

## 과학계량학적 정보분석을 통한 LED 및 광분야 유망기술 탐색에 관한 연구

장시영<sup>1</sup>, 이병철<sup>2</sup>, 김운배<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>한국산업기술진흥원, <sup>2</sup>농업기술실용화재단, <sup>3</sup>성균관대학교 기술경영학과

### A Study on the Emerging Technology Detection in the Field of LED Using Scientometrics

Si-Young Chang<sup>1</sup>, Byoung-Chul Lee<sup>2</sup> and Yun-Bae Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>The Korea Institute for Advancement of Technology

<sup>2</sup>Foundation of Agri. Tech. Commercialization & Transfer

<sup>3</sup>Department of Management of Technology, Syungkyunkwan University

**요 약** 본 연구는 과학계량학(scientometrics)을 활용하여 LED 및 광분야의 유망기술을 탐색하였다. 우선 Web of Science의 SCIE 논문 및 미국특허청(USTPO) 특허를 수집하여 키워드를 추출하였다. 추출된 키워드를 클렌징 과정을 통해 표준화하고, 동시단어 분석을 사용하여 LED 및 광분야의 논문과 특허 서지사항에 나타나는 정보간의 연합강도(association strength)를 측정함으로써 기술의 패턴 및 경향을 밝혀내었다. 그리고 LED 및 광분야의 역동적인 변화를 추적하기 위하여 전략적 다이어그램을 도출하였다. 이를 통해 LED 및 광분야의 미래 유망연구영역 및 기술도출의 객관적인 방법으로서 과학계량학의 가능성을 보여준다.

**Abstract** The aim of this research is to map the intellectual structure of the field of LED and optics during the period of 2000-2009. We utilize the scientometric tool of co-word analysis to reveal patterns and trends in the LED and optics field by measuring the association strengths of keywords (or IPCs). Data were collected from Science Citation Index Expanded (SCIE) and United States Patent and Trademark Office (USTPO) for the period of 2000-2009. Keywords were extracted from abstracts and further standardized using thesaurus. In order to trace the dynamic changes of the LED and optics field, the whole 10-year period was separated into two consecutive periods: 2000-2004 and 2005-2009. The results show that the LED and optics field has some established research themes and it also changes to embrace new themes.

**Key Words** : Scientometrics, Co-Word Analysis, Emerging Technology, LED and Optics

### 1. 서 론

일반적으로 과학기술의 동향분석과 미래기술예측, R&D사업 기획 방법이 전문가의 직관적 판단과 분석에 의존하여 왔지만, 전문가 직관력의 불확실성, 부정적인 편견 등을 초래할 가능성이 높다[9]. 전문가 평가는 비기술적인 문제들에 대해 동료 과학자들의 편견, 동료들을 보호하려는 경향, 심사자마다 다른 평가 기준의 문제점들이 발생하기 때문이다[8]. 이러한 전문가 평가 방식의 문

제점을 보완하면서 과학기술의 방대한 정보를 체계적이고 정량적으로 분석하여 평가의 신뢰성을 제고할 수 있는 과학계량학(Scientometrics)이 활발히 연구되고 있다 [3]. 과학계량학은 몇몇 문헌에서 'Scientometrics', 'Bibliometrics', 'Informetrics' 등을 완전한 동의어로 간주하기도 하고, 우리나라에서도 정확한 해석이 부재하여 계량서지학, 정보분석학 등의 용어로 혼용되기도 한다.

본 연구에서는 과학계량학(Scientometrics)을 활용하여 LED 및 광기술의 기술 및 산업동향과 유망기술을 분석

\*교신저자 : 김운배(kimyb@skku.edu)

접수일 10년 11월 04일

수정일 11년 03월 09일

게재확정일 11년 03월 10일

했다. LED 및 광기술은 타 산업과 기술적·산업적 연관성이 크고 타 산업에의 활용가능 범위가 광대하여 커다란 잠재력을 지닌 것으로 평가되는 산업군이다. LED 및 광기술 분야의 유망기술 탐색은 Web of Science에서 제공하는 SCIE 논문과 미국 특허청(USPTO)에 출원된 특허를 활용하고 각 분류에 해당하는 검색용 키워드를 조사하였다. 검색된 논문과 특허 데이터는 한국산업기술진흥원이 자체 개발한 정보분석 소프트웨어인 RADERSTM를 활용하였다. 그리고 논문 키워드와 저자의 소속기관, 특허 출원인에 대해서는 키워드 정제(keyword cleansing) 작업이 수행되었다. 본문에서 새로이 등장하여 주목받는 기술을 유망기술로 정의하고, 논문과 특허 데이터에서 추출한 키워드 및 IPC의 출원건수로 ‘성장률’을 계산하여 전략적 다이어그램을 작성하여 유망기술 탐색결과를 제시하였다.

## 2. 이론고찰

### 2.1 과학계량학의 정의

정보분석은 “과학기술 성과로 대표되는 논문과 특허 데이터를 계량 분석하여 정보를 찾아내고 더불어 컴퓨터 모델링을 통하여 전혀 새로운 지식을 도출해내는 분석방법”이다. 정보분석의 유래는 1950년대에 Eugene Garfield가 계량적 정보분석의 원천이 되는 데이터를 다루는 Science Citation Index를 만들면서 과학기술을 분석하는 개념적 도구로 발전하게 되었고, 이를 통해 Bibliometrics, Informetrics, Webmetrics 등과 같이 다양하게 알려져 있는 여러 정보분석 분야의 기초를 형성하였다[4].

