

Organic Light-Emitting Diodes 디스플레이 기술의 특허 동향과 기술적 가치에 관한 탐색적 연구

김민구
한양대학교 기술경영전문대학원
(loginmin9@hanyang.ac.kr)
정태현
한양대학교 기술경영전문대학원
(tjung@hanyang.ac.kr)

김용우
한양대학교 기술경영전문대학원
(ywkim@hanyang.ac.kr)
김영민
한양대학교 기술경영전문대학원
(yngmnkim@hanyang.ac.kr)

본 연구는 Organic Light-Emitting Diodes(OLEDs) 산업의 하위기술 분야를 도출하여 특허 동향을 분석하고 각 하위기술 분야별 기술 가치, 독창성, 다양성을 분석한다. 특허 자료 수집을 위해 OLED 기술과 관련된 국제 특허 분류(International Patent Classification) 집합을 정의하고, 이를 활용해 2005년부터 2017년까지 출원된 OLED 연관 특허를 수집하였다. 이어서 토픽모델을 이용하여 대량의 특허 문서를 12가지 주요 기술로 구분하고 각 기술에 대한 동향을 조사하였다. 그중 터치 센서, 모듈, 이미지 처리, 회로 구동 관련 특허는 증가 추세를 보였으나 가상 현실, 사용자 인터페이스 관련 특허는 최근 감소하였고, 박막 트랜지스터, 지문 인식, 광학필름 관련 특허는 지속적인 추세를 보였다. 이후 각 기술 그룹에 포함된 특허의 전방 인용 수, 독창성, 다양성을 조사하여 기술적 가치를 비교하였다. 결과로부터 전방 인용 수, 독창성, 다양성이 높은 이미지 처리기술, UI/UX, 모듈 기술, 접착 기술 분야가 상대적으로 높은 기술적 가치를 보여주었다. 본 연구를 통해 기업의 기술 전략 수립과정에서 활용 가치가 높은 정보를 제공한다.

주제어 : Patent, Latent Dirichlet Allocation, Organic Light Emitting Diode, PATSTAT

논문접수일 : 2022년 8월 21일 논문수정일 : 2022년 10월 18일 게재확정일 : 2022년 11월 6일
원고유형 : Regular Track 교신저자 : 김영민

1. 서론

지난 30년간 디스플레이 산업은 PDP(Plasma Display Panel), LCD (Liquid Crystal Display), LED (Light Emitting Diode), OLED(Organic Light-Emitting Diode) 등 다양한 소자들의 경쟁 과정에서 괄목할 만한 성장을 이뤄왔다(Annis, 2019; Hendy and Gray, 2020). 현재 디스플레이 시장은 약 1,300억 달러 규모이며, OLED를 이용한 고부가가치 시장과 LCD를 이용한 저가형 시장으로 양분화되어 있다. LCD와 OLED의 시장 규모는 각각 839

억 달러, 475억 달러로 LCD가 여전히 시장의 주류를 이루고 있으나, OLED가 급속도로 LCD의 시장을 대체하는 추세다. 이와 같은 추세는 최근 시장 점유율 변화를 통해 확인할 수 있다. OLED 산업은 2017년 14%에서 2021년 35%로 매우 급격한 성장을 보여주고 있지만, LCD 산업은 같은 기간 86%에서 64%로 낮아지고 있다(Young, 2019). 이러한 연유로, 기업은 OLED 패널 제조 경쟁력 확보를 위한 연구 개발에 집중하고 있지만, 기술적 선택과 기업의 전략적 선택이 확정되어 있지 않아 기술 전략적 이해가 필요하다. 기

업은 기술 전략 수립을 위해 기술 동향 분석, 기술 예측, 기술 로드맵, 기술 포트폴리오 분석 등 다양한 기법을 활용한다. 이 중 기업의 97.5%는 기술 전략 수립과정에서 기술 동향 분석 자료를 활용하고 있다(김명관 등, 2003). 따라서 기술 동향 정보는 기업의 기술 개발과 관련된 전략적인 의사 결정 과정에서 중요한 인사이트를 제공할 수 있다.

디스플레이 산업의 전반적인 기술 동향을 살피기 위해서는 연관성 높은 단위 기술을 적절한 수준으로 그룹화할 필요가 있다. 디스플레이 산업은 기술 집약적 특징을 보이기 때문에 개별적인 단위 기술 수준에서 동향을 살피기에는 산업의 기술 범위가 너무 넓기 때문이다. 따라서 대부분의 선행 연구에서는 기술 동향 분석을 위해 특정 기술로 범위를 한정한 사례가 많다. 예를 들어, Lee et al.(2017)는 OLED 패널 기술을 기관 기술, 전극기술, 봉지 기술로 한정하고 기술 동향을 분석하였고, Koo et al.(2018)은 재료, 제조 방식, 디자인, 응용 기술로 한정하고 기술 동향을 분석하였다. 이러한 방식은 특정 기술을 구체적으로 파악할 수 있는 장점이 있으나, 전체적인 기술 흐름을 파악하기에 기술의 범위가 너무 제한적인 단점이 있다. 따라서 본 연구는 OLED 관련 기술을 특정 기술로 한정하지 않고 적절한 기술 수준으로 그룹화함으로써 보다 정확한 기술 동향을 파악하고자 한다.

OLED 산업과 연관된 기술 자료를 수집하기 위하여 유럽 특허청(EPO)의 세계 특허 통계 데이터베이스(PATSTAT)에서 특허 문서를 수집하였다. 특허는 산업의 중요한 기술적, 경제적, 사회적 가치를 나타내기 때문에 기술 동향 분석을 위한 자료로 활용하기 적합하다(Frietsch, 2010). 효과적인 특허 수집을 위한 다양한 선행 연구가

존재하는데, 특허 검색을 위한 가장 일반적인 방법은 키워드를 활용하거나(Larkey, 1999), 특허 분류 정보를 이용하는 방법이다(Baillie, 2002; Takaki et al., 2004). 주로 활용되는 특허 분류 정보는 IPC(International patent classification) 방식이다. 그러나 하나의 방법에 의존하는 것보다는 다양한 방식을 혼용하면 보다 정확하게 특허를 검색할 수 있는 장점이 있다(Benson and Magee, 2013). 본 연구에서 활용하는 특허 검색 방식은 기본적으로 키워드와 IPC를 조합하는 방식으로 Benson(2013)의 방법론을 따른다. 다만, 디스플레이 산업을 대표할 수 있는 IPC 분류 코드 집합을 새롭게 구성하여 OLED와 연관된 특허를 더 정확하게 수집하고자 하였다. 이를 위한 첫 단계로 OLED와 연관된 기술 중 가장 최신 기술에 속하는 유연한 디스플레이를 양산하는 기업을 표본으로 선정하고 각 기업이 출원한 모든 특허 분류 코드를 모아서 IPC 집합을 구성한다. 디스플레이는 몇몇 기업이 시장을 주도하고 있으므로 표본 기업 간 IPC 집합의 유사성이 매우 높다면 이를 OLED 산업을 대표하는 IPC 집합으로 같음할 수 있다.

