

계량서지분석을 통한 국가간 협력도 분석에 관한 연구 : LED분야를 중심으로

이우형* · 여운동** · 박준철***

<목 차>

I. 서론	4.2 기술통계분석 결과
II. 이론적 배경	4.3 국가간 협력도 분석 결과
2.1 계량서지분석	V. 결론
2.2 국가간 협력 맵	5.1 연구요약 및 결론
III. 연구모형 설계	5.2 연구의 시사점 및 한계
3.1 연구 모형	참고문헌
IV. 실증분석	<Abstract>
4.1 데이터 특성 및 수집방법	

I. 서론

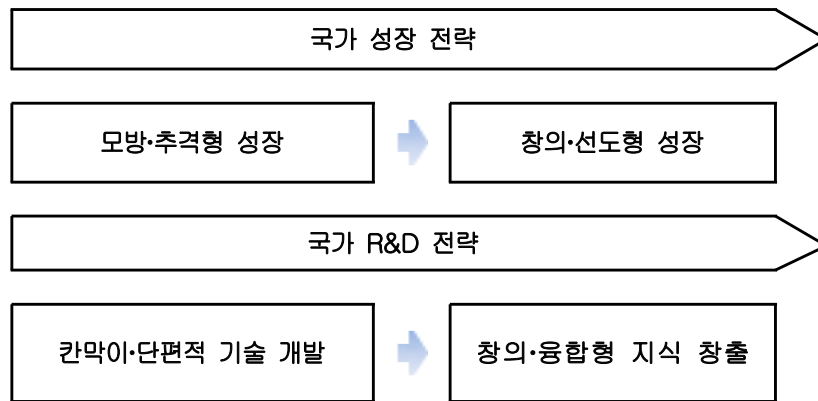
우리나라가 중국 등 거대 개도국들의 추격을 뿌리치는 한편 선진국과는 차별화된 성장동력을 창출하기 위해서는 지난 50년간의 '모방·추격형 성장' 대신 향후 50년을 위한 '창의·선도형 성장'으로의 변화가 필요하다. 기존의 개별 R&D 주체에 의한 단편적 칸막이식 기술개발 중심에서 다양한 R&D 주체 간, R&D 공간 간의 협력을 통해 새로운 지식을 창조하는 창의·융합 지식 창출 중심으로 R&D 전략의 전환이 필요하다.

R&D 정책 개발을 제한된 수의 해당 분야 전문가의 직관과 주관에 전적으로 의존하는 기존 프로세스 대신 객관적인 정보 분석 결과와 다수의 다분야 전문가들의 다양한 생각들을 반영할 수 있는 프로세스로 전환이 필요하며, 이를 위한 창의·융합형 지식교류체계의 구축이 필요하다. 여기서 창의·융합형 지식교류체계란, 우리나라 R&D 생태계를 이루는 R&D 주체 간, R&D 공간 간의 개방, 융합 및 교류를 촉진하고 R&D 생태계 현황에 대한 통합적 분석을 통해 창의·융합적인 지식을 창출할 수 있는 시스템을 만드는

* 한국산업기술진흥원 미래기술기획팀장, leewh@kiat.or.kr

** 한국과학기술정보연구원 기술정보분석실, wdyeo@kisti.re.kr

*** 강릉원주대학교 산업정보경영공학과 교수(교신저자), jcking@gwnu.ac.kr



<그림 1> 국가 성장전략 및 R&D 전략의 변화

것이다(한국산업기술진흥원, 2011).

미국 등 주요 국가들은 소수의 전문가 중심인 기존 R&D 기획의 문제점을 인식하고, 전문가위원회 방식을 보완하는 방법으로 계량서지분석을 도입 및 활용하고 있다. 미국의 해군연구소(ONR: Office of Naval Research)에서는 자체개발한 R&D DB정보를 분석, 해군에서 수행할 과제를 발굴하고 있다. 이탈리아의 이탈리아연구위원회(IRC: Italian Research Council)는 전문가위원회 방법을 보완할 수 있는 수단으로 계량서지분석을 활용하고 있다. 호주의 교육과학부(DEST: Department of Education, Science and Technology)는 1990년대부터 과학예산 배분을 위한 정책결정에 계량서지분석을 활용하고 있다(이우형, 2010). 또한, 계량서지분석이 유망 과학기술 연구자 탐색, 연구진흥·평가 정책수립, 지식정보 계량 모델 발굴 등에 활용되어 성과를 보이자, 관련 연구기관 뿐만 아니라 관련 국제 저널도 동반 성장하고 있다.

국내에서는 이우형 등(2008), 이우형 등(2009)이 활발하게 계량서지분석을 이용하고 있으며, 김선영과 이영재(2010)는 기타 다양한 방법을 이용하여 R&D에 관한 분석을 수행하고 있다.

1978년에 발간된 국제저널인 *Scientometrics*는 R&D 계량분석 방법론의 폭넓은 활용 사례를 보여주면서 꾸준히 성장하고 있다. 나아가, 지난 2007년에 새롭게 *Journal of Informetrics*가 창간되는 등 외국에서는 계량서지분석의 도입기를 넘어 확산기에 접어들었다. 1993년 국제학회인 ISSI(International Society for Scientometrics and Informetrics) 등이 설립되어 계량서지분석 방법에 대한 학문적 접근을 시도하고 있다. 따라서, R&D 주체를 포함한 다양한 다분야 전문가들 간의 대화와 협력의 장을 마련하고, R&D 생태계에 대한 객관적·통합적 파악이 가능한 시스템 구축이 필요하다. R&D 생태계의 통합분석체 계란, 각종 특허·논문 정보에 대한 계량정보분석을 통해 R&D 성과 창출 수준(양적·질적)과 R&D 주체 간 협력 강도를 조망하여 R&D 생태계의 활력을 파악할 수 있는 분석 체계이다.

본 연구에서는 계량서지분석을 활용하여 LED분야에 대한 주요국가별 R&D 성과 창출 정도(양적·질적)와 R&D 주체 간 협력의 규모와 강도 등 분석결과를 종합한 R&D 생태경쟁력 국제 비교 분석 결과를 도출하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 계량서지분석

과학기술의 발전은 매우 누적적이므로, 특정 분야의 기술발전 전략이 적절히 기획되기 위해서는 해당 기술 분야의 기술궤적(technological trajectory)을 정확히 분석하는 것이 필요하다(윤병운, 2008).