‘Bibliometrics’이라는 용어는 Pritchard(1969)에 의해 최초로 명명되었는데, 그는 이것을 “논문, 책, 보고서 등이 포함된 명시화된 지식을 대상으로 수학적, 통계적 방법을 적용하는 것”이라고 정의했다. Diodato(1994)는 ‘Bibliometrics’는 “출판물과 문서를 이용했을 때 나타나는 패턴에 대한 수학과 통계적 분석”으로, ‘Scientometrics’은 “과학에 bibliometrics 기법을 적용하는 것”이라고 각각 정의하였으며, Tijssen(1993)은 Scientometrics을 “정량화할 수 있는 측면의 일반적인 아이디어를 가진 과학연구에서 연구 접근방법의 다양성을 위한 포괄적인 용어인 Scientometrics은 과학의 특성을 평가하기 위해 활용될 수 있다”고 주장했다[12-14].

### 2.1 과학계량학 분석 방법

과학계량학적 분석은 과학 및 혁신의 경향을 분석하기

위해 주로 논문이나 특허와 같은 문헌들을 이용한다. 상호인용(inter-citation) 분석, 문헌 간 (inter-document) 분석, 동시할당(co-assignment) 분석, 동시분류(co-classification) 분석, 동시인용(co-citation) 분석, 동시단어(co-word) 분석과 같은 다양한 분석방식들이 통계적 분석과 함께 사용된다[7].

상호인용(inter-citation)분석은 한 매트릭스에서 어느 한 문헌이 그 문헌을 인용하거나 혹은 다른 문헌을 인용한 횟수를 말한다. 반대의 의미는 한 문헌이 다른 문헌에 의해 인용된 횟수이다. 논문 대신 저자를 이용하여 같은 종류의 매트릭스를 형성할 수도 있다.

문헌간 유사성(inter-document similarity)분석은 기술어나 다른 문서에 대한 참조 등과 같이 두 문헌이 공통으로 가지고 있는 콘텐츠의 지표를 산출함으로써 측정된다.

동시할당(co-assignment)분석은 색인 작성자(indexer)에 의한 같은 문헌에의 두 색인어의 할당을 의미한다. 그 색인어들은 co-terms, co-descriptors, 혹은 co-classifications로 불린다. 동시인용(co-citation)은 어떤 두 연구가 제삼의 연구에서 참조될 때 발생한다. 동시인용된 두 개의 연구보고물의 저자들은 동시인용된 저자(co-cited author)이다. 만약 연구보고물이 다른 두 저널에서 인용된다면, 그 저널들은 동시인용된 저널(co-cited journals)이다. 동시단어(co-words)는 논문제목이나 요약 같은 자연언어의 조각(piece)에서 함께 나타나는 단어들을 뜻한다. 이들 중에서 동시인용(co-citation)분석과 동시단어(co-word)분석은 오늘날 과학 영역의 시각화를 위해 가장 자주 사용되며 동시에 가장 널리 받아들여지는 기법이다.

## 3. 유망기술 탐색 방법론

### 3.1 유망기술의 정의

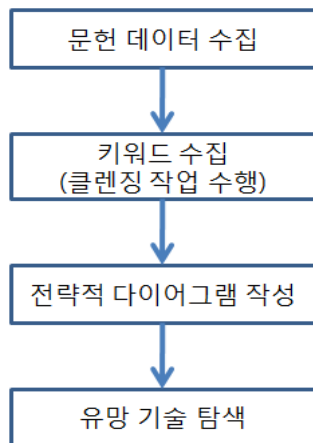
기존의 유망기술에 대한 개념은 한마디로 정의한 문헌은 없으며 보는 관점에 따라 ‘미래기술(future technology)’, ‘장래성이 있는 기술(promising technology)’, ‘신흥기술(emerging technology)’, ‘신기술(new technology)’, ‘핵심기술(key technology)’ 등으로 다양하게 사용되고 있다[1].

여기서 “유망기술 탐지”는 특정 시점을 기준으로 이전에 보지 못한 새로운 정보를 탐지(Novelty Detection)하는 것으로, 통계학 분야에서는 ‘이상치 탐지(outlier detection)’라고 불리기도 한다. “유망추세 탐지”는 시간이 경과함에 따라 관심과 유용성이 높아지고 있는 “새롭게 주목받는 기술(Newly Developing Technology)”로 설명할 수 있다

[8]. 따라서 “유망추세 탐지”는 증장기적 측면에서 시간의 흐름에 따른 특정학문 분야의 경향 혹은 동향을 탐지하는 것으로서, 성장·발전 혹은 새롭게 부상한 경우를 의미하므로 기본적으로는 기존 주제에 포함되지만 최근에 와서 긍정적 측면의 변화가 있는 주제라고 생각할 수 있다.