특허 문서를 서로 유사한 주제를 갖는 문서들로 그룹화하고 각 그룹의 동향을 살피기 위해 LDA(Latent Dirichlet Allocation) 토픽모델을 활용한다. 토픽모델은 문서 집합에서 주제를 추출하기 위해 사용되고(Blei, 2012) 특허에서 추출된 주제는 특정 기술을 함의하기 때문이다. 이러한 연유로 신재생에너지 기술(K.S. Shin, 2015), 차량용 반도체 기술(남대경, 최경현, 2018), 정보시스템(강은경 외, 2022) 등 다양한 산업 분야에서 기술 동향을 파악하기 위해 토픽모델을 활용하고 있으나 아직 OLED 분야의 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서 본 연구를 통해 OLED 산

업의 기술 동향을 파악할 수 있는 분석 방법을 제시하고 기술 전략적 이해를 돕기 위한 기초 연구 자료를 제공하고자 한다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 디스플레이 산업의 특징과 기술을 간략히 소개한다. 3장에서는 자료 수집 절차와 수집된 데이터를 개괄적으로 분석한다. 4장에서는 토픽 모델을 활용하여 주요 기술 그룹을 추출하고 각 기술 그룹별 동향을 살핀다. 5장에서는 기술 그룹별 독창성, 다양성, 전방 인용 수를 비교하고 기술적 가치를 검토한다. 6장에서는 결과들을 요약하고 이 연구에 대한 결론과 한계점에 대하여 논의한다.

2. 디스플레이 산업의 특징과 기술 개요

디스플레이는 인간과 다양한 정보기기를 연결해 주는 기능을 한다. 정보기기는 디스플레이를 통해 각종 정보를 표현하고 받아들인다. 최근 화질, 색 표현 범위 등 디스플레이의 기본적인 성능 개선과 더불어 터치스크린, UX/UI 등의 사용자 환경이 개선됨에 따라 그 활용 범위를 더욱 넓혀 가고 있다. 디스플레이 산업은 자본 및 기술 집약적이고 패널에 대한 의존성이 매우 크다 (Yang and Chen, 2020). 제조를 위한 대규모 설비 투자가 필요하므로 자본 집약적인 특성을 보이고, 전기, 전자, 광학 등 다양한 학문 분야가 결합한 산업이므로 기술 집약적인 특성을 갖는다. 그리고 디스플레이 패널이 곡면 디스플레이, 폴더블 디스플레이와 같이 스마트폰, 모니터, TV 등 완제품의 구조화된 형태뿐 아니라 고화질, 광시야각 등의 주요 기술을 결정하기 때문에 패널의 의존성이 매우 크다.

디스플레이 산업은 서로 다른 패널 간 상호 경쟁 과정에서 발전해왔다(De Vaan, 2007; Cho and Daim, 2016). 2000년 초반까지 전 세계 TV 시장을 CRT (Cathode Ray Tube)가 주도해 왔으며, 그 이후 10년간 LCD, PDP 등의 평판 디스플레이 기술이 기존 시장 규모를 추월하며, 시장의 주류를 이루게 되었다. 2000년대 대형 TV 시장을 주도하던 LCD와 PDP 기술은 두 기기 간 치열한 기술 경쟁 과정에서 비약적인 발전을 이루었으나, 이 과정에서 PDP는 시장에서 사라진 디스플레이 기술이 되었다. 현재 시장의 주력기기는 LCD와 OLED이며, OLED가 LCD의 시장을 빠르게 잠식하고 있다.

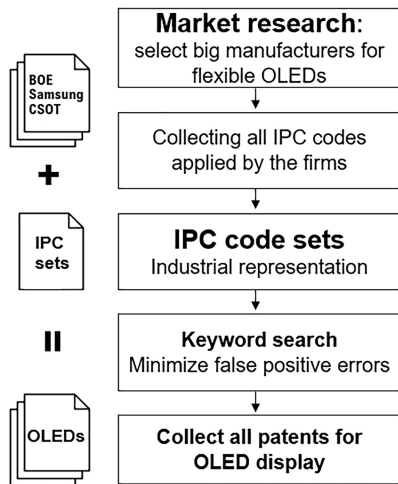
두 기술의 가장 큰 차이점은 발광 방식의 차이이다. LCD는 BLU (Back Light Unit)라는 별도의 광원을 사용하여 빛을 발생시키고, CF (Color Filter)를 사용하여 색상을 구현한다. OLED는 유기 발광 소자를 사용하여 자체적으로 빛을 발생시키기 때문에 별도의 광원과 CF가 필요 없어, 매우 얇은 제품 생산이 가능하다. 이외에도 넓은 시야각, 높은 고대비, 낮은 소비전력, 높은 응답률, 넓은 색 재현 범위가 가능하다. 무엇보다 OLED는 투명하고 유연한 차세대 디스플레이 기술을 위한 최적의 소자로 주목받고 있다.

OLED 기술은 1987년 C.W Tang이 2-Layer 구조의 유기 박막 소자를 개발하여 세계 최초로 특허를 출원하며 본격적으로 개발되기 시작하였다 (Tang and VanSlyke, 1987). 이후 미국, 일본이 상용화를 위해 각고의 노력을 기울였으나 양산에 실패하고 삼성SDI가 2007년 세계 최초로 능동형 OLED 양산에 성공함으로써 본격적으로 상용화 단계에 접어들었다. 이후 많은 기업이 OLED를 이용한 전자 제품을 상용화하기 위하여 노력해왔다. 현재 핸드폰, 태블릿 등에 사용되는 중소

형 디스플레이 시장은 삼성디스플레이가 시장을 주도하고 있으며, TV 등에 사용되는 대형 디스플레이 시장은 엘지 디스플레이가 주도하고 있다 (Coffey, 2017).

3. 자료 수집 절차 및 사전 분석

본 장에서는 연구에 활용한 자료 수집 절차를 소개하고 본격적인 데이터 분석에 앞서 개략적인 기초 통계량을 분석한다. 이를 위해 우선 표본 기업을 선택하고 이들 기업이 출원한 특허의 기술 분류 분포를 비교한다. 그리고 각 기업의 특허가 공통으로 갖는 IPC 분류 코드를 서로 합쳐 디스플레이 산업을 대표할 수 있는 IPC 집합을 구성한다. <그림 1>은 본 연구에서 시도한 특허 수집 절차다.