급격히 변하는 기술 환경은 기업들로 하여금 기술의 모니터링은 물론 새로이 생성되는 유망 기술 분야를 찾도록 요구하고 있다(Wheatley and Wilemon, 1999). 이 과정에서 기존 기술과 지식에 대한 철저한 분석은 기술개발 분야의 불확실성을 감소시키는 데 긍정적으로 기여하고 있으며, 선진국의 많은 학자들과 기술 개발 실무자들은 다양한 기술예측 방법 및 분석 방법을 고안해 적용하고 있다.

최근 계량서지분석의 중요성이 지속적으로 증가하는 이유는 이것이 과학기술 지식(특허, 논문, 보고서 등)의 광범위한 서지 정보를 새로

운 지식으로 전환하는 연구 분야이기 때문이다. 최근 가치 있는 지식을 창출하는 KDD(Knowledge Discovery in Database) 기법의 중요성이 대두되고 있으며(배상진 외, 2006), 계량서지분석은 이를 가능하게 해주는 유용한 도구이다. 물론, 계량서지분석과 관련된 기술, 즉 계량서지분석 체계의 발전은 그 자체로는 의미를 갖지 못하며, 이의 적용을 통해 의미 있는 정보를 산출하고, 적용하는 데 의미가 있다.

계량서지분석의 개념은 분류기준에 따라서 다양한 형태로 정의될 수 있으나, 주로 ① 데이터의 특성에 따른 분류와 ② 목적에 의한 분류 방법으로 정의될 수 있다. 데이터의 특성에 따라서는 계량서지분석, Scientometrics, Webometrics 등으로 구분할 수 있으며, 목적에 의해서는 Research tech profiling, Patent intelligence, Tech mining, Knowledge visualization 등으로 구분된다. 각각의 개념들을 간략히 정리하면 다음의 <표 1>과 같다.

<표 1> 분류기준에 따른 계량정보 분석의 정의

구분	명칭	특성
Data 특성에 따른 분류	계량서지분석	출판된 기록물 형태의 정보들을 양적 측면에서 연구
	Scientometrics	과학의 양적 측면을 논문의 정보를 통해 연구
	Technometrics	기술의 양적 측면을 특허의 정보를 통해 연구
	Webometrics	웹상의 정보들을 양적 측면에서 연구
	Informetrics	정보를 양적 측면에서 연구
목적에 따른 분류	Research Profiling	연구 결과 집합으로의 패턴을 식별하여 연구 도메인에 대한 정보를 발췌
	Patent intelligence	특허 문서 분석을 통해 기술의 경향과 기술간 관계 분석
	Knowledge visualization	이해와 통찰력을 위한 도구로써 그래픽화한 정보 제공
	Tech mining	과학기술 정보의 텍스트마이닝(text mining) 도구를 통해 기술혁신과정을 이해하기 위한 적용(application)

2.2 국가간 협력 맵

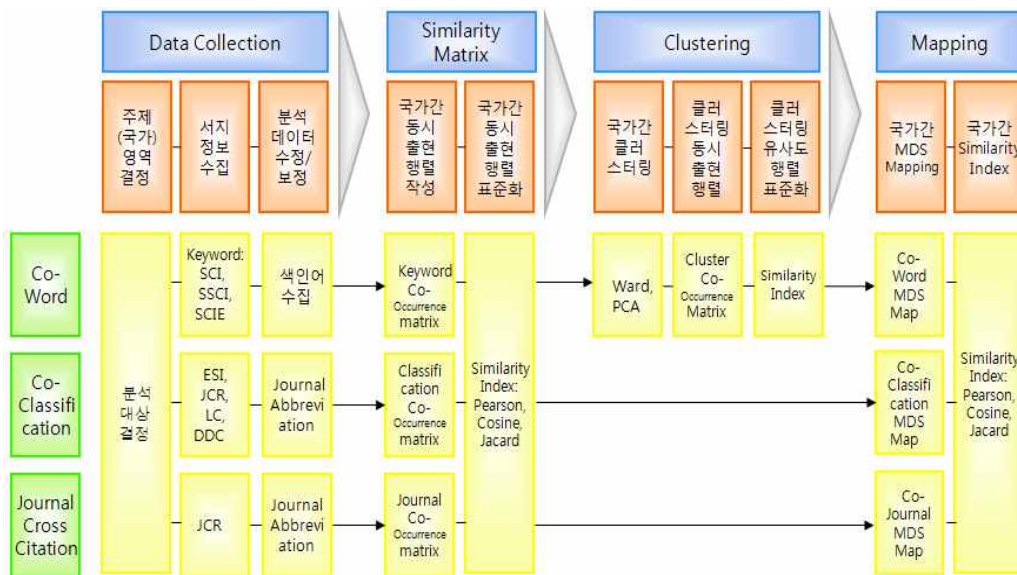
국가간 협력 맵이란, 학문적 성과를 측정하는 개별 단위(연구자 개인, 연구기관, 연구주제, 연구 범주, 국가 등)중에서 국가간의 공동연구 형태를 맵을 분석하는 것이다.

계량서지분석에 활용되는 지수는 종류도 많고 숫자도 다양하다. 본 연구에서처럼 국가간 협력맵을 작성할 때 활용할 수 있는 지표는 개별 연구자(계량서지분석에서 시각화할 때는 개별 주체를 노드라고 표현함)의 학문적 성과를 계량화한 h-지수와 이의 단점을 보완한 h-s 지수가 있고, 각 노드들의 특성을 계량화된 값으로 보여줄 때 때 활용되는 표준연관성 지수와 삼각매개중심성 지수가 대표적이라고 할 수 있다.

(1) 국가간 협력 맵 작성 프로세스

연구 분야 혹은 학문분야의 국가간 협력 상태를 통찰하는 방법 중 하나로 그 분야 연구자들에 의해 발행된 문헌들을 고찰하는 방법이 있다.

문헌들을 분석하고 계산하는 수많은 방법 중 아마도 데이터의 본질을 밝히는 가장 좋은 방법은 그 문헌 내에서 연구자들이 사용한 키워드를 관찰하는 방법일 것이다. 이전 문헌들의 키워드를 통해 우리는 현재 사용되고 있는 아이템뿐만 아니라 이를 처음 사용한 시기까지 알 수 있다. Science Citation Index(SCI)와 Social Sciences Citation Index(SSCI) 등과 같은 문헌 DB에 키워드들이 대량으로 쌓이게 되면 그 집합패턴을 분석하여 논문에 의해 상징된 연구분야의 중대 관심사를 밝혀낼 수 있다. 이것이 이전 시기의 문헌들을 통해 현재 개념적 프레임워크를 파악



자료원 : (이우형, 2007)

<그림 2> 국가간 협력맵 구축 프로세스

할 수 있는 방법이다(이우형 외, 2008). 국가간 협력맵 구축을 위한 프로세스는 <그림 2>와 같다.

