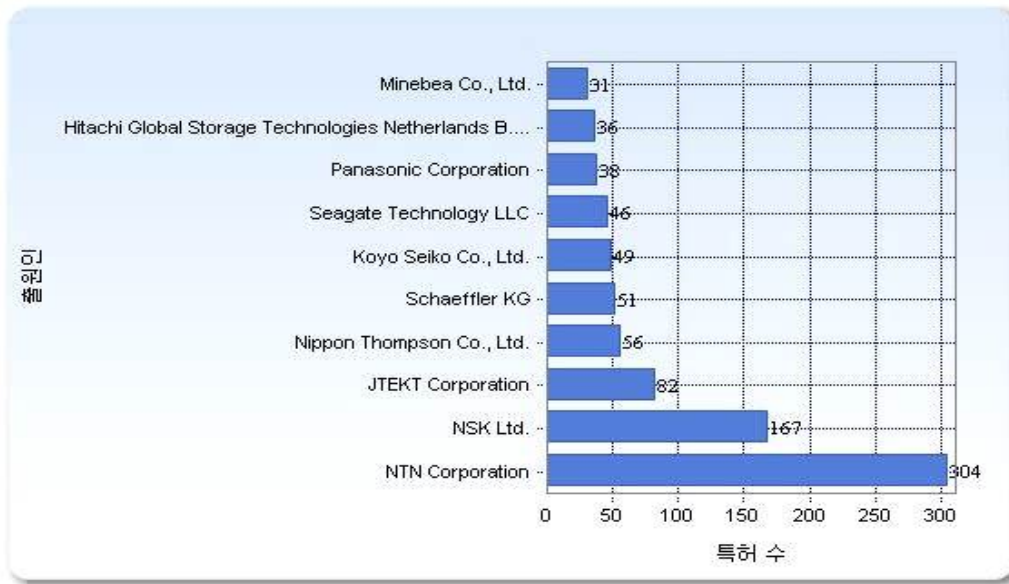


<그림 3-6> 특허 수 대비 평균 패밀리 크기

특허의 출원인을 분석한 결과 NTN이 전체 1,781건의 특허 중 17.07%(304건)을 점유하여 가장 많은 특허를 발표한 것으로 나타났다. NSK는 9.38%(167건), JTEKT은 4.6%(82건)을 점유하여 각각 2, 3위를 차지하였다.

<표 3-6> 출원인별 특허 수

순위	출원인	특허 수	비중 (%)
1	NTN Corporation	304	17.07
2	NSK Ltd.	167	9.38
3	JTEKT Corporation	82	4.6
4	Nippon Thompson Co., Ltd.	56	3.14
5	Schaeffler KG	51	2.86
6	Koyo Seiko Co., Ltd.	49	2.75
7	Seagate Technology LLC	46	2.58
8	Panasonic Corporation	38	2.13
9	Hitachi Global Storage Technologies Netherlands B.V.	36	2.02
10	Minebea Co., Ltd.	31	1.74

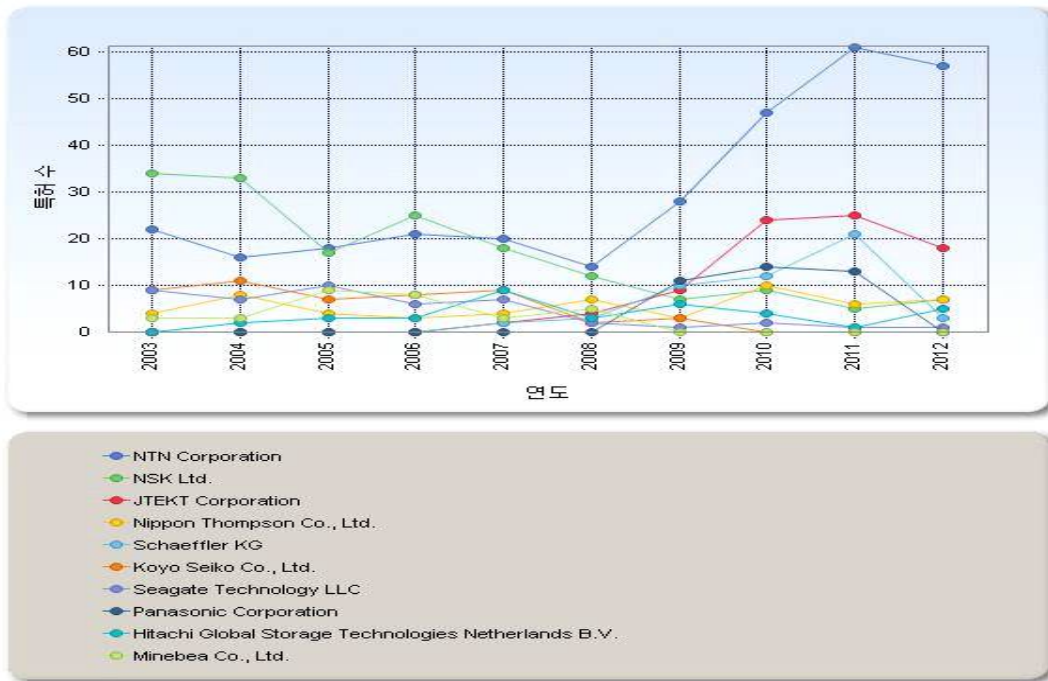


<그림 3-7> 출원인별 특허 수

상위 10위까지의 출원인 특허 수를 연도별로 살펴보면 다음 표 및 그래프와 같다.

<표 3-7> 출원인별 연도별 특허수

연도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	총합
NTN Corporation	22	16	18	21	20	14	28	47	61	57	304
NSK Ltd.	34	33	17	25	18	12	7	9	5	7	167
JTEKT Corporation	0	0	0	0	2	4	9	24	25	18	82
Nippon Thompson Co., Ltd.	4	8	4	3	4	7	3	10	6	7	56
Schaeffler KG	0	0	0	0	2	3	10	12	21	3	51
Koyo Seiko Co., Ltd.	9	11	7	8	9	2	3	0	0	0	49
Seagate Technology LLC	9	7	10	6	7	2	1	2	1	1	46
Panasonic Corporation	0	0	0	0	0	0	11	14	13	0	38
Hitachi Global Storage Technologies Netherlands B.V.	0	2	3	3	9	3	6	4	1	5	36
Minebea Co., Ltd.	3	3	9	8	3	5	0	0	0	0	31

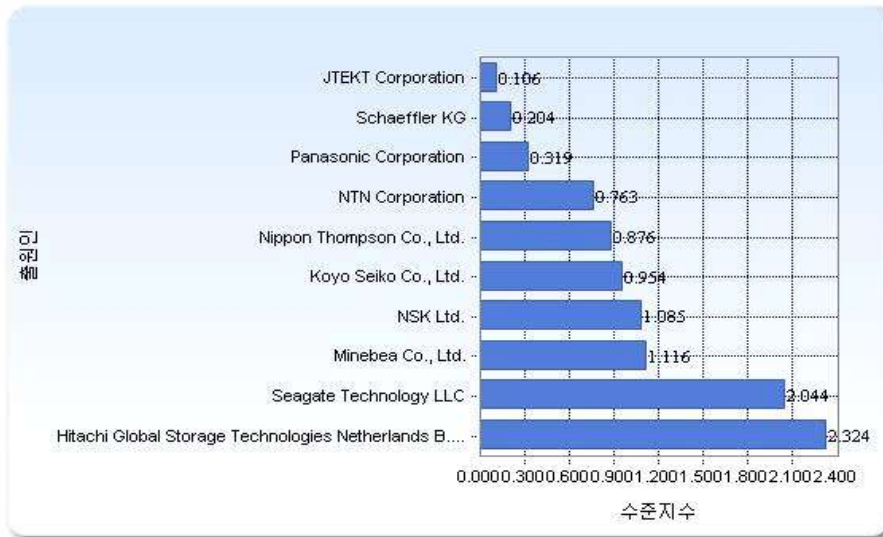


<그림 3-8> 출원인별 연도별 특허 수

출원인별 특허수준은 특정 기술 분야 전체 특허의 평균 피인용 수에 대한 특정 출원인 발표 특허의 평균 피인용 수의 비로서 피인용 수에 기반을 둔 문헌의 질적 수준 평가 지표이다. 이는 특정 출원인의 수준 지수가 1.0인 경우 해당 출원인이 발표한 특허의 평균 피인용 수가 해당 분야 전체 특허의 평균 피인용 수와 같음을 의미하며, 1.0을 초과하는 경우는 해당 분야 평균 피인용 수에 비해 높음을 의미한다.