<그림 1> Flowchart to search patents related to OLED industry

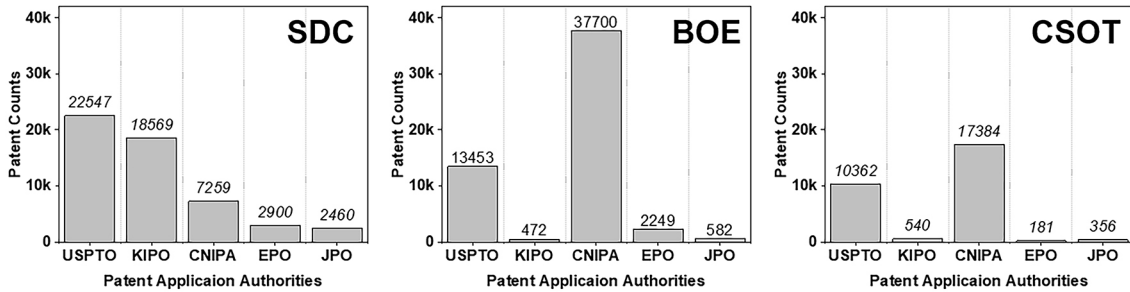
3.1 자료 수집을 위한 기업 표본

자료 수집을 위해 우선 표본이 되는 기업을 선택해야 한다. OLED 시장은 대형 디스플레이 시장과 중소형 디스플레이 시장으로 나눌 수 있다. 이 중에서 중소형 디스플레이가 전체의 약 85%를 차지하고 있고 유연한 디스플레이는 중소형 디스플레이 기술 중 가장 최신 기술에 속한다. 따라서 유연한 디스플레이를 양산하는 기업을 표본으로 선택하고 그 기업이 출원한 모든 특허에 포함된 국제 특허 분류(IPC) 코드를 수집하였다.

<표 1> Several products and manufacturers for flexible OLED display

Product Model	Smart Phone	Main Display	Sub Display	Period
Mate X	HUAWEI	BOE	-	Q3 2019
MOTO RAZR	LENOVO	BOE, CSOT	BOE, CSOT	Q3 2019
Galaxy Fold	SEC	SDC	SDC	Q4 2019
Galaxy Z Flip	SEC	SDC	SDC	Q1 2020
Galaxy Fold2	SEC	SDC	SDC	Q3 2020
Galaxy Z-Fold3	SEC	SDC	SDC	Q3 2021
Galaxy Z-Flip3	SEC	SDC	SDC	Q3 2021
OPPO New	OPPO	SDC	BOE	Q3 2021
Vivo	VIVO	SDC	BOE	Q3 2021
New MIX	XIAOMI	SDC, CSOT	CSOT	Q3 2021

시장조사업체 옴디아(Omdia)에 따르면, 현재 SDC (Samsung Display Co., Ltd.), BOE(BOE Technology Group Co., Ltd.), CSOT(China Star Optoelectronics Technology Co., Ltd) 3개 기업이 유연한 디스플레이 패널을 양산하고 있다. 유연한 디스플레이는 TV와 같은 대형 제품으로는 아직 상용화 전 단계이며, 스마트폰과 같은 중소형 제품으로 상용화되고 있다(Young, 2020). <표 1>은 유연한



※ USPTO: United States Patent and Trademark Office, KIPO: Korean Intellectual Property Office, CNIPA: China National Intellectual Property Administration, EPO: European Patent Office, JPO: Japan Patent Office

<그림 2> Total number of patents by major companies in mass production of flexible OLED

디스플레이를 출시한 스마트폰 제조 기업과 그 기업에 패널을 공급한 기업을 보여준다. 앞서 언급한 바와 같이 SDC, BOE, CSOT가 유연한 디스플레이 패널을 양산하는 기업이므로 이를 IPC 분류 코드 집합 구성을 위한 표본으로 선택한다. 이 기업이 출원한 모든 특허 분류 코드를 수집하기 위해 OLED 기술 개발이 본격적으로 이루어지기 시작한 2005년부터 2017년까지 기업에서 출원한 모든 특허 서지 정보를 수집하였다.

<그림 2>는 주요 특허 관청별로 각 기업이 출원한 특허 수를 보여준다. 중국 기업인 BOE가 약 6만6천 건으로 가장 많은 특허를 출원하였다. CSOT는 다른 2개 기업보다 특허 수가 현저히 낮았다. 이는 CSOT가 상대적으로 시장에 늦게 진입한 후발주자이기 때문이다. 흥미로운 점은 한국 기업인 SDC의 미국 특허 출원 수가 한국의 출원 수보다 많은 점이다. 특허는 일반적으로 자국 내 출원이 많은 경향이 있지만(Criscuolo and Paola, 2006), 미국에 대한 출원 비율이 높은 점은 미국 시장에서의 경쟁이 점차 치열해지고 있음을 의미한다. 이와 반대로 중국 기업인 BOE, CSOT는 자국 내 특허 출원 비율이 높았다. 중국 기업의 경우 내수 시장을 공략하기 위해 각 기업

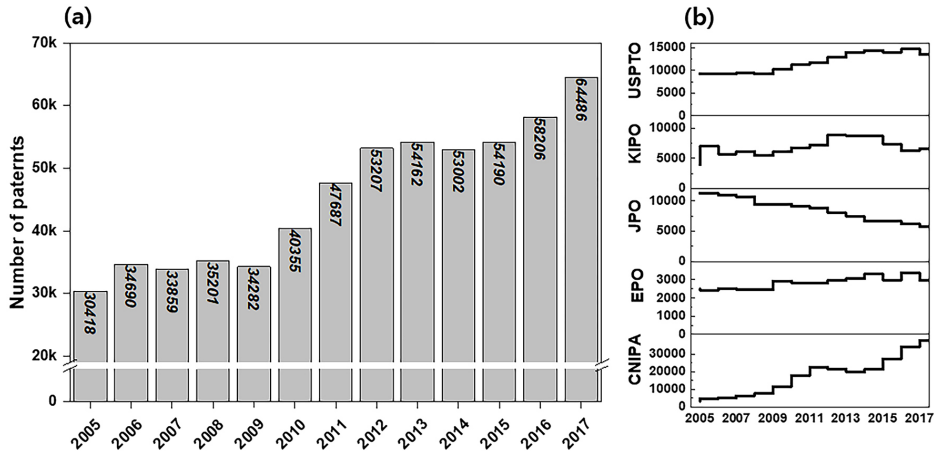
이 각고의 노력을 기울이고 있으며 내수 시장에 대한 경쟁이 매우 치열함을 예상할 수 있다.