(2) h-지수와 hs-지수

h-지수는 Jorge E. Hirsch가 2005년에 제안한 것으로 개인 연구자의 학문적인 성과를 계량화하는 척도이다. 그는 어느 과학자의 Np개의 논문이 적어도 h회 이상 인용되고, 나머지 Np-h개의 논문은 그 개별 인용빈도가 모두 h회 이하일 때 h가 그의 h-지수라고 하였다(Hirsch, 2005). 즉, 연구자의 논문을 인용빈도가 높은 순으로 정렬한 후, 논문의 인용빈도가 논문의 순위보다 크거나 같은 마지막 논문의 순위가 그 연구자의 h-지수가 된다(이재운 2006).

이재운(2006)은 h-지수가 연구 역량을 평가하는 척도로 활용되면서 적용 시에 나타나는 문제점을 언급했다. 첫째, h-지수는 피인용 수를 계산할 때 학술지 논문, 학술대회 발표논문, 단행본, 단행본의 장, 전자저널로 발행되는 논문, 보고서, 초록 등 대상 출판물의 유형이 고정되지 않았다. 둘째, 자기 인용과 같이 적용 가능한 인용의 유형도 정해지지 않았으며, 셋째, 연구자의 논문 수 즉, 연구 생산성에 많은 영향을 받는다. 넷째, 다른 분야나 하위 분야의 다양한 특성을 고려하지 않아 분야 간 비교가 어렵고, 마지막으로 연구자 간의 인용이 활발하지 않고 규모가 작은 영역에서는 지수의 변별력이 떨어지게 된다는 것이다(이재운 2006; Vinkler 2007). 그러나 이와 같은 한계점에도 불구하고 h-지수는 간단하고 손쉬운 방법으로 계산이 가능하며, 연구자의 양적 생산성과 질적 영향력을 한꺼번에 나타낼 수 있는 지수로 평가되고 있으며, 개인 연구자를 넘어서 연

구기관, 국가 등으로까지 그 활용 영역이 확장되고 있다(Molinari & Molinari 2008). 최근에 h-지수의 약점을 극복할 수 있도록 개량 지수 hs-지수를 제안하였다(이재운, 2006). 먼저 hs-지수는 순위 h 이내 논문에 대한 인용빈도의 제곱근을 합하여 구할 수 있는데, 산정하는 공식은 다음과 같다.

$$\text{공식 : } h_s = \sum_{r=1}^h \sqrt{C(r)}$$

(C(r) : 순위 r인 논문의 인용빈도)

hs-지수는 각 논문의 인용빈도에 제곱근을 먼저 취하여 합한다는 점에서 최상위 논문의 인용빈도 차이를 지수 값에 반영하면서 소수의 논문에 의해 지수 값이 좌우되는 경우를 방지할 수 있다.

(3) 평균연관성과 삼각매개중심성

평균연관성(Mean Association : C_M)은 다른 노드들과의 연관성 값의 평균을 산출하면 이 노드가 다른 노드들과 전체적으로 얼마나 근접한 위치에 있는가를 측정하는 것이므로 전역 중심성을 나타내는 지표가 될 수 있다. 가중 네트워크에서 근접중심성의 대안 척도로 제안한다. 다만 링크 가중치가 0인 경우, 즉 링크가 없는 노드 쌍이 지나치게 많은 경우에는 국지적인 척도가 될 위험이 있다. 이 척도는 Newman(2004)의 방식처럼 가중 네트워크를 다중 그래프로 변환한 후 연결정도중심성을 산출하는 것과 결과가 같다. 이와 유사한 방식으로 Callon et al.(1991)과 Ding et al.(2001)은 동시단어분석에서 군집 내 노드가 군집밖의 노드와 가지는 링크의 가중치

를 평균하여 군집의 중심성이라고 한 바가 있다. 삼각매개중심성(Triangle Betweenness Centrality : CTB)은 한 노드가 다른 노드들 사이를 계속시켜주는 능력을 측정하는 척도이다. 측정은 노드 셋으로 구성된 삼각형을 기본 분석단위로 한다. 연관성 행렬에서 분석 기준이 되는 노드를 a라고 할 때 a를 제외한 다른 노드들의 조합 쌍 중에서 다음 조건을 만족하는 노드 쌍(b,c)의 비율로 측정한다.

공식은 $sim(b,c) < MIN(sim(a,b), sim(a,c))$ 이다. 만약 유사도가 아닌 거리값을 이용할 경우에는 다음 조건을 만족하는 노드 쌍의 비율로 측정한다. 공식은 $dist(b,c) > MAX(dist(a,b), dist(a,c))$ 이다. 즉, a,b,c가 삼각형의 꼭지점이라고 하면 a를 기준으로 보았을 때 b와 c를 a가 아닌 다른 노드들 중에서 취할 경우 변 bc가 세 변 중 가장 긴 변이 되는 경우의 비율에 해당된다. 인간관계에서도 서먹서먹한 두 사람 사이에 두 사람 모두와 친한 제 삼자가 대입하면 관계가 개선되기 마련이다. 삼각매개중심성은 이와 같이 행위자가 타인 간의 관계 개선에 기여하는 정도, 즉 중재력 또는 결속력을 측정하는 것이라고도 할 수 있다. 설사 중재 대상인 두 사람 각자와 그리 친하지 않더라도 전혀 남남인 두 사람 사이를 이어주는 역할은 할 수 있는 것이다(이재운, 2005).

Ⅲ. 연구모형 설계

3.1 연구 모형

본 연구의 목적을 달성하기 위해 크게 국가간 협력맵 작성, h 및 hs 지수분석, 그리고 전략적 다이어그램 분석 등 세 가지 분석을 수행하였다. 이를 위해 데이터를 수집하고 수집된 데이터를 바로 분석에 사용할 수 없기 때문에 데이터 전처리를 수행하였다. 데이터 전처리는 다른 말로는 데이터 클린징이라는 용어로도 불리운다. 이는 데이터마다 다르게 쓰인 단어를 같은 단어로 교정하는 작업을 의미한다. 이렇게 전처리가 완료된 데이터를 가지고 분석을 수행한다(<그림 3> 참조).

