

## 연구기획 사전타당성 분석을 위한 과학기술 지식맵 개발 Science and Technology Knowledge Map for Ex-ante Evaluation

이우형 · 김윤명 · 손성혁 · 윤문섭  
과학기술정책연구원 기술경제팀

Woo Hyoung Lee · Yun Myung Kim · Sung Hyuk Son · Moon Seob Youn  
Techno-Economics team, STEPI

### Abstract

In the highly competitive world, there has been a concomitant increase in the need for the research and planning methodology, which can perform an advanced assessment of technological opportunities and an early perception of threats and possibilities of the emerging technology according to the nation's economic and social status.

the purpose of this research is to suggest schematized change aspects and new research directions hidden in bibliographical phenomenon of a paper in the science and technology field to science and technology researchers and policy planners. For this, the field this paper researches is the next generation OLED field. Thereason to choose this field is due to the importance of the next generation OLED, and wide scope connected by various fields. Besides, to measure application and technological fields by using bibliographical method and technology is as important as in a basic research field.

### 1. 서론

오늘날 세계는 자본과 노동이 가장 중요한 투입 요소이던 시대를 지나 기술과 지식이 가장 중요한 핵심요소인 지식기반경제로 급속하게 이행하고 있다. 지식기반경제로의 이행을 촉진시키는 직접적인 주요 동인이 과학기술진보이며 지식의 핵심적인 구성 요소가 과학기술 지식이라고 할 수 있다. 이에 대응하기 위해 정부는 새로운 성장 동력의 창출 및 신산업 육성을 위한 기술 개발 계획을 추진하고 있다.

신기술에 대한 투자가 대폭 확대되고 있으나 신기술 개발은 불확실성으로 인한 실패 위험이 크기 때문에 본격적인 투자가 시작되기 이전인 연구기획단계에서부터 기술적·경제적 타당성을 지속적으로 분석할 수 있는 방안이 강구될 필요

가 있다. 선진국에 있어서도 1990년대 중반 이후부터 신기술에 대한 연구평가는 사후(ex-post)평가 중심에서 신기술을 조기에 탐색하고 유망한 기술기회를 분석을 위한 사전(ex-ante)타당성 평가중심으로 전환되고 있다.

신기술은 전문화와 융합화가 동시에 진행되고 있기 때문에 해당 기술에 적합한 전문가를 찾기도 어려울 뿐 아니라 연구기획에 참여할 충분한 전문가 동원에도 한계가 있다. 선진국에 있어서도 신기술의 사전 타당성 평가에 있어서 과거에는 전통적인 전문가 회의방법에 주로 의존하였으나, 1990년대 이후 Bibliometrics, Technometric, IMPACT분석, TRM(Technology road map), Text mining 등 대량의 과학기술 데이터에 근거하여 보다 객관적인 의사결정을 하는 새로운 방법이 개발됨에 따라 점차 연구기획·평가에 활용하는 사례가 증가하고 있다. 따라서 규모가 크게 증대되고 있는 신기술 분야국가연구개발사업의 효율적 관리를 위해 전문가 회의 방식을 보완할 수 있고 전통적인 경제성 분석 방법을 대체할 수 있는 새로운 접근 방법에 대한 검토와 적용 방안을 마련할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 불확실성이 가장 높은 연구 기획단계에서 사전 타당성 분석에 적합한 Text mining과 KDD(Knowledge discovery in database)방법을 기반으로 Bibliometrics, Technometrics, Information visualization 등의 기법을 통합하여 연구기획의 사전 타당성 분석에 활용될 수 있는 새로운 분석 방법을 개발하는 것이다. 신기술과 같이 불확실성이 큰 미래를 유추하기 위해서 가능한 한 대량의 과학기술정보 뿐만 아니라 시장정보도 결합시켜 분석할 수 있는 방법을 고려했다. 가능한 한 정량적인 접근 방법을 채택하고 신기술의 구조, 관계 및 변화 양상을 도식화(Mapping)와 정량적 지표(S&T indicators)로 표현할 수 방안을 찾고자 하였다. 이를 차세대 성장동력산업의 핵심 기술로 선정된 OLED 사례에 적용하여 유용성을 검토하였다.