“새롭게 주목받는 기술”은 다음과 같은 두 가지 주요 특성을 가진다[8]. 첫째, 특정 시점의 이전보다 이후에 의미적으로 더 풍부해지는 것으로, 새롭게 등장한 주제와 동시출현하는 키워드의 수가 증가한다. 둘째, 해당 개념 혹은 주제와 연관된 항목(문헌)의 수가 증가함에 따라 출현 빈도가 더 높아진다.

본 논문에서는 과학계량적 정보분석 방법을 활용하여 LED 및 광분야의 유망기술을 찾아내기 위하여 그림 1과 같은 절차를 수행했다.



[그림 1] 유망기술 탐색 절차

### 3.2 데이터 수집

논문과 특허는 과학기술 연구개발의 가장 일차적인 산출물이며, 완벽하지는 않으나 연구개발에 의한 성과물을 나타내기 위한 지표의 중심에 존재해왔다. 논문은 일반적인 연구 활동의 산물로 취급할 수 있으며, 특허는 이들 중 최소 수준의 발명 요소를 가지는 성공적인 연구 활동에 대한 정보로 취급할 수 있다.[6] 특히 특허는 국제특허분류(IPC; International Patent Classification)라는 기술분류 체계를 따르고 있기 때문에 이를 산업/제품 분류체계와 연관지를 경우 매우 유용한 결과를 도출할 수 있다[2].

문헌을 기반으로 특정분야를 구조화하기 위해 데이터를 선정하는 방법에는 크게 3가지가 있다. 첫째는 학술지에서 제시한 저널범주를 이용해서 해당문헌을 선택하거나, 둘째는 데이터베이스에서 제공하는 주제분류코드를 이용하여 개별 문헌들을 선택하는 방법, 셋째는 연구자가

직접 핵심저널이나 문헌에 대해 키워드 검색하여 수집하는 방법이다[5]. 그리고 논문을 분석대상으로 할 경우, 저널에 기반하여 데이터를 선정하게 되면 문헌 단위를 기초로 한 접근법보다 상위 집합수준에서 이루어지기 때문에 정교하지 않은 범주를 제공할 수 있으므로 저널 단위로 선택하기 보다는 문헌단위로 선택하는 것이 바람직하다[11].

따라서 본 연구에서는 특정 학문영역에 제한된 저널에 기반하지 않은 개별 문헌단위로 데이터를 수집했다. 그리고 주제영역을 상세 분류한 기술체계도를 참고하여 각 세부 분류별로 검색용 키워드를 조사하였고, 이를 토대로 검색식을 작성하여 세부 기술별로 논문과 특허를 검색했다.

### 3.3 키워드 수집

서지정보가 수집되면 다음으로 동시단어분석의 가장 중요한 요소인 키워드를 수집한다. 본 연구에서 동시단어분석에 사용할 키워드로 논문 데이터의 경우 논문의 저자가 요약(abstract)에 등록한 저자 키워드를, 특허 데이터의 경우 8자리의 계층적 기술분류체계인 IPC를 사용한다. 특허의 경우 IPC가 각국의 특허간 지식흐름을 파악할 때 유용한 키워드 역할을 하지만, IPC 6자리, 혹은 8자리를 사용할 경우 복잡성이 너무 증가할 수 있기 때문에, 본 연구에서는 IPC 서브클래스에 해당하는 IPC코드 4자리만 사용했다[6].

데이터의 키워드가 수집되면 이들 키워드의 유의어를 정제(cleansing)하는 작업을 수행해야 한다. 가령 LED, Light-emit-diode, Light emitting diode, LEDs와 같은 동의어들을 LED라는 하나의 단어로 표준화시킨다.

### 3.4 전략적 다이어그램 작성

키워드 수집 단계에서 클렌징이 완료된 데이터로 유망기술 탐색을 위한 전략적 다이어그램을 작성한다.

우선 ‘새로 등장한 기술’을 찾기 위해 최근 2년간 새롭게 등장한 키워드를 검색한다. 그 다음 ‘새롭게 주목받는 기술’을 탐색하기 위해 전략적 다이어그램을 적용한다[5]. 그림 2에서 보는 바와 같이 X축은 성장률, Y축은 문헌건수로 정의하였고, 성장률을 구하는 식은 아래와 같다.

$$\text{성장률} = \frac{\text{최근 데이터(예, 2007년~2009년)의 기울기}}{\text{전체 데이터(예, 2000년~2009년)의 기울기}}$$



[그림 2] 전략적 다이어그램

다이어그램 각 분면을 혼합영역, 성장영역, 성숙영역, 유망영역으로 명명하였다. 각 영역별 특징을 정리하면 다음과 같다.

- 혼합영역 : 키워드 성장률 작고, 키워드 출현 건수 적음
- 유망영역 : 키워드 성장률 크고, 키워드 출현 건수 적음
- 성장영역 : 키워드 성장률 크고, 키워드 출현 건수 큼
- 성숙영역 : 키워드 성장률 작고, 키워드 출현 건수 큼

이때 각 영역을 구분하는 기준은 키워드 성장률과 키워드 출현 건수의 평균을 적용하였다.

### 3.5 유망기술 탐색

이렇게 작성된 전략적 다이어그램 상의 유망영역에 해당되는 키워드들을 유망기술로 탐색한다. 이 때 유망영역에 해당되는 키워드는 전체 출현 건수는 적지만 최근 몇 년 동안 키워드 성장률이 높은 키워드를 의미한다. 키워드 성장률이 높은 순으로 정리하고 이들 중 키워드 출현 건수가 적은 키워드들을 최종 유망기술로 선정한다.