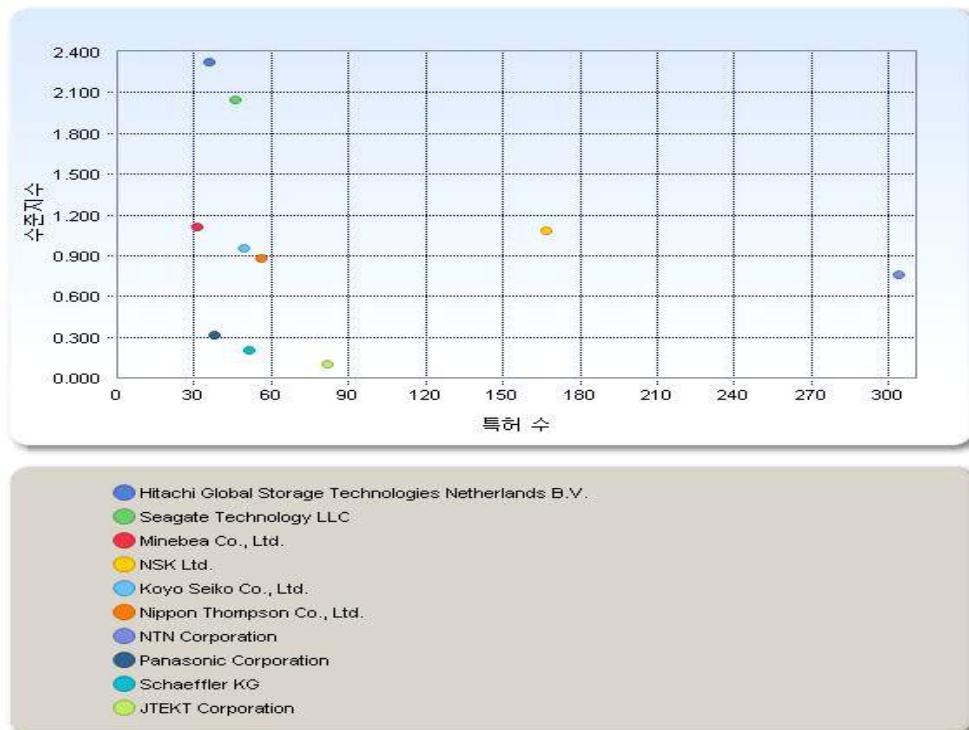
<표 3-8> 출원인별 특허 수준 지수

출원인	특허 수	특허 당 피인용 수	수준 지수
Hitachi Global Storage Technologies Netherlands B.V.	36	4.028	2.324
Seagate Technology LLC	46	3.543	2.044
Minebea Co., Ltd.	31	1.935	1.116
NSK Ltd.	167	1.88	1.085
Koyo Seiko Co., Ltd.	49	1.653	0.954
Nippon Thompson Co., Ltd.	56	1.518	0.876
NTN Corporation	304	1.322	0.763
Panasonic Corporation	38	0.553	0.319
Schaeffler KG	51	0.353	0.204
JTEKT Corporation	82	0.183	0.106



<그림 3-9> 출원인별 특허 수준 지수

해당 기술의 출원인별 수준 지수 분석 결과 Hitachi Global Storage Technologies Netherlands B.V.가 가장 높은 값(2.324)을 보여 특허의 피인용 관점에서 질적 수준이 가장 우수한 것으로 나타났다. 분야 평균 이상의 수준을 보이는 출원인으로는 Hitachi Global Storage Technologies Netherlands B.V.(2.324), Seagate Technology LLC(2.044), Minebea(1.116), NSK(1.085)이 있다.



<그림 3-10> 출원인별 특허 수 대비 수준 지수

한국 특허의 출원인을 분석한 결과 Samsung Electronics이 전체 1,781건의 특허 중 0.51%(9건)을 점유하여 가장 많은 특허를 발표한 것으로 나타났다. Samsung Electro-Mechanics는 0.11%(2건), Centro Corporation은 0.11%(2건)을 점유하여 각각 2, 3위를 차지하였다.

<표 3-9> 한국특허 출원인별 특허 수

번호	출원인	특허 수	비중(%)
1	Samsung Electronics Co., Ltd.	9	0.51
2	Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.	2	0.11
2	Centro Corporation	2	0.11
2	Samsung Techwin Co., Ltd.	2	0.11
5	Mirae Corporation	1	0.06
5	SamSung Electronics Co., Ltd.	1	0.06
5	Il Jin Global Co., Ltd.	1	0.06
5	A-Tech Solution Co., Ltd.	1	0.06
5	LG Electronics Inc.	1	0.06
5	Kturbo, Inc.	1	0.06

<3-10> 한국특허 출원인별 연도별 특허 수

연도	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	총합
Samsung Electronics Co., Ltd.	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	9
Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Centro Corporation	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Samsung Techwin Co., Ltd.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
Mirae Corporation	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SamSung Electronics Co., Ltd.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Il Jin Global Co., Ltd.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A-Tech Solution Co., Ltd.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
LG Electronics Inc.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Kturbo, Inc.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

출원인별 특허수준은 특정 기술 분야 전체 특허의 평균 피인용 수에 대한 특정 출원인 발표 특허의 평균 피인용 수의 비로서 피인용 수에 기반을 둔 문헌의 질적 수준 평가 지표이다. 이는 특정 출원인의 수준 지수가 1.0인 경우 해당 출원인이 발표한 논문의 평균 피

인용 수가 해당 분야 전체 논문의 평균 피인용 수와 같음을 의미하며, 1.0을 초과하는 경우는 해당 분야 평균 피인용 수에 비해 높음을 의미한다.

<표 3-11> 한국특허 출원인별 특허 수준 지수

출원인	특허 수	특허 당 피인용 수	수준 지수
LG Electronics Inc.	1	3	1.731
Samsung Electronics Co., Ltd.	9	2.778	1.603
Centro Corporation	2	1.5	0.865
SamSung Electronics Co., Ltd.	1	1	0.577
Hyundai Motor Company	1	1	0.577
Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.	2	1	0.577
Samsung Techwin Co., Ltd.	2	0.5	0.288
A-Tech Solution Co., Ltd.	1	0	0
Kturbo, Inc.	1	0	0
Il Jin Global Co., Ltd.	1	0	0
Halla Climate Control Corporation	1	0	0
Mirae Corporation	1	0	0
Hishida Noriaki	1	0	0
Kim Jung Won	1	0	0

해당 기술의 한국 출원인별 수준 지수 분석 결과 LG Electronics이 가장 높은 값(1.731)을 보여 특허의 피인용 관점에서 질적 수준이 가장 우수한 것으로 나타났다. 분야 평균 이상의 수준을 보이는 한국 출원인으로는 LG Electronics(1.731), Samsung Electronics(1.603)이 있음.

베어링(Bearing) 기술에 속하는 특허 중 피인용수가 높은 특허 리스트를 다음의 표에 나타내었다.

번호	특허제목(미국특허번호)	출원인	피인용수
1	Method for forming a write head having air bearing surface (ABS) (7120988)	Hitachi Global Storage Technologies Netherlands B.V. (NL)	29
2	Rotating blowout preventer with independent cooling circuits and thrust bearing (6554016)	Northland Energy Corporation (Alberta, CA)	25
3	Wheel bearing and sealing device therefor (6637754)	NTN Corporation (Osaka, JP)	23
4	Journal bearing for trolley wheel (6880469)	Frost Inc. (Grand Rapids, MI, US)	22
5	Magnetic recording disk drive with self-limiting wearable contact pad air-bearing slider in hermetically sealed environment (6762909)	Hitachi Global Storage Technologies Netherlands B.V. (Amsterdam, NL)	21
6	Wireless sensor, rolling bearing with sensor, management apparatus and monitoring system (7034711)	NSK Ltd. (Tokyo, JP)	21
7	Bearing unit for wheel and manufacturing method thereof (6523909)	NSK Ltd. (Tokyo, JP)	20
8	Bearing insert sleeve for roller cone bit (7387177)	Baker Hughes Incorporated (Houston, TX, US)	19
9	Ball and socket bearing for artificial joint (RE38409)	Joint Medical Products Corporation (Warsaw, IN, US)	18
10	Motor having a fluid dynamic bearing with a radial capillary seal and re-circulation (6828709)	Seagate Technology LLC (Scotts Valley, CA, US)	17
11	Method and apparatus for providing three axis magnetic bearing having permanent magnets mounted on radial pole stack (6727617)	Calnetix (Cerritos, CA, US)	17
12	Rotating speed sensor unit and wheel bearing assembly carrying the same (6573705)	NTN Corporation (Osaka, JP)	17
13	Roller cone drill bits with optimized bearing structures (7360612)	Halliburton Energy Services, Inc. (Carrollton, TX, US)	16
14	Wheel support bearing assembly and anti-skid brake device using the same (6585420)	NTN Corporation (Osaka, JP)	16
15	Self-retained wheel bearing assembly (6574865)	Delphi Technologies, Inc. (Troy, MI, US)	16
16	Rotating blowout preventer with independent cooling circuits and thrust bearing (7004444)	Precision Drilling Technology Services Group, Inc. (Calgary, CA)	16