## 2. 연구방법

주요 분석 대상 정보는 SCI 논문 DB, 미국 특허 DB, 미국 정부보고서 DB, KISTEP 국가연구개발사업 DB 등 이다.

사례분석에 있어서 작성한 도식화는 다음의 세 가지 Mapping으로 요약될 수 있다. 1) Domain map : Global community에서 수행하는 S&T의 내용과 주제의 포트폴리오는 어떻게 구성되어 있고, 최근에 급격하게 증가한 기술분야(Explosion analysis)와 새롭게 떠오르는 기술분야(Just emerging), 상대적으로 쇠퇴하는 분야는 무엇인가? 2) Author map/Institute map: 특정한 과학기술 주제에 대해 누가 어디서 수행하고 있으며 기술 협력의 기회는 무엇인가? 3) Country map : Global S&T와 해당 국가간의 Gap은 무엇인가? 이러한 분석 내용들은 연구기획의 타당성 분석 및 연구주체의 선정평가에 관련하여 활용될 수 있을 뿐만 아니라 질이 높은 TRM의 작성에도 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

## 3. 결과

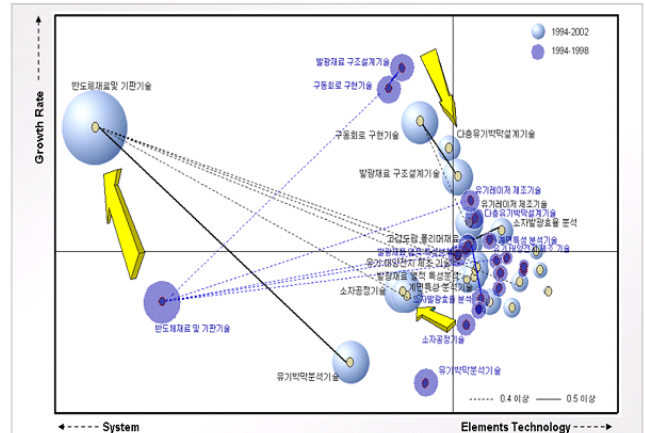
### 3.1 OLED 관련 도메인 맵(Knowledge Map)의 시간적 변화

OLED 관련 연구분야의 Domain Map을 기술적 도입기 및 성장기인 1994~998년도와 성숙기를 포함한 1994~2002년도 두 개의 시기로 나누어 비교 분석한 결과 OLED 분야는 크게 시스템 연구분야와 요소 연구분야로 나눌 수 있는데 시스템 연구분야는 관련 기술을 모두 포함하고 있는 통합적 연구분야이고 요소 연구분야는 공정기술, 설계기술 및 분석기술 등의 특화된 연구분야를 의미하는 것이다.

[그림 1]의 결과에 의하면 1994~1998년의 기간에는 반도체재료 및 기판기술에 대한 연구분야의 성장률이 매우 낮고 다른 연구분야와의 연관관정도 매우 낮았으며 요소 연구분야 부분도 각각의 연구분야가 특성화 되지 않고 혼재된 구조를 보이고 있는 것으로 나타났다. 1990년대 후반부터 2002년까지는 연구분야구조 측면에서 1994~1998년도와 비교하여 불 때 반도체 재료 및 기판기술, 구동회로 구현기술, 소자 공정분야 등 응용 연구분야의 성장이 두드러진 반면에 발광재료 구조설계 연구분야 등 기초 연구분야의 성장률은 감소한 것으로 나타났다.

특히 반도체 재료 및 기판기술 연구분야는 OLED 관련 모든 연구분야와 강한 연관관계를 맺으며 중심적인 역할을 하고 있는 것으로 나타났다. 이는 세계적으로 우수한 반도체 기술을 보유하고 있는 우리나라로서는 OLED 연구분야

의 기술경쟁력에 있어서도 매우 유리한 위치 있는 것으로 판단된다.