## 4. 실증 분석

### 4.1 데이터 수집과 키워드 분석

본 연구의 데이터는 2000년부터 2009년 9월까지 Web of Science의 SCIE 저널에 수록된 논문과, WIPS가 제공하는 미국특허청(USPTO)에 등록된 특허DB에서 구성되었다. 데이터의 신뢰도를 높이기 위해 LED 및 광분야 기술체계도(한국산업기술진흥원 통합기술청사진)를 참고하여, 표 1과 같이 각 소분류별로 검색용 키워드를 조사하

여 검색식을 작성, 데이터를 수집하였다. 논문은 주제를 검색조건으로, 특허는 명칭, 요약(Abstract), 청구1항을 검색조건으로 하여 문헌 검색을 하였다. 2000년 1월 1일부터 2009년 9월 30일까지 발간된 71,140건의 논문과 17,685건의 특허의 서지정보가 수집되었다.

수집된 데이터의 분석 가능한 서지정보는 논문의 경우 제목, 저자, 내용 요약, 저자 키워드, 저자 소속기관, 저자 국적, 수록된 저널 명, 발표년도, 인용횟수 등이고, 특허의 경우 명칭, 출원인, 출원인 국적, IPC, 청구항, 출원년도, 공개년도 등이다.

저장된 서지정보에서 키워드를 추출한 결과, 저자 키워드에 대해서는 총 130,350개의 키워드가 검출되었고, 소속기관 키워드는 총 92,436개가 검출되었다.

[표 1] 검색 키워드 및 검색식 예

대분류	LED조명
중분류	기구시스템
소분류	방열 기술
검색 키워드	LED, light emitting diode, illumination, lamp, thermal conductivity, radiation
논문 검색식	(LED* or light-emitting-diode* or light-emitting-device* or ((light-emitting* or (light and emitting*)) and (diode* or device*))) and (luminescen* or illuminat* or illuminan* or lamp* or light*) and ((thermal* or heat*) and (manag* or control* or conduct* or radiat*))
특허 검색식	((LED* light-emitting-diode* light-emitting-device* ((light-emitting* (light adj emitting*)) adj (diode* device*))) and (luminescen* illuminat* illuminan* lamp* light*) and ((thermal* heat* near2 (manag* control* conduct* radiat*))).key. and (F21V* F21S* G02F* G06F* G09G* H01L* H05B*).ipcm. and @ad>=20000101

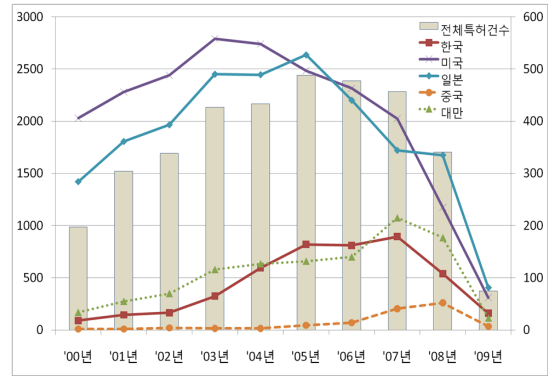
분석시 발생하는 단어의 누락 및 중복을 방지하기 위해 키워드간의 유사어, 단복수형, 넓은 의미의 단어 등을 동일한 건으로 처리하는 클린징하는 작업을 실시하였다. 이 결과 중복되어진 단어를 제외하면 125,323개의 저자 키워드와 21,352개의 소속기관 키워드가 최종적으로 도출되었다.

### 4.2 기초 연구 동향 분석

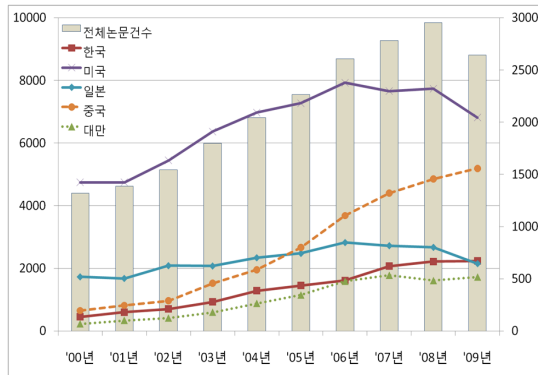
LED 및 광분야 연도별 주요국가의 논문건수 추이는 그림 3과 같이 '00년부터 '08년까지 꾸준한 증가추세를

보였다. 가장 왕성한 학술활동을 하는 나라는 미국으로 한 해 평균 1,970편의 논문이 이 분야에서 발간되었다. 높은 성장률을 나타내는 주요 국가는 중국, 한국, 대만이며 일본은 큰 폭의 변화 없이 꾸준히 상위권을 유지하고 있다.

특허 출원건수는 '08년에 전체적인 하락세를 보였다. 2000년 초반부터 상당한 양의 특허를 보유하고 있는 미국과 일본이 세계 LED 업계에서 기술을 주도해온것으로 보이며, 한국과 대만은 2000년대 들어 후발주자로 진입 하면서 적극적으로 기술격차를 줄여나가고 있는 현상이다.