17	Wheel bearing assembly (6715926)	NTN Corporation (Osaka, JP)	16
18	High stability spin stand platform with air bearing micropositioning stage (6531867)	Dover Instrument Corp. (Westboro, MA, US)	15
19	Hydrodynamic oil-impregnated sintered bearing unit (6513979)	NTN Corporation (Osaka-fu, JP)	15
20	Corner thrust-journal fluid dynamic bearing (6900567)	Seagate Technology LLC (Scotts Valley, CA, US)	15
21	Instrumented roller bearing, in particular for control wheel (6908229)	SKF France (Montigny-le-Bretonneux, FR)	15
22	Magnetic disk drive with air bearing surface pad on movable portion and method of controlling (6690543)	Hitachi, Ltd. (Tokyo, JP)	15
23	Dynamic pressure, air bearing type polygonal scanner and method of producing the same (6778203)	Ricoh Company, Ltd. (Tokyo, JP)	14
24	Slider with high pitch-stiffness air bearing design (6771468)	Western Digital Corporation (Lake Forest, CA, US)	14
25	Rotating blowout preventer with independent cooling circuits and thrust bearing (6749172)	Precision Drilling Technology Services Group, Inc. (Calgary, CA)	14
26	Pinion mounting with direct tapered roller bearing arrangement (6544140)	The Timken Company (Canton, OH, US)	14
27	Air bearing-sealed micro-processing chamber (6764386)	Applied Materials, Inc. (Santa Clara, CA, US)	14
28	Homopolar machine with shaft axial thrust compensation for reduced thrust bearing wear and noise (6856062)	General Atomics (San Diego, CA, US)	13
29	Perpendicular magnetic recording head built using an air-bearing surface damascene process (7271982)	Hitachi Global Storage Technologies Netherlands B.V. (Amsterdam, NL)	13
30	Self-flushing trench air bearing for improved slider flyability (6747847)	Seagate Technology LLC (Scotts Valley, CA, US)	13
31	Roller bits with bearing failure indication, and related methods, systems, and methods of manufacturing (6725947)	Halliburton Energy Services, Inc. (Houston, TX, US)	13
32	Combination hydrodynamic and rolling bearing system (8016554)	BorgWarner Inc. (Auburn Hills, MI, US)	13
33	Hydrodynamic bearing (6874641)	Laars, Inc. (Newport Beach, CA, US)	13

특허 키워드 네트워크 분석을 통한 부상이슈 도출

특허 문서에 등장하는 기술어들의 출현 정보(빈도)와 기술어들 사이의 연관관계를 분석함으로써 해당 분야의 관심 주제를 추출하고자 한다. 키워드 네트워크 분석을 비교적 정형화된 형태로 요약하면 다음과 같다.

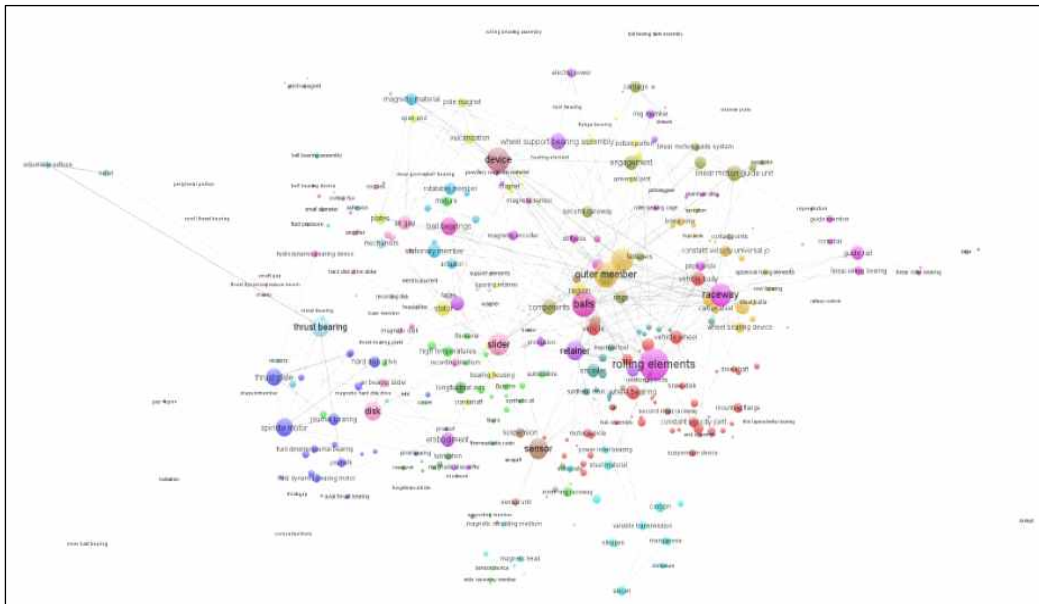
- ① 텍스트들의 집합(corpus)에서 기술어(단어 또는 명사구)를 추출
- ② 이들 아이템들이 각 문서에 동시 출현(Co-occurrence)한 빈도를 계산
- ③ 이를 적절한 유사도지수(Inclusion, Proximity, Equivalence 등)를 통해 변형
- ④ 각 기술어(키워드) 간의 관계를 시각화하여, 키워드로 표상된 아이디어(또는 연구이슈)간의 연결 패턴을 분석

주요 부상이슈 I (2003~2007 년 등록특허)

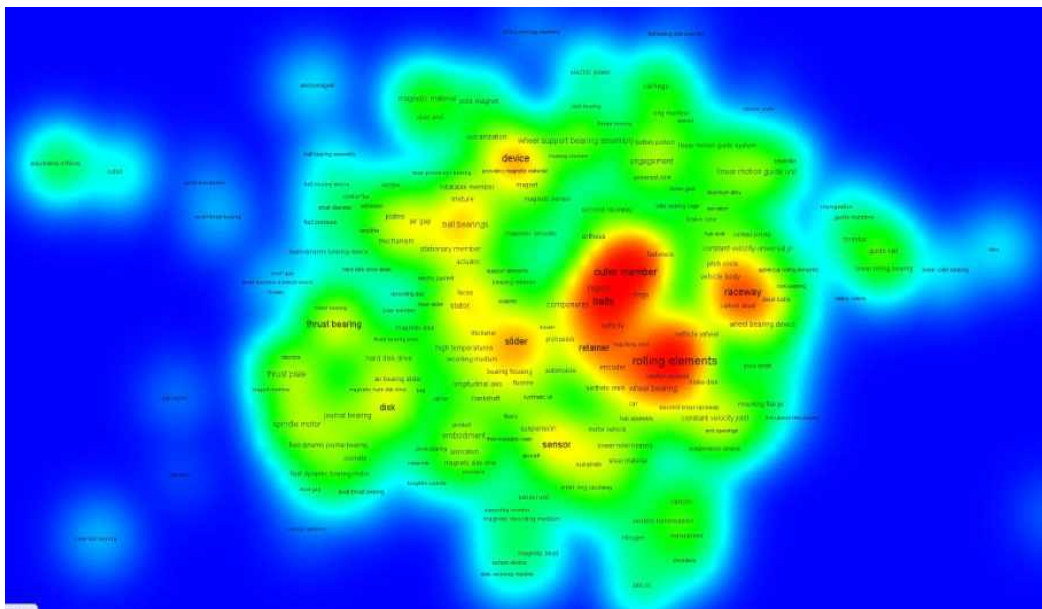
본 연구주제에서는 총 1,781 편의 최근 특허가 검색되었으며, 이들 특허문서의 제목(title), 초록(abstract) 그리고 청구항(claim) 문서에 대해 자연어 처리를 수행하였으며 이때 추출된 명사 혹은 명사구는 총 3,887개 이다. 이중 동의어 및 불용어 처리 및 빈도가 낮은 키워드 제거과정 등을 통해 총 423개의 분석대상 키워드를 선별하였으며 네트워크 분석 과정에서 추가 선별 작업을 진행하였다. 동 키워드들은 문서 동시출현 빈도 및 유사도지수 계산을 통하여 네트워크되며, 결과적으로 인용패턴 분석에서처럼 다수의 클러스터로 재편되었다. 특허문서에 대한 키워드 클러스터 분석은 등록일 기준으로 처음 5년(2003~2007년)과 다음 5년(2008~2012년)을 나누어 분석한 후 네트워크를 도시하였다. 이후 전체 기간에 대해서도 동일한 과정을 거쳐 분석하였다. 이로써 기간별 관심 기술의 추이를 조망하고자 한다.