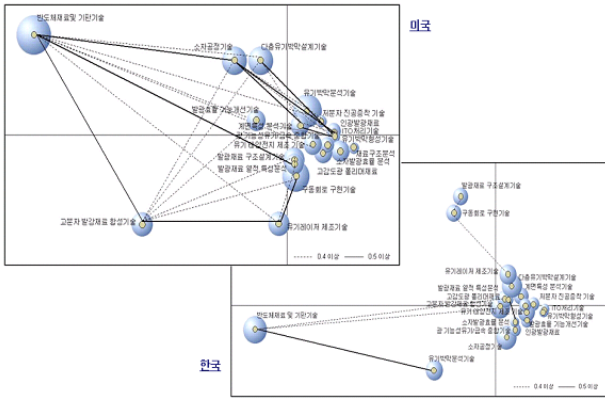
[그림 1] OLED 관련 연구분야의 시간에 따른 변화('94~98과 '94~02)

### 3.2 한국과 선진국 간 OLED 관련 연구분야 포트폴리오의 차이

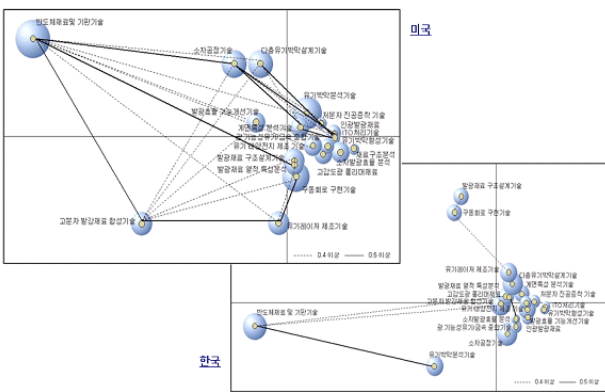
우리나라와 선진국(미국)의 OLED 연구분야 Domain Map을 비교하여 붉은색으로 각국의 OLED 관련 연구분야의 구조와 상관관계가 어떠한 차이를 보이고 있으며 우리나라가 강한 연구분야와 취약한 연구분야를 파악하고 OLED 연구분야에서 전략적으로 추진해야 할 연구분야의 도출을 위한 기반을 세우고자 하였으며 그 결과를 [그림 2]에 나타내었다.

미국의 경우 반도체 재료 및 기판기술과 소자 공정기술 등 응용분야의 연구가 활발히 진행되고 다양한 특성분석 기술을 보유하고 있으며 연구분야 간 상호연관성이 높고 각 연구분야의 특성화도 잘 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 우리나라의 경우에는 응용분야의 연구가 미약한 것으로 나타났으며 각 연구분야 간 상호연관성도 매우 적고 각 연구분야의 특성화가 잘 이루어지지 않고 있는 것으로 나타났다.

또한 [그림 3]의 결과에 의하면 우리나라의 전체적인 연구분야 구조는 1994~1998년 기간의 세계의 연구분야 구조와 매우 유사한 것으로 나타났다. 이는 우리나라의 OLED 관련 연구가 선진국에 비해 4년 정도의 격차를 보이고 있음을 의미하는 것으로 OLED 관련 핵심연구 분야 및 분야간 협력체계의 설정의 선진화가 시급한 것으로 판단된다.



[그림 2] OLED 관련 국가간 연구분야 포트폴리오의 차이 (한국 vs. 미국)



[그림 3] 우리나라 OLED 관련 연구분야 포트폴리오의 구조와 상호연관성의 문제점

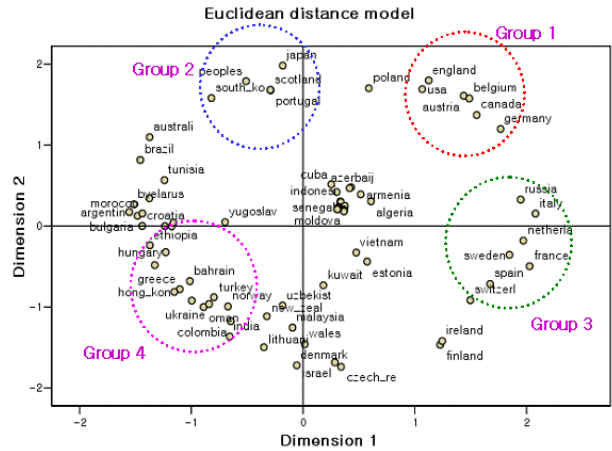
### 3.3 OLED 관련 국제협력 현황

OLED 관련 국제협력 관계를 다차원축적지도(MDS)로 분석한 결과, OLED 관련 국가는 모두 네 개의 영역으로 분류되고 있는 것으로 나타났다.