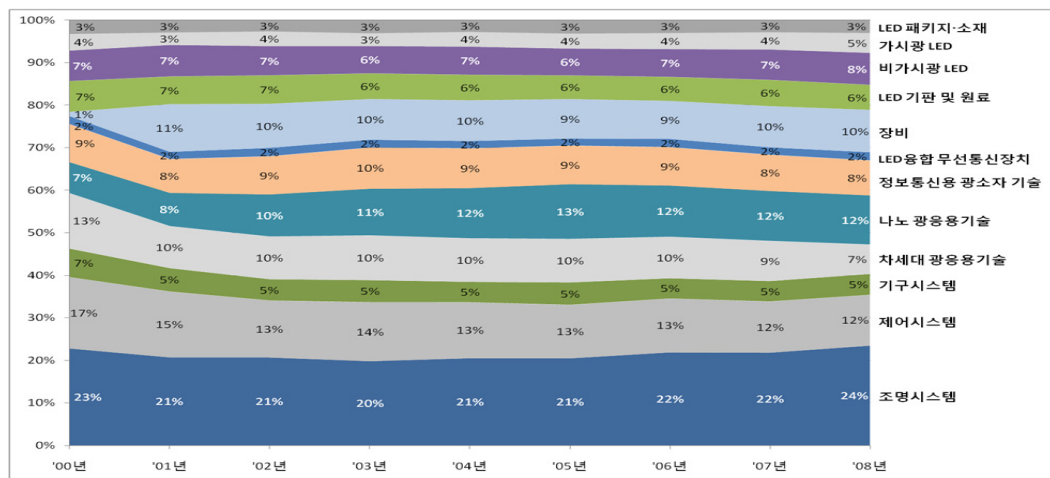


[그림 4] 연도별 주요국가 특허출원건수

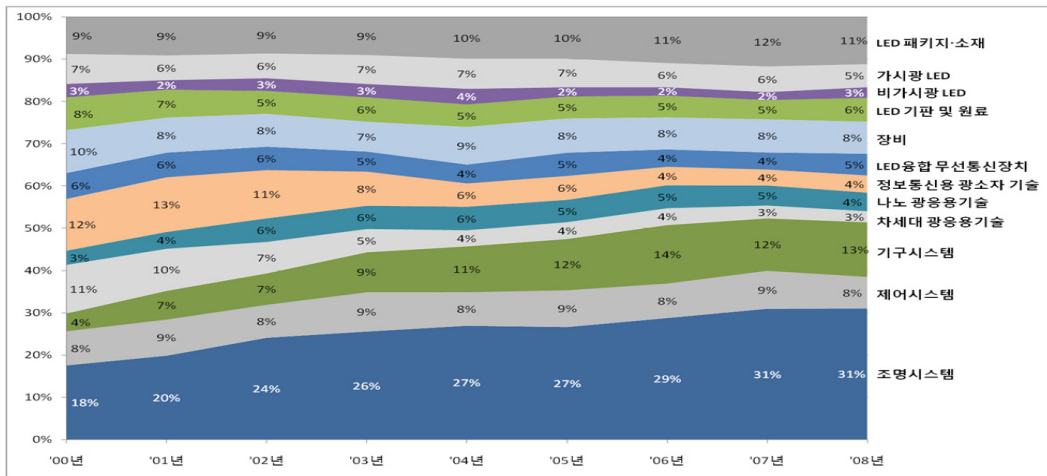


[그림 3] 연도별 주요국가 논문건수

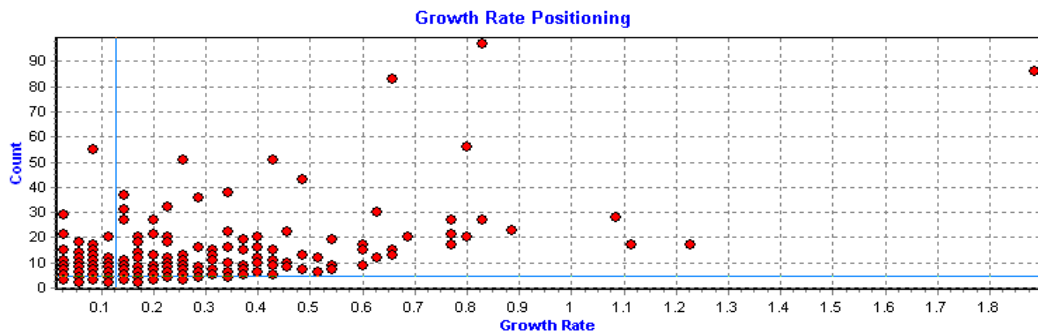
그림 5와 그림 6은 각 중분류의 논문과 특허의 변화 양상을 그린 것이다. 전체 기술분류 중 학술 연구활동이 가장 활발하게 일어나는 부문은 조명시스템, 제어시스템, 장비 순으로 나타났고, 해당부문의 특허 출원건수도 모두 높게 나타났다. 차세대 광응용기술과 나노 광응용기술은 기술체계도 상에서 광융합군에 속하는데, 이 부문에서는 저조한 특허건수와는 대조적으로 학술적으로는 활발히 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 논문의 경우 나노 광응용기술의 소폭 증가를 제외하고는 그 외 모든 부문에 있어 급격한 양적변화는 보이지 않았다. 특허의 경우 조명시스템과 기구시스템에서 증가추세가 두드러지게 나타났고, 정보통신용 광소자기술과 차세대 광응용기술에서는 거꾸로 특허건수의 감소추세를 볼 수 있었다.