<표 2> Total number of patents by IPC (top 10 IPC codes)

SDC		BOE		CSOT	
IPC	Counts	IPC	Counts	IPC	Counts
H01L	602,872	H01L	384,389	H01L	241,673
G02F	228,446	G02F	230,066	G02F	197,623
G09G	202,209	G09G	128,927	G09G	80,804
C07D	97,324	G06F	82,346	G06F	23,577
G06F	91,350	G02B	44,393	F21V	15,345
C09K	52,133	H04N	29,865	G02B	14,943
H05B	41,185	G09F	20,721	C09K	10,470
B32B	40,982	G03F	16,454	G09F	9,323
G09F	38,900	G06K	16,395	C07D	8,700
H05K	37,423	F21V	16,204	H05K	7,704

3.2 산업을 대표하는 IPC 코드 집합

OLED 기술특허의 수집을 위해 본 연구는 키워드 검색과 IPC 검색의 조합을 활용한다. 또한, 디스플레이 전문기업의 특허를 포함할 수 있는 전략을 개발하여 적용하였다.



〈그림 3〉 Time-series showing (a) the number of all applied patents for OLED and (b) the number of applied patents by big five patent offices

우선 디스플레이 전문기업을 식별하여 이들의 특허를 수집하였다. 디스플레이 산업은 몇몇 대기업이 과점하여 치열하게 경쟁하는 특성을 보이며, 비교적 기술 세대가 명확히 구분된다. 따라서, 각 디스플레이 전문기업의 특허 집합은 개별 기업의 기술 전략상 상이함을 드러내 보이는 한편, 산업 내 지배적 기술 또는 개발 경쟁 중인 기술 등 산업적 공통성도 드러내 보일 것이다. 본 연구는 이러한 점에 착안하여 모든 디스플레이 전문기업들의 특허에서 나타나는 공통된 기술 분야(IPC 코드 기준)를 디스플레이 산업의 기술 분야로 파악하였다. <표 2>는 표본 기업이 출원한 특허에 포함된 상위 10개의 IPC 분류 코드다. 상위 3가지 IPC 분류 코드는 3개 기업 모두 일치하였다. 상위 3개의 IPC 분류는 반도체 장치(H01L), 광학 장치(G02F), 표시장치의 제어를 위한 장치(G09G)로 디스플레이 산업과 연관성이 매우 높은 기술 분야다.

기업 간 기술 분야 유사성을 보다 정량적으로 비교하기 위해 3개 기업이 공통으로 갖는 IPC 코

드의 비율을 조사하였다. 식(1)은 본 연구에서 정의한 각 기업 간 기술 분야 유사성(S)을 계산한 식이다. 즉, 3개 기업 모두가 갖는 IPC 분류 코드를 모아, 그것에 속한 모든 특허 수를 계산한다. 이것을 기업이 출원한 전체 특허 수로 나누어 유사성(S)을 계산한다.

$$S = 100 * \frac{\sum(\text{Common IPC classes})}{\sum(\text{All patents})} \quad (1)$$

식(1)에 의해 계산된 3개 기업의 기술 분야 유사성(S)은 90.4% 수준으로 매우 높은 유사성을 보였다. 이 결과를 통해 3개 기업이 공통으로 갖는 IPC 코드 조합을 디스플레이 산업을 대표하는 특허 분류 코드 집합(IPC code sets)으로 결론지었다.

본 연구에서 조사 대상으로 삼은 각 기업은 디스플레이 전문기업이지만 OLED 기술의 특허만 개발하는 것은 아니다. 본 연구의 목적에 맞는 OLED 기술을 선별하기 위해 키워드 검색을 추진하였다. <표 3>은 본 연구에서 특허 검색을 위

해 사용한 키워드 조건이다. 앞서 구한 특허 분류 코드 집합과 키워드를 이용하여 885,542개의 특허를 수집하였다. 주요 특허 관청별로 중국 294,248건, 미국 179,718건, 일본 124,858건, 한국 99,283건, 유럽 41,674건이다.

〈표 3〉 Keywords for collecting patents related to OLED display industry

Type	Keywords
Title	FLEXIBLE DISPLAY ORGANIC EMITTING DIODE OLED NOT LIQUID NOT PLASMA NOT CRYSTAL NOT LC NOT PDLC NOT NEMATIC NOT EPD
IPC sets	G09G C07F B23K G06T G06F G02F C07D H05K H04N G11C G01N G06K C07C G09F Y02E C23C C09K B32B H04L B65D H05B Y10T G03F A61B G02B C09J F21V H01L

3.3 특허의 기초 통계 정보

본격적인 기술 동향을 분석하기에 앞서 개략적으로 수집한 데이터를 분석하고자 한다. <그림 3(a)>는 2005년부터 2017년까지 연도별 특허 출원 추세다. 특허 출원 수는 2005년 이후 꾸준한 증가 추세를 보인다. <그림 3(b)>는 주요 특허 관청별 특허 출원 추세다. <그림 3>을 통해 몇 가지 흥미로운 특징을 볼 수 있다. 첫 번째 특징은 일본 출원 특허의 감소 경향이다. 일본 외 국가에 출원되는 특허 수는 꾸준히 증가하는 반면 일본 특허청의 특허 출원 수는 꾸준히 감소하고 있다. 이러한 추세로부터 OLED 기술 주도권이 과거 일본으로부터 다른 국가로 넘어가고 있음을 알 수 있다. 두 번째 특징은 중국 출원 특허가 가파르게 증가하는 경향이다. 중국 관청에 출원

되는 특허 수는 다른 4개의 특허 관청과 비교해 매우 많고, 가파른 증가세를 보인다. 이로써 중국이 OLED 산업 육성을 위해 매우 공격적인 투자를 감행하고 있음을 알 수 있다. 마지막 특징은 2010년부터 2014년 사이 급격하게 증가한 총 특허 수다. 이 기간은 기업들의 OLED 패널 생산이 본격적으로 시작되는 시기다. 예를 들면, 2010년 TIANMA는 4.5세대 OLED 패널 투자를 시작하였고, 2011년 LG Display는 4세대 AMOLED 생산을 시작하였다. 같은 기간 Samsung Display 또한 5.5세대 AMOLED 패널 생산을 본격적으로 시작하였다. 특허 동향이 보여주는 개략적인 양적 지표가 기업 간 기술 경쟁이 매우 격화된 시기임을 잘 보여주고 있다.