[그림 4]의 결과에서 알 수 있듯이 제1영역(그룹 1)에 속한 국가군은 발표논문 수가 다수이면서 국제협력 부분에서도 활발한 활동을 보이는 국가들로 미국, 영국, 독일, 캐나다, 벨기에, 오스트리아 등이 속해 있고 제 2 영역 (그룹 2)에 속한 우리나라, 일본, 중국 등의 국가군은 발표논문 수는 지만 국제협력의 강도가 다른 국가에 비해 상대적으로 낮은 특징을 보였다.

제 4 영역(그룹 4)에 속한 러시아, 이탈리아, 스웨덴, 프랑스 등은 활발한 국제협력을 보이고 있는 국가들로 구성되어 있는데 이들 국가들은 1, 2 그룹의 국가들에 비해 전체 발표논문 수는 적지만 공동연구 국가 수와 공동저술 논문 수 비율에서는 2 영역의 국가들에 비해 높은 양상을 보이고 있는 것으로 나타났다.

International Corporation MDS Map



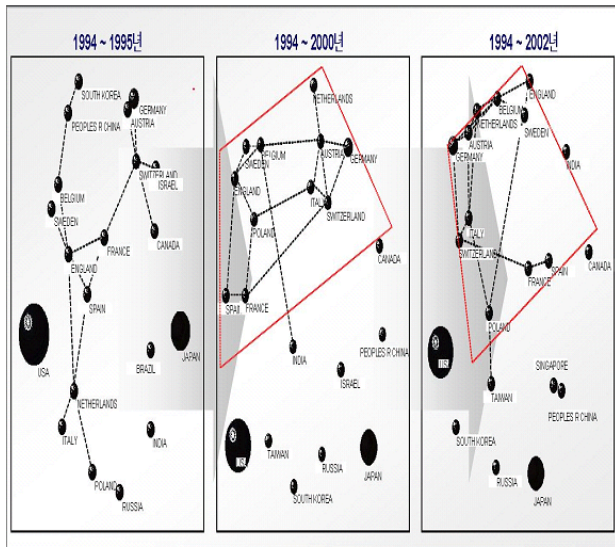
[그림 4] OLED 관련 국제협력 맵

### 3.4 OLED 관련 국제협력체계의 시기별 변화

OLED 관련 상위 20개 국가들의 국제협력체계 변화를 기술적 도입기(1994~1995년), 성장기(1994년~2000년), 성숙기(1994년~2002년)의 세 개의 시기로 나누어 분석하였다.

[그림 5]에서 알 수 있듯이 도입기인 1994~1995년에는 미국과 일본의 독점체제가 형성되어 있고 유럽을 비롯한 그 외의 국가간 협력체계는 아직 강하게 형성되고 있지 않으며 우리나라는 국제협력체계를 거의 이루고 있지 않는 것으로 나타났다. 기술적 성장기인 1994~2000년 시기에는 미국과 일본의 양극체제에서 유럽 국가간 협력체계의 강화로 인한 3극체제가 형성되기 시작하였으며 또한 대만과 같은 개발도상국들이 유럽과의 국제협력체계를 이루려 노력하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 우리나라의 경우에는 국가간 국제협력 현황이 더욱 악화된 것으로 나타났다.

성숙기인 1994~2002년에 이르러서는 유럽국가간 협력체계가 더욱 더 강해져 3극체제가 더욱 공고히 형성되고 있는 반면 미국과 일본의 비중이 상대적으로 점점 작아지고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 대만이나 인디아 등의 개발도상국들이 미국과 일본보다는 유럽과의 국제협력을 형성하고 있는 것으로 나타났는데 이는 우리나라의 향후 국제협력에 대한 전략의 설정에 있어 매우 중요한 모델이 될 것으로 판단된다.