키워드 클러스터 및 주요 부상 이슈

본 연구주제에서는 총 4의 키워드 클러스터가 도출되었다. 각각의 키워드 클러스터는 인 용패턴분석에서 언급한 바와 같이 밀도와 중심성 값을 갖으며, 그 결과를 아래와 같이 제 시하였다.



<그림 3-11> 본주제 관련 키워드 분포맵(2003~2007, Label View)



<그림 3-12> 본주제 관련 키워드 분포맵 (2003~2007, Density View)

<그림 3-11>, <그림 3-12>은 키워드간 동시발생을 기준으로 연관도가 높은 키워드들을 2차원 평면에 분포한 후 클러스터로 묶어준 것이다. x,y축상의 좌표값은 무의미하며 노드(키워드)간의 상대적 거리를 통해 연관도를 반영하며, Label맵의 경우 동일한 노드의 색깔은 동일한 클러스터에 속하는 키워드임, Density맵은 경우 네트워크 빈도의 집중 정도에 따라 색(Blue → Red)이 변한다.

아래 <표 3-12>는 클러스터 분류를 정리한 것이다. 전체 20개 중 10개의 샘플 클러스터(전체 클러스터 내용은 별첨 참조)로 정리되며 각 클러스터별로 ‘부상이슈명’, 중심성, 밀도 그리고 키워드를 기술하고 있다.

<표 3-12> 특허 키워드 클러스터 분석(2003~2007)

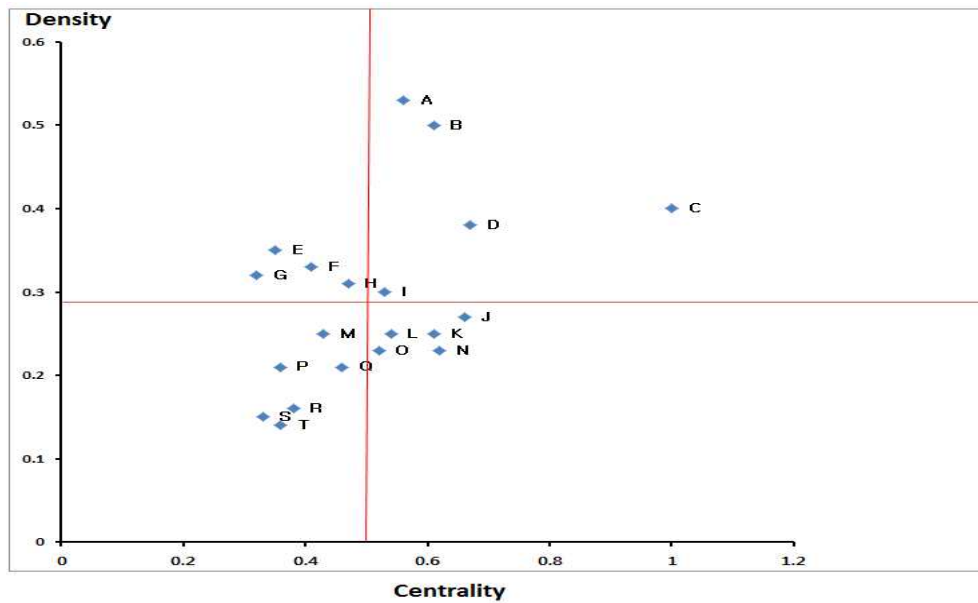
Cluster A	부상이슈명	중심성	밀도
	A : Thrust bearing	0.56	0.53
클러스터키워드	pole magnet;scroll thrust bearing;plates;arc shape;vulcanization;open end		
Cluster B	부상이슈명	중심성	밀도
	B : Roller thrust bearing	0.61	0.5
클러스터키워드	blowout preventer;rotary blowout preventer;adjustable orifices;outlet;roller thrust bearing;mechanism;peripheral portion;thrust bearing		
Cluster C	부상이슈명	중심성	밀도
	C : Sensor arrangement	1	0.4
클러스터키워드	sensor arrangement;fifth wheel;device;foreign substance;rear outer shaft bearing		
Cluster D	부상이슈명	중심성	밀도
	D : Railway vehicle	0.67	0.38
클러스터키워드	brake rotor;heat treatment;railway vehicle;constant velocity universal joint;wheel bearing device;linear motion guide bearing device;outer member;hub axle;serration;spherical rolling elements;hub wheel;vehicle wheel bearing apparatus;row raceways;inner member;double rows;irregular portion;carbon steel;steel balls;row bearing;inner raceway		
Cluster E	부상이슈명	중심성	밀도
	E : Roller bearing	0.35	0.35

클러스터키워드	power roller bearing;inevitable impurities;magnetic head;silicon;manganese;pole tip;substrate:nitrogen;topography;electrical contact;platen;alloy steel;carbon;molybdenum;composition;magnetic recording medium;variable transmission;steel material;chromium;disk interface		
Cluster F	부상이슈명	중심성	밀도
	F : Ball joint bearing	0.41	0.33
클러스터키워드	installation;ball joint;reservoir;ball joint bearing block;penetration;joint housing;lubrication;longitudinal axis;support surface;elastomer;support structure		
Cluster G	부상이슈명	중심성	밀도
	G : Foil bearing	0.32	0.32
클러스터키워드	base member;faces;compliant foil thrust bearing;entire circumference;resin material;metal core;compliant foil fluid film thrust bearing;washer;support elements;annular plate;transmission;single ball bearings		
Cluster H	부상이슈명	중심성	밀도
	H : Magnetic	0.47	0.31
클러스터키워드	binder;powdery magnetic material;enclosure;powdery mixture;tungsten carbide;magnetic disk drive;protrusion;temperature;rotation sensor;magnetic encoder;embodiment;magnetic powder;flexibility;magnetic head slider;deep groove ball bearing		
Cluster I	부상이슈명	중심성	밀도
	I : Linear motion guide	0.53	0.3
클러스터키워드	second raceway;fasteners;carriage;contact points;linear motion;axial roller bearing;linear motion guide system;shaped raceway;retainer plate;linear motion guide unit;end cap;ball bearing slide assembly;spherical rollers;load raceway;rings;components;separator;said housing;engagement		
Cluster J	부상이슈명	중심성	밀도
	J : Linear rolling bearing	0.66	0.27
클러스터키워드	bearing rollers;stiffness;guide member;pitch circle;linear roller bearing;linear rolling bearing element;deformation;impregnation;production method;crossbar;aluminum alloy;rolling elements;roller bearing cage;sprags;rolling bearing cage;raceway;head piece;guide rail;vehicle body fitting flange;linear rolling bearing;taps		

20개의 클러스터의 중심성과 밀도를 기준으로 2차원 평면 상에 배치하면 아래 <그림 24>의 분포도가 완성된다. 좌표 상의 상대적인 위치에 따라 다시 4등분할 수 있는데, high centrality-high density, high centrality-low density, low centrality-high density 그리고 low centrality-low density 구간으로 나누었다. 구간별로 정리한 <표 20>은 그에 따라 구간별로 구분된 클러스터들이다.