여기서, 국가 간 공동연구 빈도와 기관 간 공동연구 빈도를 분석하여 공동연구 h-지수 및 공동연구 hs-지수를 산출하여 공동연구 참여 정도를 파악하였다. 또한 국가 간 공동연구 네트워크와 기관 간 공동연구 네트워크를 도출하고 가중 네트워크 중심성 분석을 통해 각 국가/기관의 특성을 파악하였다. 본 연구의 실증분석을 위해 여러 가지 분석 도구를 활용하였다. 먼저, Search Technology, Inc.의 텍스트 마이닝 도구로써 논문 및 지적 재산권 분석, 연구 기술 관리 경영 도구인 Vantage Point를 활용한 데이터 전처리 및 통계를 산출하였다. 또한 Social Network



<그림 3> 본 연구의 분석 프로세스

Analysis 도구인 PAJEK(계량정보학 분야의 관계 분석에 자주 사용되는 도구)을 활용한 공동 연구망 등의 관계 분석 및 주제맵을 생산하였다. 끝으로, 데이터베이스 프로그래밍 언어인 Visual FoxPro와 Microsoft Excel을 이용한 가중 네트워크 분석 및 차트 분석을 수행하였다.

4.1 데이터 특성 및 수집방법

본 연구의 목적을 달성하기 위해 LED분야를 실증 분석 한다. LED(Light Emitting Diode, 발광(發光)다이오드)는 전기신호가 인가되면 빛을 발산하는 화합물 반도체의 일종으로 화합물 반도체의 조성비를 조절함으로써 다양한 색상구현이 가능하다. 방출하는 빛의 종류에 따라 가시광선 LED(V LED),적외선 LED(IR LED), 자외선 LED(UV LED)로 구분될 수 있으며, 모바일 기

IV. 실증분석

<표 2> 논문 데이터 수집을 위한 검색식

소주제명	검색식
Red, Green, Blue LED	((light same emitting* same (diode* or device*)) and (("wafer bonding") or ("indium segregation") or InGaAlP or GaInAlP or AlInGaP or AlGaInP or TIP or (truncated same inverted same pyramid) or (chip and shap*) or InGaN* or (Indium same Gallium same Nitride) or epi* or (Heterojunction same Clad*) or Nanorod* or Nano-rod*)) and (red or green or blue or RGB))
고휘도 백색 LED	((white and (light same emitting* same (diode* or device*)) or "white led*") and (((Red or Green or Blue) and "light source") or (blue and phosphor*)) or ((UV and "light source") and phosphor*))
UV LED	((ultraviolet adj light adj emitting* adj diode*) or (ultraviolet adj light adj emitting* adj device*) or (UV adj light adj emitting* adj diode*) or (UV adj light adj emitting* adj device*))
적외선 LED	((light same emitting* same (diode* or device*)) and ("IR illumination" or "infrared light") and (GaAs or AlGaAs or GaAlAs or InGaAlP or InP or InGaN)) or ("infrared light-emitting diode" or "IR-LED*" or "infrared LED*"))
고집적 chip on module 수직형 LED	((light same emitting* same (diode* or device*)) and ("laser lift-off" or LLO or "vertical light-emitting diodes" or VLED*))
chip scale package	((light same emitting* same (diode* or device*)) and ("wafer level packag*" or "Wafer Level CSP " or "chip scale packag*" or COB or "chip on board" or CSP))
대면적/대용량 MOCVD	((light same emitting* same (diode* or device*)) and (MOCVD* or (Metalorganic same vapour same phase) or MOVPE or (Metal same Organic same Chemical same Deposition))) and ((large same area) or (large same scale)))
대규격 사파이어 기판(제조)	((light same emitting* same (diode* or device*)) and ((sapphire adj substrate) and large) or (large* adj sapphire adj LED*))
신기능 기판(Gan 기판, non-sapphire 기판)	((light same emitting* same (diode* or device*)) and((substrate and (GaN or GaN/Si or ZnO or SiC or LiAl2O3 or Ga2O3 or ZrB2)) and (ammonothermal or epita* or plane* or nonpolar or semipolar or QCSE or mocvd)))
원료가스(제조)	((light same emitting* same (diode* or device*)) and ("MO gas" or "Metal organic" or TMAI or TMGa or TMIn or "trimethyl gallium" or "trimethyl aluminum" or "trimethyl indium" or CP2Mg or NH3))
고방열 heat spreader metal PCB	((Light and Emit* and (Diode* or Device*)) or LED) and ((printed same circuit same board*) or PCB or "heat spreader"))
단파장/내열성/내습성 실리콘 봉지재	((light same emitting* same (diode* or device*)) and (encapsula* or "poly silicon" or "silicon paste*"))
고효율 적색/황색/녹색 형광체	((light same emitting* same (diode* or device*)) and ((phosphor and (red or yellow or green)) or "Ce-doped YAG"))
다기능 제어 IC 및 고효율 AC/DC converting IC	((light same emitting* same (diode* or device*)) and ("AC/DC converter*" or "integrated circuit*" or IC))

기 분야, 자동차 분야, 전자제품 및 간판 분야, 조명 분야 등에서 응용되고 있다.

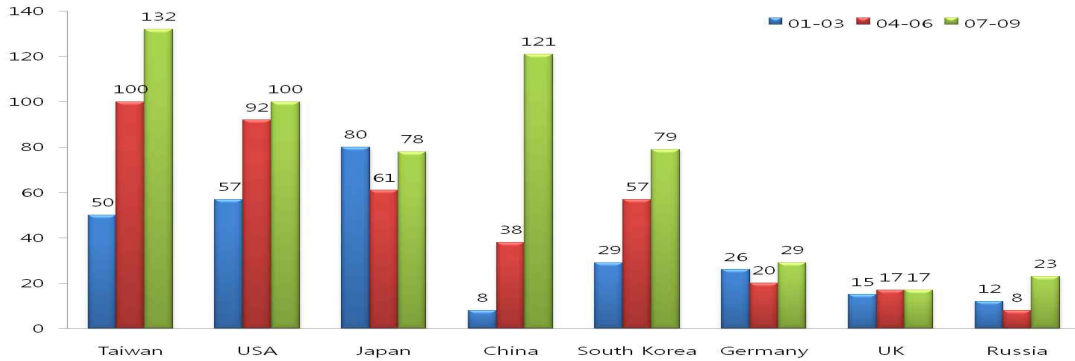
LED 분야를 선택한 이유는 크게 두 가지이다. 첫째, 국내외 LED 연구 및 응용에 대한 관심이 증가하고 있다. 즉, 지식경제부의 『LED 산업 발전 전략』(2008), NIPA의 『IT산업원천기술 개발사업 기획보고서(디스플레이 부분)』(2009), ETRI의 『IT Soc Magazine』(2009) 등에서 LED 산업 기술에 대해 주요 분야로 다루고 있다. 또한 KIAT의 『산업원천기술 로드맵-나노융합』 최종 보고서(2009)에서 “반도체는 국가 전략산업으로 2015년 세계 2강 달성을 위해서는 LED 및 레이저 등 나노 광반도체의 중추적인 역할이 필요하며, LED 조명 산업은 에너지 절감, 친환경, 감성생활 등으로 고속성장하여 D램, NAND플래시 버금가는 규모로 성장할 것으로 예상”하고 있다. 둘째, LED 및 광분야는 응용 학문분야로써 최근 각광받고 있으며 지속적인 성장가능성이 잠재된 분야이다. ‘00년부터 ‘08