〈표 4〉 Top 10 patent applicants

Rank	Applicants	No.	Country
1	SAMSUNG DISPLAY	40440	KOREA
2	BOE	40430	CHINA
3	SAMSUNG ELECTRONICS	29420	KOREA
4	LG DISPLAY	25692	KOREA
5	SHARP	15350	JAPAN
6	SONY	14443	JAPAN
7	SEIKO EPSON	11946	JAPAN
8	SEMICONDUCTOR ENERGY	11822	JAPAN
9	LG ELECTRONICS	9454	KOREA
10	CANON	9417	JAPAN

<표 4>는 상위 10개의 특허 출원 기업을 보여준다. 2005년 이후로 기업명이 변경되거나 타 기업과 합병한 회사의 특허는 현재 기업이 가진 특허로 수정하였다. 예를 들어, 삼성모바일디스플레이는 2008년 삼성SDI의 일부 사업부가 분사하여 설립된 회사이며, 삼성디스플레이는 2012년에 삼성

모바일디스플레이, 삼성전자 LCD사업부 그리고 삼성-소니의 합작사인 S-LCD가 합병한 기업이다. 그리고 LG필립스LCD는 2008년 LG디스플레이로 기업명을 변경하였다. 따라서 삼성모바일디스플레이, 삼성SDI, 삼성전자, S-LCD의 특허는 모두 삼성디스플레이 특허로 수정하고 LG필립스LCD의 특허는 모두 LG디스플레이 특허로 수정하였다.

<표 5> Top5 corporations for patent offices

Office	Rank	Corporation	No.	Country
USPTO	1	SAMSUNG DISPLAY	16710	KOREA
	2	BOE	10936	CHINA
	3	SAMSUNG ELECTRONICS	9015	KOREA
	4	LG DISPLAY	5529	KOREA
	5	SHARP	4710	JAPAN
CNIPA	1	BOE	27237	CHINA
	2	SAMSUNG DISPLAY	5539	KOREA
	3	LG DISPLAY	4241	KOREA
	4	SAMSUNG ELECTRONICS	4154	KOREA
	5	AUO	3250	TAIWAN
EPO	1	SAMSUNG ELECTRONICS	3243	KOREA
	2	SAMSUNG DISPLAY	2289	KOREA
	3	BOE	1800	CHINA
	4	LG DISPLAY	1271	KOREA
	5	LG ELECTRONICS	1187	KOREA
JPO	1	SEIKO EPSON	6927	JAPAN
	2	SHARP	6527	JAPAN
	3	CANON	5084	JAPAN
	4	SONY	4889	JAPAN
	5	SEMICONDUCTOR ENERGY	4555	JAPAN
KIPO	1	SAMSUNG DISPLAY	14139	KOREA
	2	LG DISPLAY	13808	KOREA
	3	SAMSUNG ELECTRONICS	11211	KOREA
	4	LG ELECTRONICS	5376	KOREA
	5	LG INNOTEK	4362	KOREA

특허 출원 주요 국가는 한국, 중국 일본으로 이들 국가가 현재 OLED 기술을 선도하고 있는 국가임을 보여준다. 특히 한국 기업들이 주로 상위에 분포되어 있어, 현재 한국이 OLED 산업 기술을 주도하는 국가인 것으로 확인된다. 기업별로는 Samsung Display, BOE, Samsung Electronics, LG Display, Sharp 등 대기업을 중심으로 많은 수의 특허가 출원되고 있다.

<표 5는> 특허 관청별로 가장 많은 수의 특허를 출원한 상위 5개 기업이다. 일본과 한국 특허 관청의 경우 상위 5개 기업이 모두 자국 기업이다. 중국 특허 관청의 경우 BOE가 압도적으로 많은 특허를 보유하고 있으며 한국과 대만 기업이 그 뒤를 잇고 있다. 미국 특허청의 경우는 상대적으로 한국과 중국의 출원 빈도가 높다. 그 외 유럽 특허청의 경우는 BOE를 제외하고 한국 기업의 출원 빈도가 높았다.

4. OLED 기술 동향 분석

OLED 기술의 하위기술 영역별 동향과 특징을 분석하기 위해서는 우선 하위기술 영역에 대한 분류와 정의가 필요하다. 본 연구에서는 특허 문서에 사용된 기술 용어들로부터 토픽모델을 적용해 하위기술 영역을 도출하였다. 토픽모델은 대량의 문서 집합에서 주제를 자동으로 추출하는 기계학습 기법으로 이를 활용해 특허 문서로부터 주제를 찾아내어 분류한다. 각 주제와 연관된 키워드는 주제에 포함된 하위기술을 의미할 수 있다. 예컨대 산화물, 게이트, 절연층 등의 키워드는 박막 트랜지스터와 같이 포괄적인 주제로 묶을 수 있다. 따라서 토픽모델로 추출한 주제를 포괄적 의미의 기술 그룹으로 정의하고, 각

기술 그룹에 대한 동향을 조사하였다.

4.1 텍스트 데이터 전처리

특허 문서를 적절한 수준의 유사 기술 그룹으로 구분하기 위해 특허의 초록을 활용한다. 특허의 제목은 포괄적인 내용을 함축적으로 표현하므로 기술 분류를 위한 텍스트로 선정하지 않았다. 예를 들면, OLED 관련된 US 10,966,329 특허의 제목은 Display Device이며 기술에 대한 세부적인 정보를 포함하지 않는다. 반면 특허의 초록은 함축적인 의미를 나타내는 제목에 비해 더욱 상세한 기술적인 표현을 포함하기 때문에 텍스트 처리를 통한 기술 분류에 유용하다.

특허 초록에 대한 말뭉치를 만들기 위해 다양한 전처리 과정이 수행되었다. 단어들의 어간을 추출하고, 반복적으로 등장하는 3개의 단어는 하나의 단어로 다루었다. 일반적으로 각 단어의 발생 빈도수에 제한을 두고 문서-용어 행렬을 만들지만, 특정 기술에 대한 누락을 최소화하기 위하여 최소 발생 빈도수에는 제한을 두지 않았다. 또한, 특허 서지에서 반복적으로 등장하는 단어 처리를 위해 TF-IDF(Term Frequency Inverse Frequency Documents)를 이용하였다. 식(2)는 TF를 계산하는 수식이다.

$$tf(t,d) = \frac{f_d(t)}{\sum_{t \in d} f_d(t)} \quad (2)$$

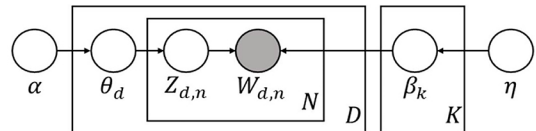
$tf(t,d)$ 는 1개 문서 안에서 특정 단어의 등장 빈도를 의미한다. $f_d(t)$ 는 하나의 문서(d)에서 단어(t)가 발생하는 빈도수다. 식(3)은 IDF를 계산하는 수식이다.

$$idf(t,D) = \log \frac{N}{|\{d \in D : t \in d\}|} \quad (3)$$

N 은 말뭉치에 포함된 전체 문서의 개수다. $|\{d \in D : t \in d\}|$ 은 단어 t 가 존재하는 문서 개수다. $tfidf(t,d,D) = tf(t,d) \cdot idf(t,D)$ 와 같이 식(2)과 식(3)을 곱하면 동일 단어가 여러 문서에 나타날 때 그 단어의 중요도를 낮추는 가중치를 부여한다. 위와 같은 절차로 추출된 단어의 총수는 32,323개다.