<표 3-13> Centrality, Density 상대적 크기에 따른 분포(2003~2007년)

	상대적 위치	Cluster 명: 기술명
1	High Centrality & High Density	Clus. A: Thrust bearing Clus. B: Roller thrust bearing Clus. C: Sensor arrangement Clus. D: Railway vehicle Clus. I: Linear motion guide
2	High Centrality & Low Density	Clus. J: Linear rolling bearing Clus. K: Bearings Clus. N: Magnetic sensor Clus. L: Linear motion guide device Clus. O: -
3	Low Centrality & High Density	Clus. E: Roller bearing Clus. F: Ball joint bearing Clus. G: Foil bearing Clus. H: Magnetic
4	Low Centrality & Low Density	Clus. M: Angular contact ball bearing Clus. Q: - Clus. P: - Clus. R: - Clus. S: - Clus. T: -



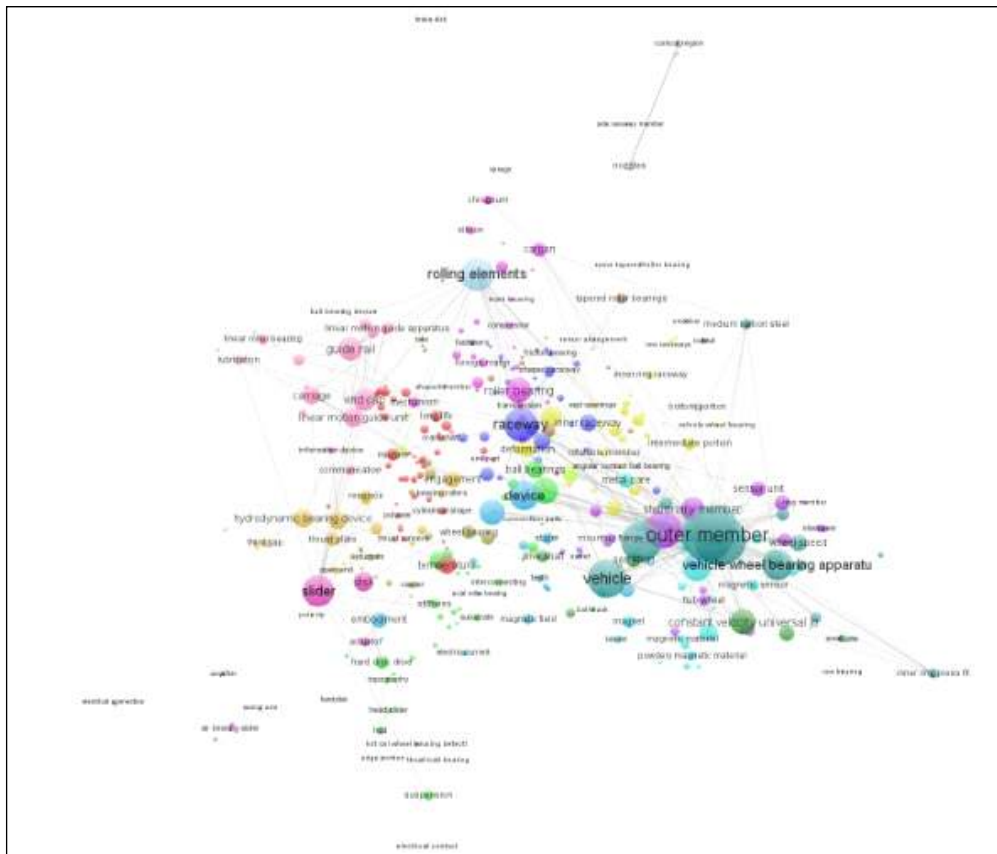
<그림 3-13> 특허 키워드 클러스터의 중심성, 밀도의 분포 (2003~2007)

Centrality는 클러스터 사이의 연결 정도를 나타내는 것으로 그 값이 높은 클러스터는 다른 클러스터와 연결이 많음을 나타낸다. 즉, centrality가 높은 클러스터는 그 분야에서 중심이 되는 주제라고 할 수 있다. Density는 클러스터 내의 키워드 사이의 연결정도를 나타낸다. density값이 높은 클러스터는 그 안의 키워드 사이의 연결(동시발생)이 빈번하며 이는 키워드에 해당하는 내용으로 연구개발이 활발하게 이루어지는 것으로 추정해볼 수 있다.

주요 부상이슈Ⅱ(2008~2012 년 등록특허)

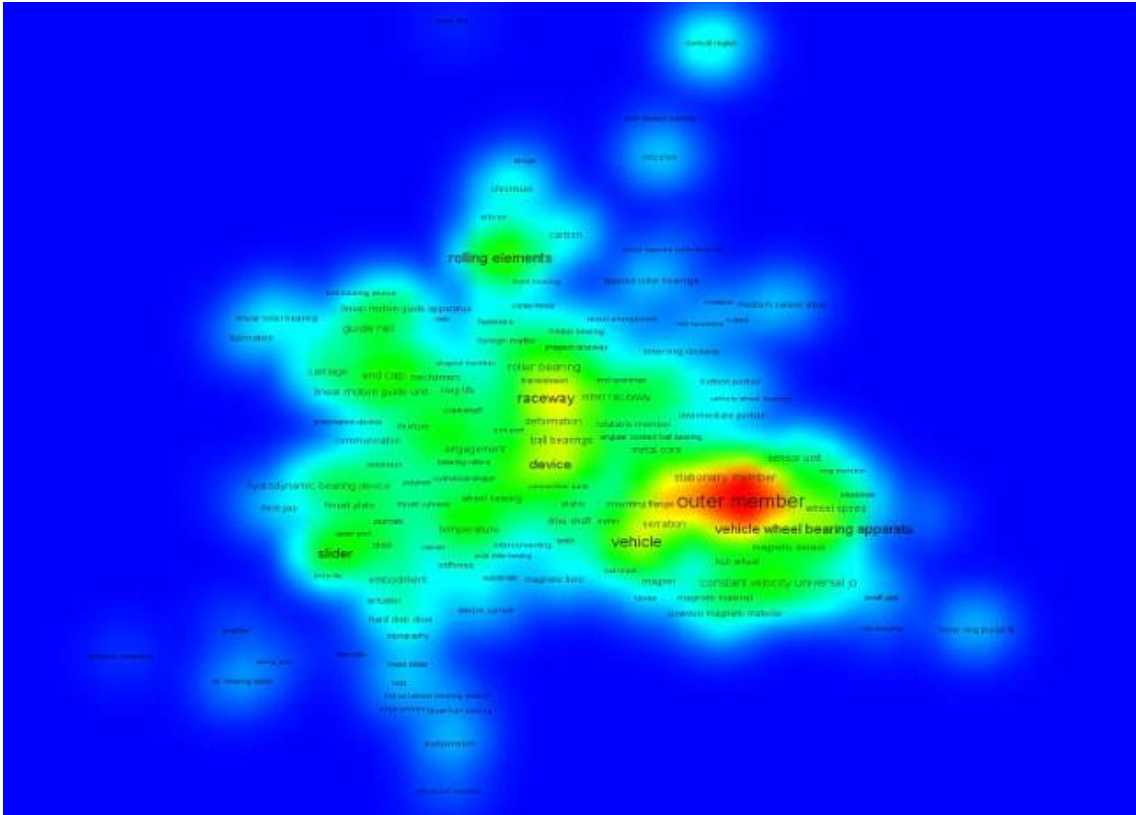
키워드 클러스터 및 주요 부상이슈

본 연구주제에서는 총 19개의 키워드 클러스터가 도출되었음. 각각의 키워드 클러스터는 인용패턴분석에서 언급한 바와 같이 밀도와 중심성 값을 갖으며, 그 결과를 아래와 같이 제시하였다.



<그림 3-14> 본주제 관련 키워드 분포맵(2008~2012년, Label view)

<그림 3-14>, <그림 3-15>은 키워드간 동시발생을 기준으로 연관도가 높은 키워드들을 2차원 평면에 분포한 후 클러스터로 묶어준 것이다. x, y축상의 좌표값은 무의미하며 노드(키워드)간의 상대적 거리를 통해 연관도를 반영하며, Label맵의 경우 동일한 노드의 색깔은 동일한 클러스터에 속하는 키워드이다, Density맵은 경우 네트워크 빈도의 집중 정도에 따라 색(Blue → Red)이 변한다.



<그림 3-15> 본주제 관련 키워드 분포맵(2008~2012년, Density view)

<표 3-14>는 본주제 관련 클러스터 분류를 정리함. 전체 19개 중 10개의 샘플 클러스터 (전체 클러스터 내용은 별첨 참조)로 정리되며 각 클러스터별로 '부상이슈명', 중심성, 밀도 그리고 키워드를 기술하고 있다.