년까지 전세계 논문건수는 꾸준한 증가추세를 보이고 있고, 미국에서는 지난 10여 년간 한 해 평균 1970편의 논문을 발표하였다. 따라서, LED 및 광분야의 특징 및 한국의 이 분야 내 연구력을 고려했을 때 매우 적합한 분석 분야로 판단된다. LED 분야는 고도의 전문화된 분야이므로 데이터 수집을 위한 검색 및 추후 분석의 정확성을 높이기 위하여 분야 전문가를 통한 세부 분야 및 주요 검색어 후보를 논의 후 선정하였다.

분석 대상 분야 및 검색식은 LED 제조 기술 분야의 ‘LED 에피/칩/패키지/장비’와 ‘LED 소재/모듈’을 선정하여 총 14개 소주제 분야를 대상으로 하였으며, LED 분야 논문 데이터는 SCIE급 논문을 Web of Science를 이용하여 수집하였다. 데이터 수집을 위한 검색식은 <표 2>와 같으며, 논문의 문헌 유형을 ‘Article’과 ‘Proceedings Paper’로 한정하였다. ‘Review’ 등을 분석의 정확성 및 방법론적 타당성을 고려하

<표 3> 분석 데이터의 규모 및 소주제명

대주제명	중주제명	소주제명	논문수
LED 제조기술	LED 에피/칩/ 패키지/장비	RGB(Red, Green, Blue) LED	1,388
		고휘도 백색 LED	743
		UV LED	570
		적외선 LED	270
		고집적 chip on module 수직형 LED	68
		chip scale package	20
		대면적/대용량 MOCVD	10
	LED 소재/모듈	대구경 사파이어 기판(제조)	26
		신기능 기판(Gan 기판, non-sapphire 기판)	67
		원료가스(제조)	125
		고방열 heat spreader metal PCB	174
		단파장/내열성/내습성 실리콘 봉지재	77
		고효율 적색/황색/녹색 형광체	113
		다기능 제어 IC 및 고효율 AC/DC converting IC	30
전체		3,331	



<그림 4> 주제 1-Red, Green, Blue LED에서의 국가별 논문건수 추이

여 제외하였다.

4.2 기술통계분석 결과

분석 결과 LED분야 총 논문건수는 3,331건이 검색되었다. 세분류별로는 RGB(Red, Green, Blue) LED가 1,388건으로 가장 많이 검색되었고, 대면적/대용량 MOCVD는 10건으로 가장 적은 논문이 검색되었다(<표 3> 참조).

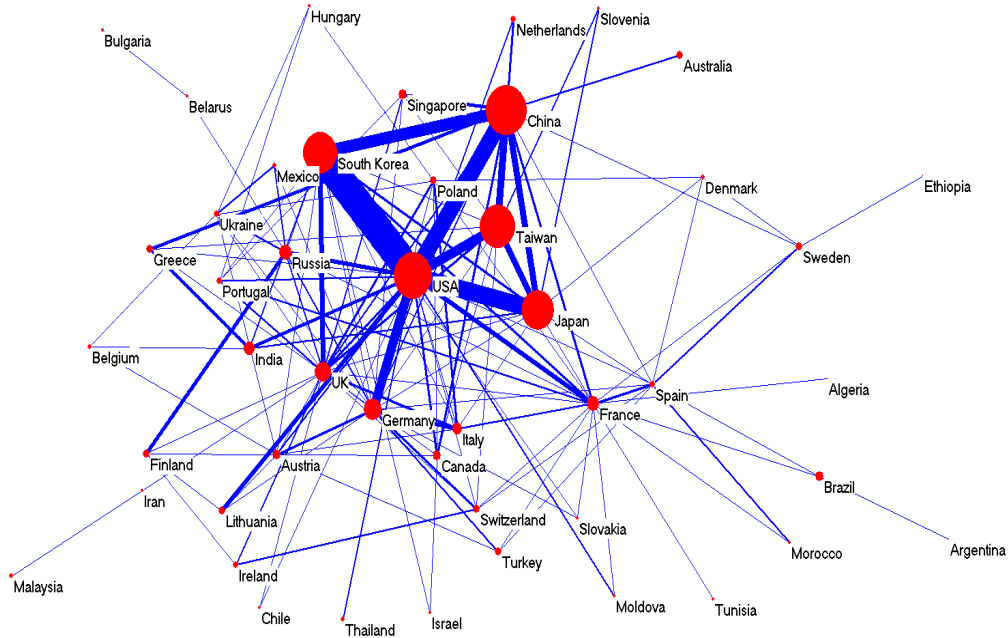
<그림 4>는 주제 1-Red, Green, Blue LED에서 10년 동안 46편 이상의 논문을 발표한 국가들을 대상으로 01-03, 04-06, 07-09의 세 기간으

로 나누어 빈도 분석한 결과이다. 46회 이상 논문을 발표한 국가는 총 8개 국가였으며, 대만이 311편으로 가장 많고, 그 다음은 미국, 일본, 중국, 그리고 한국, 독일, 영국, 러시아 순이다.

187편 이상의 논문을 발표한 상위 5개국 중 대만, 미국, 중국, 한국의 4개국은 지속적으로 논문의 수가 증가하는 추세에 있으며, 특히 중국은 최근 3년(07-09) 동안 논문의 수가 급속히 증가하고 있다. 반면, 일본은 초기(01-03)에는 가장 논문수가 많은 국가였으나 중기 이후 논문수가 점차 감소하고 있다.