4.2 토픽모델

확률적 토픽모델은 대량 문서 집합에서 주제를 추출하기 위한 모델이다. 토픽모델은 문서의 의미구조를 발견하기 위해 사용되는 기계학습 기법 중 하나로 대량의 문서 집합을 구성하고 있는 단어를 바탕으로 문서의 주제를 찾아내어 분류한다(Blei, 2003). 이때 문서 집합의 주제를 확률적 분포를 기반으로 추정하게 된다.

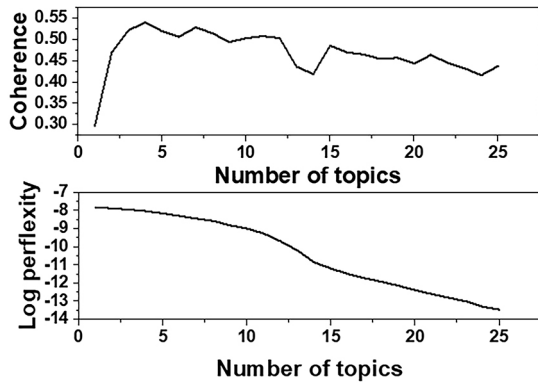


- K : 토픽의 개수
- α : 문서별 토픽 k 의 Dirichlet prior weight, θ 값을 결정하는 파라미터
- η : 토픽별 단어 w 의 Dirichlet prior weight, β 값을 결정하는 파라미터
- θ_d : 문서별 토픽의 비율
- β_k : 토픽별 단어 w 의 생성확률
- $Z_{d,n}$: 문서 d 의 n 번째 단어의 토픽(index)
- $W_{d,n}$: 문서 d 의 n 번째 단어(문서에 관측되는 변수, index)

〈그림 4〉 Latent Dirichlet Allocation model

토픽모델은 2003년 Blei et al.가 LDA(latent dirichlet allocation)를 발표한 이후 이를 확장한

많은 토픽모델들이 연구되고 있다(Dieng et al., 2020). 잠재 디리클레 할당 모형은 비지도학습의 일종으로 문서 내에 잠재된 토픽을 발견하는 방법이다. LDA는 토픽-단어 분포와 문서-토픽 분포의 결합으로 문서 내 단어들이 생성된다고 가정한다. LDA의 단어생성 프로세스는 <그림 4>와 같다.



<그림 5> Coherence and perplexity

수학적으로는 토픽-단어 분포(β)와 문서-토픽 분포(θ)의 결합확률이 최대가 되게 하는 과정이다. 이때, 문서 내에서 관찰 가능한 단어(W) 그리고 사용자가 지정하는 하이퍼파라미터(α, η)를 제외한 Z, β, θ 는 문서 내에서 관찰 불가능한 잠재변수다. 이는 Collapsed Gibbs Sampling을 이용하여 추정한다(Liu, 1994). 깁스 샘플링을 반복하면서 잠재변수(Z)가 수렴하면 모든 단어에 대한 토픽 할당이 완료되고 나머지 잠재변수 β, θ 역시 수렴하게 된다. 한편, 디리클레 분포를 가정한 문서-토픽 분포(θ)는 사용자 지정 하이퍼파라미터 α 에 의해 영향을 받는데 이는 연관성 강도를 조절하는 것으로 값이 커질수록 문서-토픽 분포(θ)가 비슷해지고 값이 작을수록 문서가

특정 토픽에 속할 확률이 높아진다. 토픽-단어 분포(β)에 영향을 주는 하이퍼파라미터 η 역시 동일한 역할을 한다.

토픽모델을 적용하기 위해서는 사전에 적절한 토픽의 개수를 정의해야 한다. 최적 토픽의 개수를 구하기 위한 절대적 지표는 알려진 바 없지만 적절한 수준의 토픽 수를 결정하기 위한 보조 지표로 응집도(Coherence)와 혼잡도(Perplexity)가 주로 활용된다(Roder, 2015; Wallach, 2009).

최적의 토픽 수를 찾기 위하여 토픽의 개수를 변화시키면서 각 보조 지표의 변화 추이를 살펴보았다. <그림 5>는 토픽 수에 대한 응집도와 혼잡도의 변화다. 응집도는 각 주제와 관련이 높은 단어 간의 유사도를 평가할 때 사용되고 값이 클수록 유사도가 높음을 의미한다. 응집도는 사전에 정의한 토픽의 개수가 4개일 때 0.54로 최댓값을 보였고, 주제 수가 증가할수록 점진적으로 감소하였다. 하지만 4개의 토픽으로 주제를 분류한 결과를 수동으로 평가하였을 때 분류의 적합도가 떨어지는 것으로 판단하였다. 혼잡도는 확률 모델이 실제로 관측된 값을 얼마나 잘 예측하는지 평가할 때 사용되고 값이 작을수록 예측력이 높음을 의미한다. 응집도는 주제 수가 증가할수록 감소하였다. 다만, 토픽의 개수가 10개에서 15개 사이에서 급격한 기울기의 변화를 보여주었다. 따라서 이 영역에서 토픽 수에 대한 학습된 결과를 수동으로 평가한 후 최적의 토픽 수를 12개로 결정하였다.

<표 6>은 문서에서 추출한 토픽모델 결과다. 12가지의 토픽은 다음과 같다. 최근 주목받는 폴더블 기술(Topic 1), OLED 패널의 적층 구조 구현을 위한 접착 기술(Topic 2), 박막 트랜지스터 기술(Topic 3), 지문 인식 기술(Topic 4), 증강 현실과 가상 현실 기술(Topic 5), 사용자 편의를 위