<표 3-14> 특허 키워드 클러스터 분석(2008~2012)

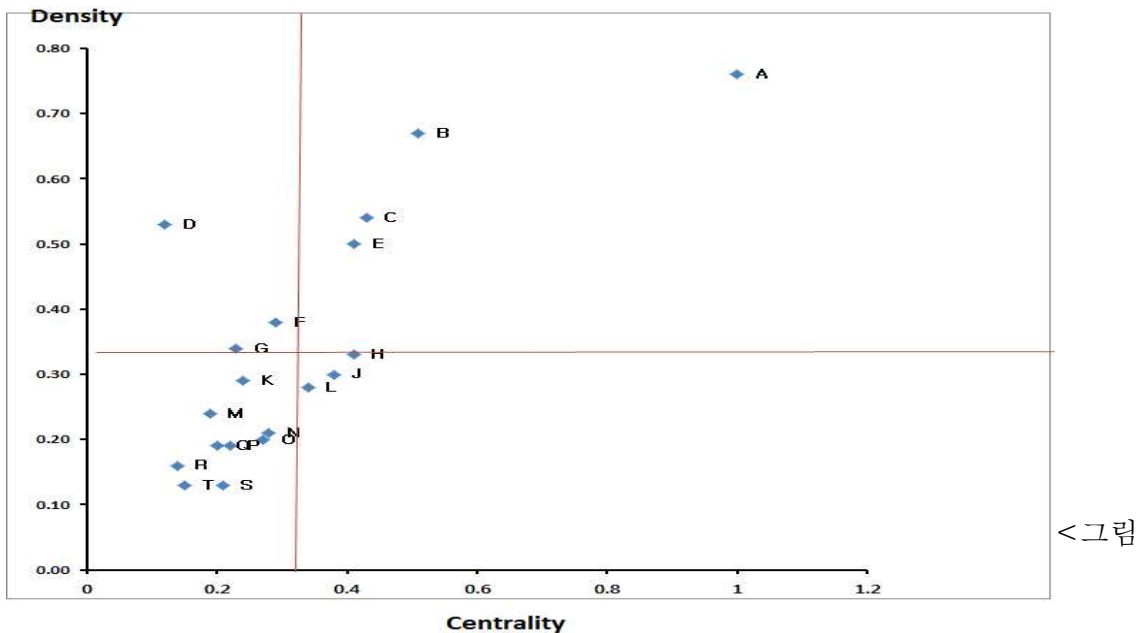
Cluster A	부상이슈명	중심성	밀도
	A : Vehicle, wheel hub	1	0.76
클러스터키워드	inner ring press fit;wheel speed sensor;vehicle;wheel hub;double row inner raceway;conical portions;outer member;wheel speed;medium carbon steel;sensor holder;steel plate;vehicle wheel bearing apparatus;inner member;double rows;double row outer raceway;encoder		
Cluster B	부상이슈명	중심성	밀도

	B : Vehicle wheel	0.51	0.67
클러스터키워드	strain sensor;stationary member;sensor;temperature sensor;ring member;vulcanization;sensor unit;elastomer;vehicle body fitting flange;vehicle wheel;load sensor		
Cluster C	부상이슈명	중심성	밀도
	C : Wheel bearing device	0.43	0.54
클러스터키워드	serration;small gap;injection molding;constant velocity universal joint;wheel bearing device;drive shaft;row bearing;ball track		
Cluster D	부상이슈명	중심성	밀도
	D : Fluid bearing	0.12	0.53
클러스터키워드	side raceway member;fixed housing;fluid pressure;conical region;high pressure rotary nozzle;nozzles;negative pressure;bottom portion;fluid bearing high pressure rotary nozzle		
Cluster E	부상이슈명	중심성	밀도
	E : Linear motion	0.41	0.50
클러스터키워드	respective raceways;linear motion;synthetic resin;capability;impregnation		
Cluster F	부상이슈명	중심성	밀도
	F : Wheel bearing	0.29	0.38
클러스터키워드	hub wheel;brake rotor;lock nut;wheel bearing assembly;mounting flange;sensor device;internal threads;car body;peripheral portion;bolts		
Cluster G	부상이슈명	중심성	밀도
	G : Linear motion guide	0.23	0.34
클러스터키워드	carriage;communication;lubrication;linear motion guide apparatus;linear roller bearing;retainer plate;linear motion guide unit;thrust needle bearing;slider slidably;end cap;sealed rolling bearing;valve;linear motion guide device;ball bearing device;head piece;guide rail;flexibility;linear rolling bearing		
Cluster H	부상이슈명	중심성	밀도
	H : Rolling elements	0.41	0.33
클러스터키워드	sensor arrangement;brake disk;rolling elements;sprags;bearing shaft;tungsten carbide		
Cluster J	부상이슈명	중심성	밀도
	J : Magnetic bearing	0.38	0.30
클러스터키워드	pole magnet;binder;magnetic sensor;vehicle body;powdery mixture;inner ring member;electric power;displacement sensor;rotation sensor;slinger;magnetic encoder;magnetic material;metal core;inner seal ring;rotation speeds;powdery magnetic material;status;rolling bearing assembly;wheel support bearing assembly;bearing retainer;voltage;entire		
Cluster K	부상이슈명	중심성	밀도
	K : Slider	0.34	0.28
클러스터키워드	slider;hard disk drive slider;recording medium;magnetic hard disk drive;magnetic thrust bearing;air bearing slider;electrical connection;disk;actuator;swing arm;disk interface;stainless steel;amplifier		

20개의 클러스터의 중심성과 밀도를 기준으로 2차원 평면 상에 배치하면 아래 그림 24의 분포도가 완성된다. 좌표 상의 상대적인 위치에 따라 다시 4등분할 수 있는데, high centrality-high density, high centrality-low density, low centrality-high density 그리고 low centrality-low density 구간으로 나누어 짐. 구간 별로 정리한 <표 3-15>은 그에 따라 구간별로 구분된 클러스터들이다.

<표 3-15> Centrality, Density 상대적 크기에 따른 분포(2008~2012년)

	상대적 위치	Cluster 명: 기술명
1	High Centrality & High Density	Clus. A: Vehicle, wheel hub Clus. B: Vehicle wheel Clus. C: Wheel bearing device Clus. E: Linear motion Clus. H: Rolling elements
2	High Centrality & Low Density	Clus. J: Magnetic bearing Clus. L: Magnetic bearing
3	Low Centrality & High Density	Clus. D: Fluid bearing Clus. F: Wheel bearing Clus. G: Linear motion guide
4	Low Centrality & Low Density	Clus. K: Slider Clus. M: Bearing rollers Clus. N: Vehicle wheel bearing Clus. O: Radial rolling bearing Clus. Q, Clus. P, Clus. R, Clus. T, Clus. S



<3-16> 특허 키워드 클러스터의 중심성, 밀도의 분포

Centrality는 클러스터 사이의 연결 정도를 나타내는 것으로 그 값이 높은 클러스터는 다른 클러스터와 연결이 많음을 나타낸다. 즉, centrality가 높은 클러스터는 그 분야에서 중심이 되는 주제라고 할 수 있다. 그리고 Density는 클러스터 내의 키워드 사이의 연결정도를 나타낸다. density 값이 높은 클러스터는 그 안의 키워드 사이의 연결(동시발생)이 빈번하며 이는 키워드에 해당하는 내용으로 연구개발이 활발 하게 이루어지는 것으로 추정해볼 수 있다.