[그림 5] OLED 관련 국가들의 국가협력체계의 변화

### 3.5 OLED 관련 기관 간 협력체계의 변화

OLED 관련 상위 20개 기관간의 협력체계를 기술적 도입기(1994~1995년)와 성숙기(1994년~2002년)의 두 개의 시기로 나누어 분석하였다.

기술 도입기인 1994~1995년의 시기에는 미국 연구기관들이 공동연구의 핵심을 이루고 있는 것으로 나타났으며 상위그룹을 형성하는 기관들의 구성도 학교와 기업, 연구소가 고르게 분포되어 있었으며 기술적인 성숙기에 들어서는 미국 기관 중심의 연구체계에서 벗어나 유럽의 기관들이 공동연구의 중심을 이루고 있는 것으로 나타났다.

또한 도입기에는 상위기관으로 출현하지 않았던 아시아 국가에 속한 기관들이 상위기관에 속하고 있지만 이 기관들의 국제협력에 의한 공동연구는 매우 저조하였다.

## 4. 결론

본 연구에서 개발한 지식맵은 신기술의 사전 타당성 평가에 매우 유용한 정보와 객관적인 근거를 제공할 수 있었으며, 현재의 전문가 회의 (Peer review) 방식과 지식맵 방식을 통합하는 형태의 새로운 사전 조정 방식은 매우 유용할 것으로 판단된다.

지식맵은 빠르게 변화하는 국내외 기술환경과 관련된 다양한 변수에 관한 객관적 근거를 제공할 수 있다. 또한 지식맵은 신기술의 복잡한 기술 구조와 연관도를 용이하게 파악함으로써 전문가의 이해 및 해석 능력을 크게 증대시킬 수 있다.

기술융합이 가속화되고 있는 신기술 분야의 평가에 있어서 이(異)분야 전문가간 의사소통을 원활하게 해주며 광범위한 이해관계자들(정책, 경제, 경영, 일반인 등)이 참여하는 사용자 평가 (Merit evaluation)를 가능하게 한다.

지식맵 작성 과정을 전산화하여 신속하게 제공한다면 단기간내에 많은 과제를 평가해야 하는 예산 사전조정 심의에 유효할 것이다. 일단 한번 작성된 지식맵에 대해 추가적인 Update를 통해 해당기술의 지속적인 변화를 추적할 수 있기 때문에 다년도 과제에의 중간평가, 성과평가에도 재차 활용할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- Callon, M., Courtial, J.P., Turner, W.A., and Bauin, S. (1983), "From translations to problematic networks- and introduction to co-word analysis," *Social Science Information Sur Les Sciences Sociales*, 22(2), pp. 191-235.
- Chen, C. (1988), "Bridging the gap: the use of Pathfinder networks in visual navigation," *Journal of Visual Languages and Computing*, 9(3), pp. 267-86.
- Ding, Y., G. Gobinada, G. Chowdhury, S. Foo (2001), "Incorporating the results of co-word analyses to increase search variety for information retrieval", *Journal of Information Science*, 26(6), pp. 429-452
- Garfield, E. (1979), *Citation Indexing : Its Theory and Application in Science, Technology and Humanities*, New York : John Wiley & Sons.
- Kostoff, R.N. (1993), "Database Tomography for Technical Intelligence," *Competitive Intelligence Review*, 4(1).
- Kuhn, T.S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago. IL: University of Chicago Press.
- Noyons, E.C.M, and Raan, A.F.J., van (1998), "Monitoring scientific developments from a dynamic perspective: self-organized structuring to map neural network research," *Journal of the American Society for Information Science*, 49(1), pp.68-81.
- Small, H. (1973), "Cocitation in the Scientific Literature : A New Measure of the Relationship Between Two Documents," *Journal of the American Society for Information Science*, 24, pp. 265-269.
- \_\_\_\_\_ (1977), "A co-citation model of a scientific specialty: a longitudinal study of collagen research," *Social Studies of Science*, 7, pp. 139-66.