<표 4> 국가 간 공동연구 행렬 ('05-'10 논문 30편 이상 10개국)

구분	China	USA	Taiwan	S. Korea	Japan	Germany	UK	Russia	France	India
China	552	23	10	15	9	2	2	0	3	0
USA	23	483	12	39	22	13	3	5	6	4
Taiwan	10	12	400	1	9	1	3	0	0	0
S. Korea	15	39	1	396	3	1	7	1	3	2
Japan	9	22	9	3	346	1	1	0	1	2
Germany	2	13	1	1	1	107	1	2	0	0
UK	2	3	3	7	1	1	89	2	1	0
Russia	0	5	0	1	0	2	2	49	1	0
France	3	6	0	3	1	0	1	1	48	0
India	0	4	0	2	2	0	0	0	0	37



<그림 5> 국가 간 공동연구 지도
(노드 크기는 논문 수, 링크 굵기는 공동연구 건수에 비례)

4.3 국가간 협력도 분석 결과

(1) 공동연구 맵

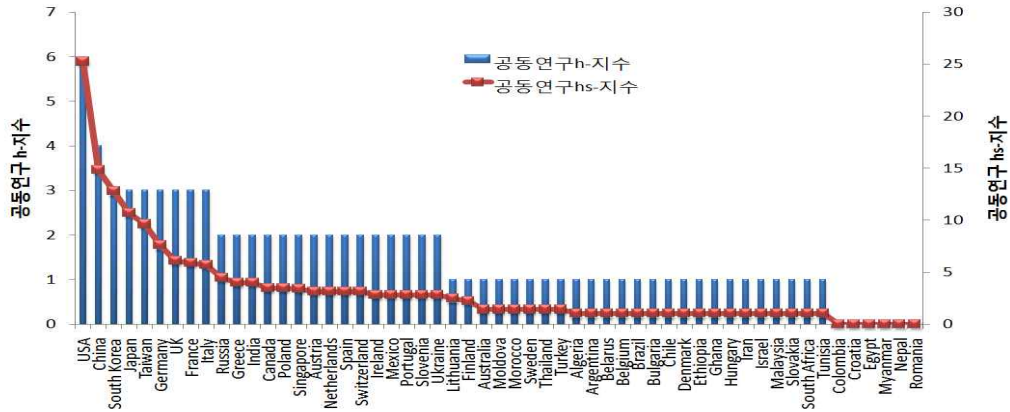
<그림 5>와 <표 4>는 LED 분야의 2005년 이후 국가 간 공동연구 현황을 나타낸 것이다. <그림 5>에서 국가 노드 크기는 논문 수에 비례하고, 링크 굵기는 공동연구 건수에 비례한다. 미국이 중국에 비해 논문 수는 적으나 공동연구는 더욱 활발함을 알 수 있다. 상위 5개 국가 중에서는 한국과 미국 사이의 공동연구가 39건으로 가장 활발하며, 중국과 미국이 23건, 일본과 미국이 22건, 중국과 한국이 15건으로 나타나고 있다. 반면에 한국과 일본의 공동연구는 3건, 한국과 대만의 공동연구는 단 1건에 불과하여 한

국이 상위 5개국 사이의 협력 면에서는 가장 뒤떨어지는 것으로 나타나고 있다.

(2) h-지수 및 hs-지수 분석

<그림 6>과 <표 5>는 국가 간 공동연구에 적극적으로 참여하는 정도를 h-지수와 hs-지수로 측정된 것이다. 공동연구 h-지수와 hs-지수는 여러 국가와 다수의 공동 연구를 수행하는 국가가 높게 나타나며, 공동 연구가 특정 국가로만 국한되거나 공동 연구 건수가 낮은 경우에는 공동연구 h-지수와 hs-지수도 낮게 측정된다.

공동연구 참여도가 가장 높은 미국의 경우 공동연구 h-지수가 6이므로 6건 이상 공동 연구한 국가가 6개국 이상이며, 그 다음으로는 중국이



<그림 6> 국가별 공동연구 참여도(h-지수와 hs-지수)

4건 이상 공동 연구한 국가가 4개국 이상으로 으며 일본과 대만, 유럽 4개국의 순으로 자리하 나타났다. 3위권인 한국, 일본, 대만과 유럽 4개 고 있다. 국 중에서 공동연구 hs-지수로는 한국이 가장 높

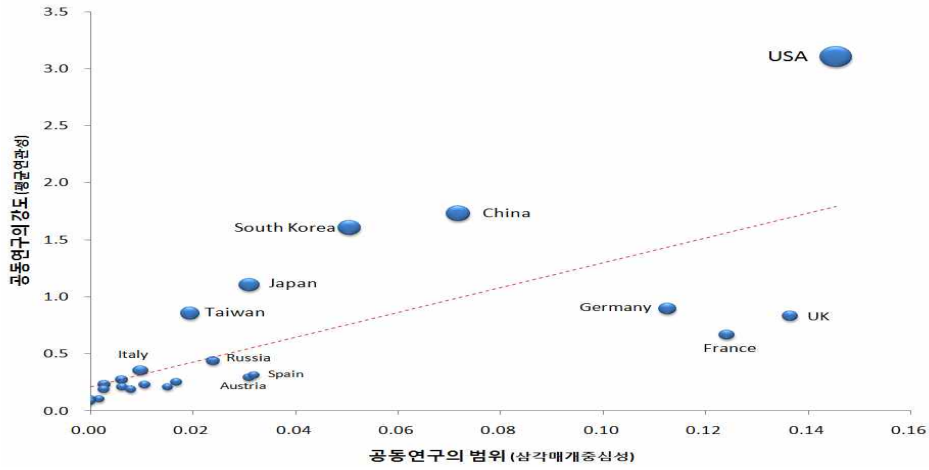
<표 5> 공동연구 참여도 상위 국가

국가	공동연구 h-지수	공동연구 hs-지수	공동연구 hs-지수 순위
USA	6	25.25	1
China	4	14.83	2
South Korea	3	12.76	3
Japan	3	10.69	4
Taiwan	3	9.63	5
Germany	3	7.57	6
UK	3	6.11	7
France	3	5.91	8
Italy	3	5.70	9

(3) 전략적 다이어그램 분석 : 평균연관성 과 삼각매개중심성

<그림 7>과 <표 6>은 전체 국가 간 공동연구 네트워크에서 측정된 국가별 가중 네트워크 중심성을 공동연구 h-지수 2 이상인 국가에 대해서

만 제시한 것이다. <그림 7>에서 노드 크기는 공동연구 hs-지수로 측정된 공동연구 참여도에 비례한다.