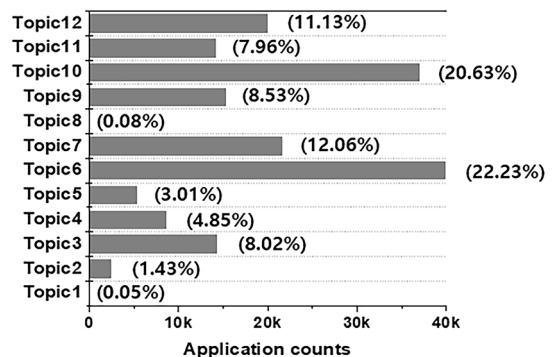
〈표 6〉 Results of LDA

	keywords	Topic
topic 01	mobile, fold, medium, foldable, computing, server, alignment, network, bezel, remote	Foldable
topic 02	spacer, pressure, exit, segment, receiver, adhesive, slit, sensitive, crack, accommodate	Stack-up with PSA
topic 03	film, layer, oxide, transistor, gate, electrode, thin, drain, potential, insulate	Thin film transistor
topic 04	fingerprint, render, imaging, acquire, assembly, lens, mechanism, antenna, head, mount	Fingerprint recognition
topic 05	item, command, rotate, focus, update, access, group, identifier, compound, quantum dot	AR / VR
topic 06	image, user, information, datum, content, display, screen, video, configure, system	UX / UI
topic 07	line, signal, circuit, voltage, drive, pixel, gate, output, datum, driver	Circuit driving
topic 08	subpixel, computer, correction, program, resolution, picture, interaction, analog, calibration	Pixel design
topic 09	guide, image, optical, backlight, eye, processor, surface, object, source, plate	Image processing
topic 10	layer, electrode, substrate, area, touch, line, region, dispose, film, insulate	Touch Sensor
topic 11	panel, portion, member, surface, support, plate, side, frame, module, cover	Panel-support
topic 12	color, wavelength, conversion, layer, filter, polarization, optical, waveguide, emit, film	Optical layer

한 사용자 인터페이스 기술(Topic 6), 회로 구동 기술(Topic7), 고화질 구현을 위한 픽셀 디자인 기술(Topic 8), 이미지 처리 기술(Topic 9), 터치 센서 기술(Topic 10), 패널 파손을 보호하는 모듈 기술(Topic 11), 광 특성을 변환하는 광학 필름 기술(Topic 12)이다.

각 주제는 앞서 언급한 바와 같이 다양한 기술을 포괄하는 상위 개념의 기술을 의미할 수 있고, 그와 연관된 키워드는 주제에 포함되는 하위 개념의 기술을 의미할 수 있다. 몇 가지 주제를 예로 들면 다음과 같다. 폴더블 기술 그룹(Topic 1)은 패널 굽힘(Fold, foldable) 성능을 개선하는 기술, 적층 구조를 최적화하기 위한 증립축 기반 설계 기술(Medium, alignment), 폴더블 폰의 원격 제어 기술(mobile, computing, remote), 넓은 화면을 제공하기 위한 기술(bezel)을 포함한다. 그리고 접착 기술(Topic 2)은 압력을 가하여 각 필름을 부착하는 재료 기술(Pressure, Adhesive), 접착 재료를 사용하여 필름의 크랙을 저감 시키는 기술(Crack), 박리 불량률 개선하기 위해 구획을 나

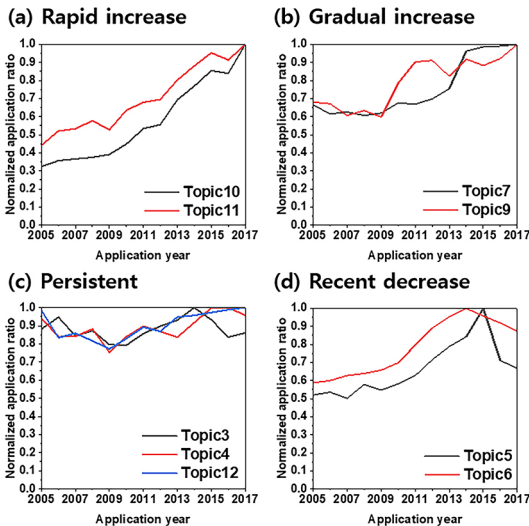
누어 부착하는 기술(segment)을 포함한다. 박막 트랜지스터 기술 그룹(Topic 3)은 얇은 필름 형태의 제조 기술(film, layer), 투명한 디스플레이 구현이 가능한 산화물 형태의 박막 트랜지스터 기술(Oxide), 트랜지스터 구현을 위한 각 전극 기술(Gate, Drain)과 절연 기술(insulate)을 포함한다. 따라서 토픽모델을 이용해 추출한 각 주제를 OLED와 연관된 상위 개념의 기술 그룹으로 정의하고 10년 이상 OLED 디스플레이 연구/개발에



〈그림 6〉 Distribution of patent counts

참여하고 있는 전문가 15명을 대상으로 단어-주제 간 연관성, 주제 간 중복성 여부를 검토하였다.

<그림 6>은 주제들에 대한 문서 분포이다. 터치 센서(Topic 10), 사용자 인터페이스(Topic 6), 회로 구동(Topic 7), 광학 필름 분야(Topic 12)가 상대적으로 많은 분포를 차지한다. 상대적으로 작은 비중을 차지하는 주제는 폴더블(Topic 1), 접착제(Topic 2), 픽셀 디자인(Topic 8) 기술이었다. 폴더블과 접착제는 유연한 디스플레이 구조를 구현하기 위한 새로운 기술이기 때문에 다른 주제에 비해 상대적으로 적은 분포를 보였다. 픽셀 디자인은 OLED 소자의 광학적 특성 개선을 위해 효과적인 픽셀의 디자인을 구현하는 기술이다. 이 기술은 화소를 형성하는 증착 공정과 연관되어 OLED 소자를 양산하는 몇몇 기업에 집중되고 있으므로 상대적으로 작은 비중을 차지하였다.



<그림 7> Patent application trend for OLED technology groups

<그림 7>은 토픽별 특허 출원 동향을 보여준다. 각 토픽에 대하여 출원되는 특허의 수가 서로 다르므로 연도별 최대 특허의 수에 대한 연도별 특허 출원 수의 비율을 살폈다. 특허 출원 수의 증감에 따른 토픽들의 동향은 다음의 네 가지로 구분할 수 있다.