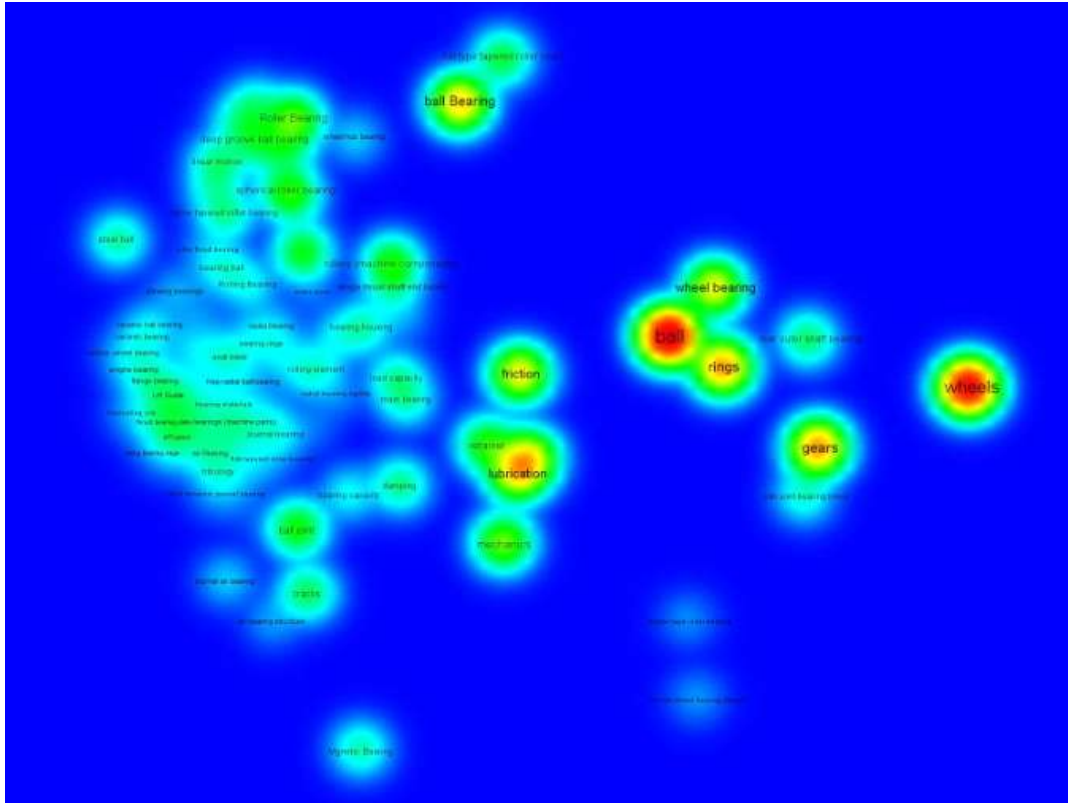
웹정보를 활용한 연구과제 도출

기존의 논문과 특허는 연구개발의 성과물에 초점을 두고 있기 때문에 시장 혹은 수요 측면의 관심에 대한 직접적인 관심 정도의 측정에는 한계가 있다. 인터넷에 등장하는 문서에는 기술적 문서이외에도 신문기사, 기업의 관심사, 시장조사분석 자료 등 기술과 수요를 아우르는 내용이 포함되어 있다. 구글 트렌드의 경우 인터넷 문서에 등장하는 특정 문서에 대한 시간에 따른 관심정도를 보여준다. 본 분석보고서에는 논문과 특허에서 수집된 키워드를 다시 정제하여 인터넷 문서향 키워드 집합을 선정함. 2개 이상의 키워드의 조합을 통해 인터넷 문서에서의 동시발생수를 검색하였다. 동시발생행렬을 생성한 후, 논문과 특허의 키워드 네트워크 분석 방법을 사용하며 아래의 과정을 따랐다.

- ① 텍스트들의 집합(corpus)에서 기술어(단어 또는 명사구)을 추출
- ② 이들 아이템들이 각 문서에 동시 출현(Co-occurrence)한 빈도를 계산
- ③ 이를 적절한 유사도지수(Inclusion, Proximity, Equivalence 등)를 통해 변형
- ④ 각 기술어(키워드) 간의 관계를 시각화하여, 키워드로 표상된 아이디어(또는 연구이슈)간의 연결 패턴을 분석

본 연구주제에서는 특허와 논문에서 선별된 키워드 중에서 중복을 제거한 후, 동의어 처리를 거쳤으며 중요도에 따라 총 170개의 키워드를 선정하였다. 최근 5년에 해당하는 2009년 ~ 2013년 현재까지의 모든 웹문서를 대상으로 170개의 키워드의 동시발생여부와 동시발생한 문서의 수를 검색한 후 이를 바탕으로 동시발생행렬을 생성 하였다. 동 키워드들은 문서 동시출현 빈도 및 유사도 지수 계산을 통하여 네트워크되며, 결과적으로 인용패턴 분석에서처럼 다수의 클러스터로 재편 하였다.

키워드 클러스터 및 주요 부상이슈



<그림 4-2> 본주제 관련 웹 키워드의 연관관계 분포맵(Density view)

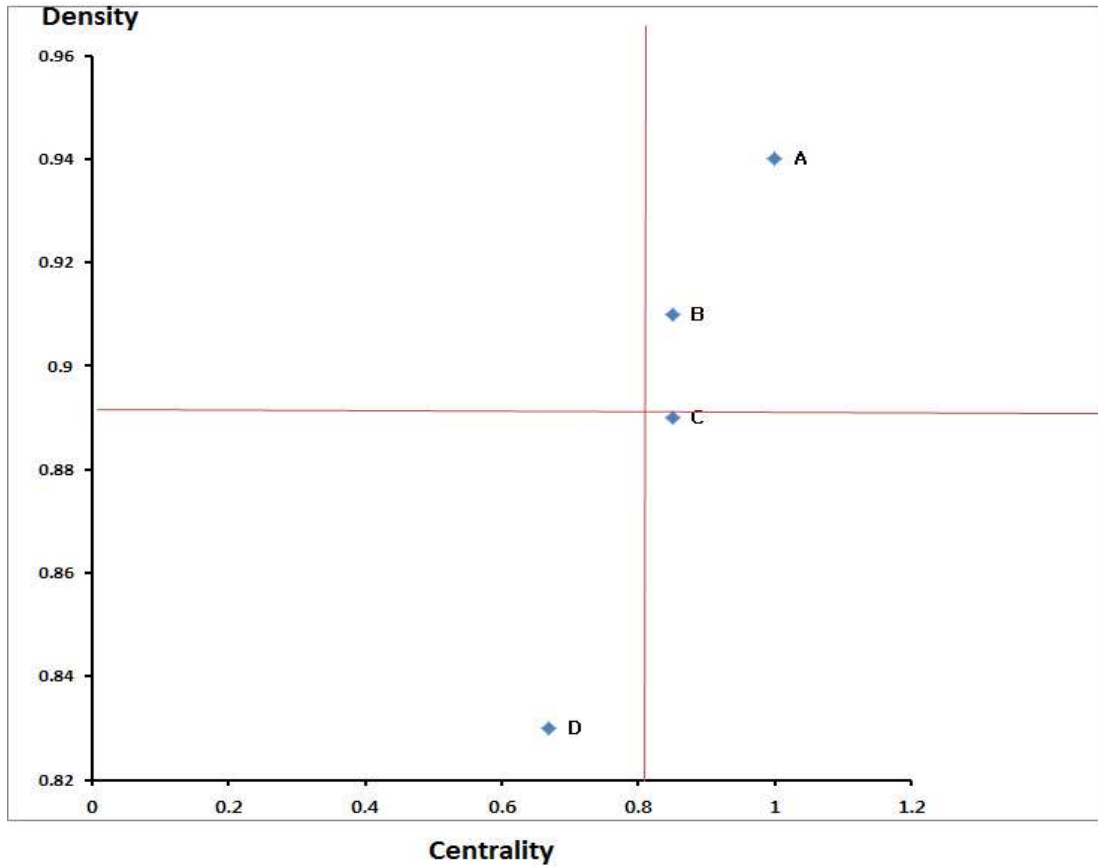
아래 <표 4-1>은 본주제 관련 클러스터 분류를 정리함. 모두 4개의 클러스터로 정리되며 각 클러스터별로 '부상이슈명', 중심성, 밀도 그리고 키워드를 기술하고 있다.

<표 4-1> 웹 정보 기반 클러스터 분석

Cluster A	부상이슈명	중심성	밀도
	A : Bearing	1	0.94
클러스터 키워드	ball size;tilting pad thrust bearing;thrust magnetic bearing;wheel bearing assembly;effusion;bearing materials;wheel bearing device;bearing stiffness;bearing elements;thrust bearing arrangement;single row deep groove radial ball bearing;lubricating oils;hydrodynamic lubrication;sealed rolling bearing;bearing bushing;rolling bearing vibration;journal bearing;air bearing structure;thrust bearing face;fluid dynamic journal bearing;tribology;bearing capacity;ceramic bearing;rolling bearing assembly;damping;linear ball bearing;ball diameter;bearings (structural);bearing ball;bearing loads;thrust bearing plate;wheel bearing unit;spindle bearing system;rolling bearing device;roller thrust bearing;MHD bearing;ball bearing fault diagnosis;bearing rollers;crankshaft thrust bearing;flange bearing;air lubrication;engine bearing;fluid films;vehicle wheel bearing;ceramic ball bearing;nonmetallic bearings;rotating speed;bearing designs;outer races;angular contact bearing;hydrodynamic journal bearing;scroll thrust bearing;hybrid magnetic bearing;bearing tests;magnetic bearing;radial		