<그림 7> 국가 간 공동연구의 범위와 강도

<표 6> 공동연구 네트워크에서 측정 한 국가별 중심성

국가	삼각매개 중심성	평균 연관성	최근접 이웃 중심성	최근접 이웃 국가	공동연구 h-지수	공동연구 hs-지수
USA	0.1454	3.1042	0.2917	South Korea	6	25.25
UK	0.1365	0.8333	0.1042	South Korea	3	6.11
France	0.1241	0.6667	0.1250	USA	3	5.91
Germany	0.1126	0.8958	0.1042	USA	3	7.57
China	0.0718	1.7292	0.1042	USA	4	14.83
South Korea	0.0505	1.6042	0.0833	USA	3	12.76
Spain	0.0319	0.3125	0.0833	France	2	3.15
Japan	0.0310	1.1042	0.0417	USA	3	10.69
Austria	0.0310	0.2917	0.0208	Germany	2	3.15
Russia	0.0239	0.4375	0.0833	USA	2	4.47
Taiwan	0.0195	0.8542	0.0208	USA	3	9.63
Poland	0.0168	0.2500	0.0417	UK	2	3.46
Ukraine	0.0151	0.2083	0.0625	Russia	2	2.83
Canada	0.0106	0.2292	0.0208	China	2	3.46
Italy	0.0098	0.3542	0.0208	Germany	3	5.70
Portugal	0.0080	0.1875	0.0208	USA	2	2.83
India	0.0062	0.2708	0.0417	USA	2	4.00
Switzerland	0.0062	0.2083	0.0208	Germany	2	3.15
Greece	0.0027	0.2292	0.0208	China	2	4.00
Singapore	0.0027	0.1875	0.0000	China	2	3.41
Ireland	0.0018	0.1042	0.0000	UK	2	2.83
Netherlands	0.0000	0.1042	0.0000	China	2	3.15
Mexico	0.0000	0.1042	0.0208	Russia	2	2.83
Slovenia	0.0000	0.0833	0.0000	Taiwan	2	2.83

삼각매개중심성은 의미 있는 공동연구의 범위를 나타내며, 평균 연관성은 타 국가와 공동연구의 평균 강도를 나타내는 전역 중심성 척도이다. 최근접 이웃 중심성은 가까운 국가들 사이의 중심성을 나타내는 지역 중심성 척도이다.

2005년 이후 논문 편수가 2위인 미국은 모든 지수에서 1위로 나타나서 공동연구 네트워크에서 핵심적인 위치를 차지하고 있다. 공동연구의 상대방 국가 범위를 나타내는 삼각매개중심성을 보면 1위인 미국 이외에 유럽의 영국, 프랑스, 독일이 동아시아의 중국, 한국, 일본, 대만보다 높게 나타나고 있다. 그리고 공동연구의 평균 강도를 나타내는 평균 연관성은 중국, 한국, 일본이 주요 유럽 국가보다 높게 나타난다. 다만 대만은 독일보다 낮게 나타나서 공동연구의 강도가 그리 높지 않음을 알 수 있다.

V. 결 론

5.1 연구요약 및 결론

본 연구는 LED분야를 대상으로 국가간 협력도 분석을 수행하였다. 분석결과, LED 분야는 적용 범위가 광범위하며, 향후 고속 성장이 예상되는 유망한 분야인 만큼 주요 국가의 기술 선점을 위한 경쟁이 치열한 상황이다. 우리나라는 Chip Scale Package 등 LED 제조 등 기술적 부분에서 경쟁력이 있는 것으로 판단되나, 신기능 기관 등 신기술 개발 분야는 아직까지 연구개발 및 기술선점이 활발하지 않은 상황이다.

특히 신기능 기관, 대구경 사파이어, 대면적/대용량 LED 제조 등과 같은 미래 유망 영역에

대한 연구개발 지원이 이루어져야 할 것이다. 이를 위해서는 이 분야에 대한 연구를 진행하고 있는 미국, 일본 등과의 협력 연구를 확대하는 것도 필요할 것이다.

본 연구를 통해 계량서지분석 방법에 사용되는 분석 기법 및 분석 도구의 유용성과 통합분석 시스템의 개발 필요성을 발견하였다. 먼저 분석 기법의 유용성에 대해 살펴보면, 전통적인 빈도 분석과 연도별 추이 분석 이외에 공동연구 네트워크 분석으로 국가단위의 입지와 특성을 파악할 수 있었다. 새롭게 개발한 공동연구 h-지수 및 hs-지수를 통해서 각 국가의 공동연구 참여도를 파악하고, 가중 네트워크 중심성 분석을 통해서 각 국가의 공동연구 범위와 우선순위로 꼽히는 정도를 살펴볼 수 있었다. 국가 단위의 공동연구 분석 및 연구 유사성 분석을 통해 핵심 협력 국가와 주요 경쟁 국가를 판단할 수 있었다. 다음으로 분석도구의 유용성에 대해 살펴보면, 데이터 전처리 및 통계 산출을 위한 도구로 Vantage Point의 유용성과 공동연구 네트워크와 연관 네트워크 분석용으로 Pajek의 유용성을 확인하였다. 본 연구의 분석은 단일 프로그램을 통하지 않고 Vantage Point, Pajek, Excel과 같은 상용/비상용 패키지 프로그램과 Visual Foxpro와 같은 데이터베이스 프로그래밍 도구를 사용하여 수행되었다.

향후 동향 분석을 지원하는 통합 시스템의 개발이 필요하다고 판단되며, 시스템 개발에 있어서는 본 연구와 같은 분석을 단일 프로그램에서 수행할 수 있는 기능 개발이 우선적으로 검토되어야 할 것이다. 다만, 경우에 따라서는 특수한 분석/처리 기능을 가진 별도의 프로그램 활용이 필요할 수 있으므로 원 데이터, 가공 데이터, 분

석 데이터의 반입과 반출이 자유롭게 구현되어야 할 것이다.

다. 따라서 향후에는 이러한 다양한 데이터들을 활용해야 할 것이다.

5.2 연구의 시사점 및 한계

본 연구는 크게 두 가지 부분에 기여할 것으로 판단된다. 첫째, 학문적으로는, 불확실성이 가장 높은 연구기획단계에서 사전 타당성 분석에 적합한 계량서지분석 방법의 선진기법을 국내에 소개하고 이에 대한 심도 있는 연구결과를 발표할 수 있다. 특히 현재 세계적 리딩그룹들에 의해 활발히 연구되고 있는 방법론을 국내 사례에 적용함으로써 많은 학문적 확산이 일어날 것으로 판단된다. 현재 이러한 방법론에 관심을 가지고 있는 국내 여러 기관 및 대학에 개발 방법론을 소개함으로써 선의의 경쟁관계를 형성하여 학문의 긍정적 발전을 꾀할 수 있을 것이다. 둘째, 사회적 기여로는, LED분야 분석결과를 정부의 중장기 IT R&D 전략, 정보통신연구개발기본계획 수립뿐만 아니라 IT 기술로드맵, IT 핵심 기술개발사업 과제기획 등의 기초자료로 활용할 수 있다. 또한, 기술기획역량이 상대적으로 부족한 중소기업의 기술개발계획 수립 등을 위한 기초정보로 제공 가능하며, 기술별 대상으로 기술혁신역량을 진단하고 비교함으로써 연구주체별 역량격차 및 원인분석이 가능하여 주체별 역량강화방안 수립에 활용 가능하다.