[그림 5] 중분류별 논문건수 추이



[그림 6] 중분류별 특허 건수 추이



주) 평균 = 0.127, 분산 = 0.0158, 표준편차 = 0.126

[그림 7] '00~'04년 전략적 다이어그램

### 4.3 유망 기술 탐색

'00년~'04년과 '05~'09년도를 구분하여 유망키워드를 추출하고 IPC의 성장률을 기반으로 전략적 다이어그램을 작성하여 유망기술 영역을 도출하였다. 전략적 다이어그램의 A, B, C, D분면은 X축은 성장률, Y축은 문헌건수를 기준으로 각각 혼합영역, 유망영역, 성장영역, 성숙영역을 나타낸다. 유망영역은 키워드의 성장률은 높게 나타나지만 출현 건수는 적은 영역을 뜻한다.

우선 '00~'04년의 전략적 다이어그램 결과는 그림 7과 같다. 표 2는 '00년~'04년간의 유망영역에 포함된 키워드 282건 중 성장률이 높은 상위 50건의 키워드이다. 가장 성장률이 높은 키워드는 2 PHOTON ABSORPTION, HOLE MOBILITY, MICROSTRUCTURED FIBERS 등으로 나타났다.

그림 8은 '05년~'09년의 LED 및 광분야 전략적 다이

어그램 결과이다. 표 3은 지난 5년간 LED 및 광분야에 새로이 등장하여 주목받는 키워드 상위 50건이다. 상위 50건 중 가장 성장률이 높은 키워드는 Acetylcholinesterase, Enhanced emission, Internal charge transfer 등으로 나타났다.

'00년~'04년의 전략적 다이어그램에서 유망영역에 있었던 키워드 50건에 대하여 '05년~'09년의 위치를 추적한 결과는 표 4와 같다. 전략적 다이어그램을 살펴보면 '00~'04년 당시 유망기술들 모두가 '05~'09년 유망영역에 포함되지 못해 0건으로 분석되었다. 대신 '00~'04년의 50건 중 '2 PHOTON ABSORPTION', 'HOLE MOBILITY' 등을 포함한 21건의 키워드가 유망영역에서 벗어나 성장영역에 진입하여 있었고, 나머지 Cross link, Ortho metalated complex 등의 18건의 키워드는 키워드 출현건수가 점차 감소하여 혼합영역에 포함되었다. 즉, '00~'09년 동안 LED 분야의 기술 변화가 급속하게 이동했음을 알 수 있다.

[표 2] '00년~'04년 유망 키워드 상위 50건

순위	키워드명	순위	키워드명
1	2 PHOTON ABSORPTION	26	SYSTEMIC ACQUIRED-RESISTANCE
2	HOLE MOBILITY	27	modal analysis
3	MICROSTRUCTURED FIBERS	28	APERTURE
4	Ortho metalated complex	29	ATRP
5	Ru	30	Carrier mobility
6	SUPPLEMENTATION	31	InP NANOWIRE
7	TRANSMITTANCE	32	Magnetron sputtering
8	asymmetric catalysis	33	Photochromism
9	invasion	34	Plasmodium falciparum
10	BANDGAP FIBERS	35	Polarimetry
11	Controlled growth	36	mode-locked lasers
12	Endoscopy	37	BAND-STRUCTURES
13	Listeria monocytogenes	38	Benzothiazole
14	quantum key distribution	39	Electronic energy transfer
15	IR(III)	40	Fluorescence detection
16	Lab on a chip	41	NANOWIRE ARRAY
17	MULTIPOLE METHOD	42	Supramolecular chemistry
18	OXIDE THIN FILM	43	Time domain spectroscopy
19	Organic thin film	44	Photoaddressable alignment layer
20	PHOTONIC BAND-GAP	45	Tris(2,2'-bipyridine)ruthenium complex
21	Photonic devices	46	interferometer
22	RNA INTERFERENCE	47	CRYSTAL FIBERS
23	Rho gtpase	48	Femtosecond
24	Rigid rod polymers	49	MICROSTRUCTURED OPTICAL-FIBERS
25	SINGLE DEFECT	50	optical packet switching

[표 3] '05년~'09년 유망 키워드 상위 50건

순위	키워드명	순위	키워드명
1	Acetylcholinesterase	26	Time resolved fluorescence
2	Enhanced emission	27	Trypanosoma cruzi
3	Internal charge transfer	28	polyps
4	Phosphorescent OLED	29	Absolute configuration
5	TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION	30	Ancillary ligands
6	hydrogen evolution	31	BASAL GANGLIA
7	Autophagy	32	CLICK CHEMISTRY
8	Boundary layer	33	Coupling reaction
9	MISSENSE MUTATION	34	Crystal orientation
10	Nanoribbons	35	Crystalline
11	Romp	36	Dysfunction
12	living polymerization	37	ELECTRODYNAMICS
13	microdisk laser	38	Fibroblast
14	structural colour	39	Geochronology
15	CA ALPHA SIALON	40	HYDROSILYLATION
16	Cross coupling	41	Keto defect
17	DEVELOPMENTAL REGULATORS	42	MODE-LOCKED LASER
18	Down regulation	43	Molecular packing
19	FERROELECTRICITY	44	OPTICAL PARAMETRIC OSCILLATOR
20	MICROREACTOR	45	Oxide surface
21	Nitridosilicates	46	Planetary system
22	SENSITIZED DELAYED FLUORESCENCE	47	STAR POLYMERS
23	SILVER ELECTRODE	48	Single source precursor
24	SUPRACHIASMATIC NUCLEUS	49	human plasma
25	SiAION	50	phloem