	bearing clearance;air bearing systems;ball bearing cage;thrust bearing clearance;ceramic materials;inner seal ring;wheel bearing arrangement;single ball bearings;Hydrodynamic Bearing;inner ball bearing;compliant foil thrust bearing;compliant foil fluid film thrust bearing;split roller bearing cage;aerostatic bearings;linear roller bearing;slewing bearings;air journal bearing;steel ball;oil film bearing;bearing rotor system;bearing steels;hydrodynamic thrust bearing;radial Bearing;first tapered roller bearing;rolling element bearing;air Bearing;foil thrust bearing;oiless bearing;thrust needle bearing;pivot bearing;hydrostatic bearings;bearings (machine parts);rolling element;spindle systems;suspension thrust bearing;bearing rings;foil bearing;ball joint;ball bearing assembly;magnetic thrust bearing;air foil bearing;axial roller bearing;journal air bearing;bearing temperature;outer ball bearing;radial bearing rigidity;LM Guide;fluid dynamic thrust bearing;bearing housing;bearing systems;hydrodynamic fluid bearing;bearing life;metal bearing;radial roller bearing;radial magnetic bearing;angular ball bearing;thrust dynamic pressure bearing;axial loads;axial thrust bearing;sliding Bearing;free radial ball bearing;roller bearing cage;rolling bearing cage;inner rings;thrust Bearing;bearing shaft;turbomachine roller bearing;row bearing;bearing journals;aerostatic thrust bearing;lubricating greases;hydrodynamic plain bearing;magnetic bearing systems;ball bearing retainer;cracks;air bearing slider;hydrostatic thrust bearings;roller bearing rings;effusion cell;ball bearing device;Rolling Bearing;air bearing surface		
Cluster B	부상이슈명	중심성	밀도
	B : Main Bearing	0.85	0.91
클러스터 키워드	main bearing;ball joint bearing block;wheel bearing;wheels;retainer;mechanics;vibration;tiltable tape roller bearing;friction;rings;gears;rear outer shaft bearing		
Cluster C	부상이슈명	중심성	밀도
	C : Ball Bearing	0.85	0.89
클러스터 키워드	ball Bearing;wheel hub bearing;linear motion;tapered roller bearings;spherical roller bearing;thrust ball bearing;rollers (machine components);same tapered roller bearing;linear bearings;needle roller bearing;cylinder roller bearing;load capacity;full type tapered roller bearing;Roller Bearing;deep groove ball bearing		
Cluster D	부상이슈명	중심성	밀도
	D : Magnetic Bearing	0.67	0.83
클러스터 키워드	ball;Mgnetic Bearing;lubrication;hot rail wheel bearing detection system		

4개의 클러스터의 중심성과 밀도를 기준으로 2차원 평면 상에 배치하면 아래 <그림 4-3>의 분포도가 완성된다. 좌표 상의 상대적인 위치에 따라 다시 4등분할 수 있는데, high centrality-high density, high centrality-low density, low centrality-high density 그리고 low centrality-low density 구간으로 나누어 진다. 구간 별로 정리한 <표 4-2>은 그에 따라 구간별로 구분된 클러스터들이다.



<그림 4-3> 웹정보 기반의 본주제 관련 클러스터의 중심성, 밀도의 분포

<표 4-2> 웹정보 기반 클러스터의 Centrality, Density 상대적 크기에 따른 분포

	상대적 위치	Cluster 명: 기술명
1	High Centrality & High Density	Clus. A: Bearing Clus. B: Main bearing
2	High Centrality & Low Density	Clus. C: Ball bearing
3	Low Centrality & High Density	-:
4	Low Centrality & Low Density	Clus. D: Magnetic bearing

종합분석

증거기반의 정량분석 기법인 논문, 특히, 웹 키워드 클러스터 분석은 정성분석에 비해 시간과 비용을 절약 할 수 있고, 방대한 양의 축적 데이터와 과학적인 분석 방법론을 통해 객관성을 확보할 수 있는 장점이 있다. 이와 같은 정량분석 방법론을 활용하여 논문, 특히 웹트렌드 분석을 통합하는 모델을 시도해 보았으며, 이를 통해 연구단계에서의 부상연구영역, 실용화 단계에서의 부상연구영역, 사회적 관심도가 큰 부상이슈등을 다음과 같이 도출하였다. 이와 같은 결과들이 연구자에게는 새로운 연구과제에 대한 아이디어를, 기업에게는 새로운 사업아이템에 대한 기술기회를 제공해 줄 것으로 기대한다.

<표 5-1> 차세대 베어링 및 장비/소재 개발 기술 관련 부상이슈(종합)

구분		클러스터명
R&D 단계의 부상영연구영역	밀도 관점	1. Tribology, Friction_19 2. Bearings (machine parts)_3 3. Ball bearings_15 4. Magnetic bearings_45 5. Seismic isolation bearing_23 6. Bearings_108 7. Magnetic bearing_87 8. Rolling bearings_46 9. Bearing fault diagnosis_29 10. Magnetic bearings_60
	중심성 관점	1. Diagnostics of rolling element bearings_36 2. Rolling bearing fault diagnosis_30 3. Thrust bearing_33 4. Hydrodynamic journal bearing_39 5. Fault diagnosis of rolling bearing_20 6. Rolling bearing fault diagnosis_1 7. Fault diagnosis of rolling element bearings_44 8. Bearings (machine parts)_9 9. Rolling element bearing fault diagnosis_6 10. Ball bearings_4
	평균 연도 관점	1. Fault diagnosis of rolling bearings_83 2. Bearings (machine parts)_65 3. Fault diagnosis of rolling-element bearings_116 4. Tribology, Friction_19 5. Rolling bearings_103 6. Lubrication, friction_128 7. Rolling bearing fault diagnosis_77 8. Magnetic bearings_45 9. Friction, lubrication_63 10. Bearings (machine parts)_3
R&D 단계의 부상이슈	-	1. Ball bearing(Clus. E) 2. Magnetic bearing(Clus. B) 3. Rolling element bearing analysis(Clus. C) 4. Tribology, friction(Clus. D) 5. Roller bearing 6. Lubrication 7. Air Bearing

실용화 단계의 부상연구이슈	2000년 초반	<ol style="list-style-type: none"> 1. Linear rolling bearing 2. Magnetic sensor 3. Linear motion guide(device) 4. Thrust bearing 5. Roller thrust bearing 6. Sensor arrangement 7. Railway vehicle 8. Angular contact ball bearing
	2000년 후반	<ol style="list-style-type: none"> 1. Magnetic bearing 2. Vehicle, wheel hub 3. Vehicle wheel 4. Wheel bearing(device) 5. Linear motion 6. Rolling elements 7. Slider 8. Bearing rollers 9. Vehicle wheel bearing 10. Radial rolling bearing
사회적으로 관심을 끄는 부상연구이슈		<ol style="list-style-type: none"> 1. Ball bearing 2. Main bearing 3. Magnetic bearing

참고문헌

- 김창제, 진문영, 권혁일, 김춘영, 편영식, 이영제, 양현모 등, 2013년 과제발굴연구회사업 사업계획서, 2013, 한국베어링공업협회
- Georghiou, L. (2008). *The handbook of technology foresight: concepts and practice*: Edward Elgar Publishing.
- 윤문섭 외(2004), 「국가연구개발의 전략기획을 위한 새로운 연구기획방법론 개발 : 로드맵(TRM)과 지식맵(KM)의 통합적 접근」, 과학기술정책연구원.
- Porter, A.(2004), "Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods", *Technological Forecasting & Social Change*, 71, 287-303.
- Yoon, B. and Park, Y.(2005), "A systematic approach for identifying technology opportunities: Keyword-based morphology analysis", *Technological Forecasting & Social Change*, 72, 145-160.
- 윤병운(2005), 특허 분석을 통한 기술 지식의 관리와 신기술 개발 방법론, 공학박사학위논문, 서울대학교.
- NISTEP(2003), 「科學技術の中長期發展に係る俯瞰圖的 豫測調査, 急速に發展しつつある研究領域調査」, 2003年 調査報告書, NO.82.
- 김소영, 이재민, 여운동, 고병열. (2013). "빅데이터 정보분석을 통한 연구개발 이슈 및 부상 연구분야 도출" 「2013 한국기술혁신학회 추계학술발표회」
- 김희철, 여운동, 김소영, 고병열. (2014). "논문, 특허, 웹 Cluster 분석의 통합을 통한 부상영역 도출 model 제안", 「2014 한국기술혁신학회 추계학술발표회」.
- 양혜영(2012), 빅데이터를 활용한 기술기획 방법론, Issue Paper, KISTEP, 2012.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538.
- Kostoff, R.N.(1998), "Database Tomography for Technical Intelligence: A Roadmap of the Near-Earth Space Science and Technology Literatur,." *Information Processing and Management*, 34(1), 69-85.