본 연구는 분석 자료의 대표성의 한계점을 가지고 있다. 즉, 본 연구에서는 분석 데이터로 논문 데이터만을 활용하였다. 어떤 분야의 정확한 특성을 파악하기 위해서는 논문뿐만 아니라 특허 데이터 나아가서는 시장 데이터 등을 활용하여야 좀 더 정확한 특성을 파악할 수 있을 것이

참고문헌

- 김선영, 이영재, “국방 정보시스템 연구개발사업 업체선정 평가 모형 개발에 관한 연구,” 정보시스템연구, 제19권, 제2호, 2010, pp.73-95.
- 배상진, 여운동, 이상필, “과학기술 정보분석 시스템 동향 및 향후 발전 방향,” 한국기술혁신학회 춘계학술대회, 2006, pp.307-314.
- 이우형, “RADERS를 통한 IT미래 유망기술 발굴,” IT기술정책연구, 2007.
- 이우형, “정보분석을 활용한 R&D 선진국 산업 기술 정책,” 기술과 미래, 제8권, 2010.
- 이우형, 김한주, 박준철, “정보분석 방법론을 활용한 유망기술 탐색,” 정보시스템연구, 제17권, 제3호, 2008, pp.235-254.
- 이우형, 이명호, 박준철, “선도 R&D 계획에 관한 계량서지분석: 과학문헌에서의 유망동향 탐색,” 정보시스템연구, 제18권, 제4호, 2009, pp.19-40.
- 이우형, 정지범, 이성희, “지식맵을 활용한 IT R&D 유망영역 탐색: 가입자망 분야를 중심으로,” Information System Review, 제10권, 제2호, 2008, pp.1-20.
- 이재윤, “연구성과 측정을 위한 h-지수의 개량에 관한 연구,” 정보관리학회지, 제23권, 제3호, 2006, pp.167-186.
- 이재윤, “지적구조의 시각화를 위한 네트워크

- 형성 방법에 관한 연구,” 제12회 한국 정보관리학회 학술대회, 2005.
- 윤병운, “계량정부 분석방법론의 과학기술 적용사례 조사·분석 연구,” 한국과학기술정보연구원, 2008.
- 지식경제부, “LED 산업 발전전략,” 보도자료, 2008.
- 정보통신산업진흥원, “IT산업원천기술개발사업 디스플레이 분야,” 기획보고서, 2009.
- 전자통신연구원, “LED분야 전망,” IT SOC Magazine, 2009.
- 한국산업기술진흥원, “산업원천기술로드맵,” 연구기획 보고서, 2009.
- 한국산업기술진흥원, “2010년도 경영실적 보고서,” 2011.
- Callon, M., J. P. Courtial and F. Laville, "Co-Word Analysis as a Tool for Describing the Network of Interactions between Basic and Technological Research: The Case of Polymer Chemistry," *Scientometrics*, Vol.22, No. 1, 1991, pp.153-205.
- Ding, Y. G. G., Chowdhury and S. Foo, "Bibliometric Cartography of Information Retrieval Research by Using Co-Word Analysis," *Information Processing & Management*, Vol.37, No.6, 2001, pp.817-842.
- Hirsch, J.E. "An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol.102, No.46, 2005, pp.16569-16572.
- Molinari, Jean-Francois and Molinari, Alain, "A New Methodology for Ranking Scientific Institutions," *Scientometrics*, Vol.75, No.1, 2008, pp.163-174.
- Newman, M. E. J., "Analysis of Weighted Networks," *Physical Review E*, Vol.70, No.5, 2004.
- Vinkler, Peter, "Eminence of Scientists in the Light of the H-Index and Other Scientometric Indicators," *Journal of Information Science*, Vol.33, No.4, 2007, pp.481-491.
- Wheatley, K.K. and Wilemon, D., "Global Innovation Teams: A Requirement for the New Millennium." *Proceedings of the Portland International Conference on the Management of Engineering and Technology*, Vol.1, 1999.

이우형(Lee, Woo-Hyoung)



저자는 한국외국어대학교에서 정보시스템으로 경영학 박사학위를 취득하였고, Boston 대학교에서 박사후 과정을 수행했다. 현재 한국산업기술진흥원 미래기술기획팀장으로 재직하고 있다.

여운동(Yeo, Woon-Dong)



저자는 경북대학교에서 전자공학을 전공하고, 고려대학교에서 컴퓨터공학 박사를 수료하였다. 현재 한국과학기술정보연구원 기술정보분석실에서 계량정보분석을 담당하고 있다.

박준철(Park, Jun-Cheul)



저자는 대구대학교 경영학 과를 졸업하고 한국외국어대학교에서 MIS로 석사, 대구대학교에서 e-Business로 경영학 박사학위를 취득하였다. 현재 강릉원주대학교 공과대학 산업정보경영공학과에 교수로 재직하고 있다.

* 이 논문은 2011년 5월 17일 접수되어 1차수정(2011년 6월 2일)과 2차수정(2011년 6월 20일)을 거쳐 2011년 6월 26일 게재 확정되었습니다.

<Abstract>

A Study on the Analyzing International Cooperation Using Bibliometrics : Focused on LED

Lee, Woo-Hyoung · Yeo, Woon-Dong · Park, Jun-Cheul

This study is intended for international cooperation in the field of LED were analyzed. The results, LED wide coverage areas, and a promising future is expected to grow fast enough to occupancy for a major national technology is a competitive situation. Chip Scale Package, including our country, such as LED manufacturing technology that might be competitive in parts, but new technologies such as renal substrate R&D and technology development still active preemption is not the situation. Renal substrate, particularly, large-diameter sapphire, large size/large LED manufacturers, such as a promising area for future research and development support will be needed. To do this, previous research in this area and the U.S., Japan cooperation in such studies also will need to expand. Bibliometrics way through this study, analytical techniques and analytical tools used in the integrated analysis of the usefulness and necessity of the system development were found.

Keywords : International Cooperation, Bibliometrics, Analytical Techniques, Analytical Tools, LED