[표 4] '00년~'04년 유망키워드 50건의 '05년~'09년 전략적 다이어그램 상의 위치

성숙영역(D)	성장영역(C)
(11건) Controlled growth, Listeria monocytogenes, ATRP, InP NANOWIRE, Polarimetry, mode-locked lasers BAND-STRUCTURES, Benzothiazole, Supramolecular chemistry, MICROSTRUCTURED OPTICAL-FIBERS, optical packet switching	(21건) 2 PHOTON ABSORPTION, HOLE MOBILITY, MICROSTRUCTURED FIBERS, TRANSMITTANCE, BANDGAP FIBERS, Endoscopy, quantum key distribution, Lab on a chip, OXIDE THIN FILM, PHOTONIC BAND-GAP, APERTURE, Carrier mobility, Magnetron sputtering, Photochromism, Plasmodium falciparum, Electronic energy transfer, Fluorescence detection, NANOWIRE ARRAY, Time domain spectroscopy, CRYSTAL FIBERS, Femtosecond
(18건) Cross link, Ortho metalated complex, Ortho metalated complex, Ru, SUPPLEMENTATION, asymmetric catalysis, invasion, IR(III), Localized mode, METAL FILM, MULTIPOLE METHOD, Organic thin film, Photonic devices, REAL TIME RNA INTERFERENCE, Rho gtpase, Rigid rod polymers	(0건)
혼합영역(A)	유망영역(B)

[표 5] LED 및 광 하위 분야 다이어그램 영역별 IPC 정보

		전체영역	혼합영역 (A분면)	유망영역 (B분면)	성장영역 (C분면)	성숙영역 (D분면)
LED조명	IPC수	69	61	0	8	0
	빈도	131.99	12.26	0	1044.88	0
	성장율	0.81	0.13	0	5.99	0
광융합	IPC수	55	40	6	4	5
	빈도	16.16	3.6	5.67	139	31
	성장율	0.09	0.05	0.86	1.81	0.05
LED광소자	IPC수		56	1	5	2
	빈도	81.11	17	14	801.6	108.5
	성장율	0.39	0.11	0.46	17.99	0.15

[표 6] 광융합 분야 유망영역 IPC수 및 성장률

No	IPC	IPC설명	Total	G.R
1	G03F	사진제판법에 의한 요철화 또는 패턴화 표면의 제조	11	0.30
2	B29C	플라스틱의 성형 또는 접합 ; 가소상태에 있는 물질의 성형일반 ; 성형품의 후처리	7	0.12
3	C40B	조합된 화학 ; 라이브러리, 예.화학 라이브러리, 컴퓨터에 의한(in silico) 라이브러리	6	0.11
4	F21S	타류에 속하지 않는 비휴대용 조명장치 또는 그 계통 혼	4	0.12
5	E05B	자물쇠 ; 자물쇠를 위한 부속품 ; 수갑 혼	3	0.12
6	H02N	타류에 속하지 않는 전기	3	0.10

[표 7] LED광소자 분야 유망영역 IPC 수 및 성장률

No	IPC	IPC설명	Total	G.R
1	C01F	금석베릴륨, 마그네슘, 알루미늄, 갈륨, 스트론튬, 바륨, 라듐, 토륨화합물 또는 희토류금속화합물	14	0.46



표 5는 전체 영역에 대한 분석을 보다 세밀하게 수행하기 위해 LED 대분류별(LED조명, 광융합, LED광소자)로 전략적 다이어그램을 그려 유망 IPC를 도출하였다. LED 및 광기술 전 분야의 전체영역 성장률과 유망영역 성장률을 비교해보면, LED조명 군의 경우 전체 영역 성장률이 가장 높았고, 유망영역의 성장률이 가장 높은 분야는 광융합 군으로 나타났다.

표 6에서 보면 광융합 분야의 IPC 유망영역을 보면 다양한 분류의 기술군이 섞여 있는 것을 알 수 있는데, 그 중에서도 가장 높은 성장률을 보인 IPC는 G03F이다. LED광소자 분야의 유망 IPC는 1건이 도출되었는데, 마그네슘, 알루미늄 등의 금속화합물을 이용한 기술로서 0.45의 성장률을 보였다.

## 5. 결론

본 논문에서는 2000년도부터 2009년까지의 논문과 특허 데이터를 대상으로 과학계량학적 정보분석을 수행하여, LED 및 광분야의 R&D 패턴과 동향을 분석하고 미래 유망기술을 탐색하였다. 최근 정보분석 방법론이 R&D 기획과 과학정책수립의 도구로 인식되면서 다양한 접근이 이루어지는데, 하나의 기술분야에 대해 과학기술 성과로 대표되는 논문과 특허 데이터를 모두 분석하여 결과의 활용범위를 보다 다양화한 실증 연구로서의 의미를 가진다.

LED 및 광분야는 미국, 일본, 독일 등이 선도하고 있었으나 중국, 한국, 대만이 후발주자로 진입하면서 기술 격차를 줄여나가고 있었다. 12개 중분류 중에서 조명시스템, 제어시스템, 장비 분야에서 활발한 논문과 특허 활동이 나타났으며, 특히 경우 조명시스템과 기구시스템 분야에서 가장 높은 증가를 보였다. 전략적 다이어그램에 따라 산출된 유망영역은 ‘사진제판법에 의한 패터화 표면의 제조기술’, ‘플라스틱의 성형 기술’ 등의 광융합 기술, ‘금속베릴륨, 마그네슘, 알루미늄’ 등의 광소자 기술 등이 도출되었다.

본 연구는 특정 기술분야의 타당성과 객관성이 부여된 근거를 제공할 수 있기 때문에 현재의 전문가회의(Peer review)방식을 보완하는 R&D기획의 도구로 매우 유용할 것으로 판단된다. 뿐만 아니라 이를 통해 유망기술을 체계적으로 발굴할 수 있고 그 결과를 활용하여 R&D 사업에 대한 자원배분의 효율성을 제고할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] 김정석, 이영덕, “기술예측을 통한 미래 유망기술 우선순위 평가모형에 관한 연구”, 한국기술혁신학회, 109-127, 2009
- [2] 노현숙, 고병열, 백종협, “미래유망 사업화아이템 이 슈분석, LED”, 한국과학기술정보연구원, 2005
- [3] 박현우, 박영서, 권열일, 김재우, 구영덕, “미래 유망 기술 사업화아이템 선정 연구”, 한국과학기술정보연구원, BW149, 2006
- [4] 이성욱, 신용태, “연구기획 강화를 위한 정보분석 시스템 구축 및 사례”, 정보와 통신, 16-24, 2008
- [5] 이우형, “정보분석 방법론을 활용한 IT R&D 유망영역 탐색“, 정보통신연구진흥원, 2006
- [6] Arnold Verbeek, Koenraad Debackere, Marc Luwel, Edwin Zimmermann, "Measuring progress and evolution in science and technology-I: The multiple uses of bibliometric indicators", *IJMR*, Volume 4 Issue 2, 179-211, 2002
- [7] Callon, M., Law, J., Rip, A, "Mapping of the dynamics of science and technology", *London:McMillian*, 1986
- [8] KONTOSTATHIS, A., GALITSKY, L. M., POTTENGER, W. M., ROY, S. & PHELPS, D. J. A survey of emerging trend detection in textual data mining. IN BERRY, M. (Ed.) *Acomprehensive survey of text mining*. Springer-Verlag, 2003
- [9] Kostoff, R., "Peer Review: The Appropriate GPRA Metric for Research", *Science*, 277, 651-652. 1997
- [10] Moxham, H., Anderson, J., "Peer review: A view from the inside", *Science and Technology Policy*, 7-15. 1992
- [11] Noyons, E.C.M., Moed, H.F., Luwel, M., "Combining mapping and citaion analysis for evaluative bibliometric purposes: A bibliometric study", *Journal of the American Society for Information Science*, 50 2, 115-131, 1999
- [12] Pritchard, A., "Statistical bibliography or bibliometrics", *Journal of Documentation*, 24, 348-349, 1969
- [13] Tijssen R.J.W., A.F.J. Van Raan, "Mapping changes in science and technology: Bibliometric co-occurrence analysis of the R&D Literature", *Evaluation Review*, 18 1, 98-115, 1994
- [14] VP Diodato, "Dictionary of bibliometrics", 106, 1994

**장 시 영**(Si-Young Chang)

[정회원]



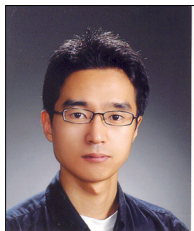
- 2010년 2월 : 성균관대학교 공과대학원 기술경영학과 석사졸업
- 2008년 9월 ~ 현재 : 한국산업기술진흥원 연구원

<관심분야>  
기술예측, 기술정책

---

**이 병 철**(Byoung-Chul Lee)

[정회원]



- 2005년 8월 : 성균관대학교 공과대학원 산업공학과(공학박사수료)
- 2004년 4월 ~ 2006년 2월 : 충북TP 전략산업기획단 연구원
- 2007년 8월 ~ 2009년 7월 : 한국해양수산개발원 연구원
- 2010년 12월 ~ 현재 : 농업기술실용화재단 사업개발팀 연구원

<관심분야>  
기술예측, 기술사업화, 기술정책

---

**김 윤 배**(Yun-Bae Kim)

[정회원]



- 1992년 : 미국 Rensselaer Polytechnic Institute 졸업, Ph.D.
- 1992년 ~ 1993년 : 미국 New Mexico Tech. 조교수
- 1993년 : 한국전기통신공사 선임 연구원
- 1995년 ~ 현재 : 성균관대학교 기술경영학과 교수

<관심분야>  
기술시장 분석, 대학의 기술이전