- (a) 출원 수 100% 이상 증가 (급증)
- (b) 출원 수 30% 이상 증가 (점증)
- (c) 출원 수 30% 미만 증가 (지속)
- (d) 최근 출원 수 감소 (감소)

<그림 7(a)>는 급격한 증가로 구분된 터치 센서(Topic 10)와 모듈 기술(Topic 11)이다. 특허의 증감 원인을 한가지로 정의하기 어렵지만, 최근 외부 터치패널이 필요한 외장형 방식에서 내장형 방식으로 전환되는 큰 기술적 변화가 급격한 증가세의 주요 원인이다. 모듈 기술은 완제품 구성을 위한 조립 기술이다. 모듈 기술은 유연한 디스플레이 제품이 개발되며 패널을 보호하기 위한 기술 수요가 증가했기 때문에 급격한 증가세를 보인다. <그림 7(b)>는 점진적 증가로 구분된 회로 구동(Topic 7)과 이미지 처리 기술(Topic 9)이다. 이들은 프리미엄 제품이 요구하는 필수 성능인 고속 구동과 고화질을 위한 기술이다. 저 전력, 고효율, 고해상도를 위해 꾸준히 개발되고 있는 분야다. <그림 7(c)>는 지속성으로 구분된 박막 트랜지스터(Topic 3), 지문 인식(Topic 4), 광학 필름(Topic 12)이다. 이 기술들은 보편적 성격이 강하다. 즉, 대부분의 디스플레이 제품이 지문 인식 기능, 박막 트랜지스터 기술, 광 효율을 올릴 수 있는 광학 보상 기술을 사용한다. 따라서 지속적인 연구 개발이 필요한 주제다. <그림 7(d)>는 최근 감소로 구분된 증강 현실, 가상

〈표 7〉 Top 10 companies and universities with most forward cited patents

Appl. no.	Year	FC/year	Company	Nationality
51999698	2006	250	CANON	JAPAN
51317533	2006	249	SAMSUNG DISPLAY	KOREA
49170438	2005	244	CANON	US
56770181	2008	220	ITRI	US
410026006	2012	64	SAMSUNG DISPLAY	KOREA
413066053	2013	63	METROLOGIC INSTRUMENTS	US
380647505	2011	58	METROLOGIC INSTRUMENTS	US
378326782	2012	55	SAMSUNG ELECTRONICS	KOREA
422411860	2014	54	METROLOGIC INSTRUMENTS	US
412164199	2013	48	SAMSUNG ELECTRONICS	KOREA

Appl. no.	Year	FC/year	Company	Nationality
49170438	2005	244	TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY	JAPAN
329621532	2010	60	UNIVERSITY OF ILLINOIS	US
267544648	2009	21	UNIVERSITY OF CALIFORNIA	US
273939603	2009	20	UNIVERSITY OF WASHINGTON	US
274060810	2009	19	UNIVERSITY OF WASHINGTON	US
49071910	2005	14	NEW YORK UNIVERSITY	US
422739687	2013	13	PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY	KOREA
437917651	2013	13	SEOUL NATIONAL UNIVERSITY	KOREA
375634110	2010	12	KYUSHU UNIVERSITY	JAPAN

현실(Topic 5), 사용자 인터페이스(Topic 6) 기술이다. 이 기술 그룹의 특허 수는 2005년부터 꾸준한 상승을 보여왔으나 2014년 이후 소폭 감소하는 결과를 보였다. 감소의 원인을 한 가지로 특정하는 것은 매우 어렵지만 IT시장 조사 기관인 가트너(Gartner)의 2015년 신기술 하이프 사이클 보고서에 따르면 이 기술은 1세대 초기 성숙기를 끝내고 2~3세대 기술 개발을 위한 성장기로 접어들고 있어 기술 성숙도의 전환 과정에서 최근 감소세를 보이는 것으로 추정해 볼 수 있다. 폴더블(Topic 1)과 픽셀 디자인(Topic 8)은 기술의 연도별 동향을 분석하기에 너무 적은 수

의 문서로 분류되어 특허 출원 동향 분석에서 제외되었다.

5. 기술 가치 분석과 기업 전략

본 장에서는 OLED 기술 그룹의 특허 가치를 분석한다. 이를 위해 토픽모델을 통해 찾아낸 각 기술 그룹에 포함된 특허의 전방 인용, 다양성, 독창성을 조사하고 그 동향을 살핀다. 이후 기업이 전략적으로 선택할 수 있는 기술 분야를 제안한다.

5.1 전방 인용

선행 연구에 의하면 전문가 집단이 평가한 특허의 중요성과 영향력은 인용 횟수와 아주 큰 상관성을 보이고, 지배적 특허의 경우 매우 높은 인용 횟수를 보인다(Narin, 1995). 특허 문서에서 주로 사용되는 인용 정보는 전방 인용과 후방 인용이다(Albert et al., 1991). 이중 전방 인용은 향후 10년간 기술 발전의 정도를 예측하기 위한 지표(Czarnitzki et al., 2011) 및 특허의 수명을 예측하는 주요한 변수로 작용한다(김용우 등, 2022). 많은 선행 연구가 보여주듯 전방 인용 횟수는 기존 특허가 미래 특허에 이바지한 것을 정량적으로 파악할 수 있게 해주어 기술의 가치를 판단하게 해주는 강력한 인자다.

그러나 인용 횟수를 기술 가치로 해석하는 데에 다소간의 주의가 필요하다. 예를 들어, 특허 출원 초기에 ‘skewness’ 현상이 발생할 수 있고(Leten et al., 2007), 특허 출원 기간에 영향을 받아 시간에 의존적이다(Quintana-Garcia, 2008). 따라서 본 연구에서는 특허의 전체 인용 수를 특허 존속 기간으로 나눈 1년 평균 인용 수(FC/year)를 이용한다. <표 7>은 연평균 전방 인용 수가 높은 특허와 이를 출원한 기업과 대학 정보다. 위 결과로부터 지금까지 디스플레이 산업을 주도한 기업과 대학의 특허 동향을 파악한다. 기업의 경우는 일본, 한국, 대만 그리고 미국 기업이 고루 분포되어 있고 CANNON, SDC, ITRI의 특허가 매우 높은 인용 수를 보여준다. 전반적으로 한국 기업이 상위 10개 중 5개를 차지하고 있어 현재의 기술을 주도하고 있는 국가임을 알 수 있다. 대학 또한 기업 분포와 유사하게 일본, 미국, 중국, 한국이 고루 분포되어 있다. 다만 미국 대학이 절반 이상의 분포를 차지하여 기업의 경우와 다른 경향을 보였다.

<표 8> Averaged number of forward citations for OLED technology groups

Topics	Avg. FC
(Topic 01) Folding	11.67
(Topic 02) Stack-up with PSA	13.64
(Topic 03) Thin film transistor	10.75
(Topic 04) Fingerprint recognition	6.92
(Topic 05) AR / VR	9.78
(Topic 06) UX / UI	16.71
(Topic 07) Circuit driving	11.40
(Topic 08) Pixel design	13.29
(Topic 09) Image processing	19.36
(Topic 10) Touch	12.51
(Topic 11) Panel-support	14.00
(Topic 12) Optical layer	12.68

이어서 각 기술 그룹별 전방 인용 수를 비교하였다. 기술 그룹에 포함된 모든 특허의 연평균 전방 인용 수(FC/year)를 구하고, 그들의 평균값으로 기술 그룹의 전방 인용 수(Avg. FC)를 산출하였다. <표 8>의 내용은 해당 그룹의 평균 전방 인용 수(Avg. FC)를 나타낸 것이다. 그 결과, 이 미지 처리 기술(Topic 9), 사용자 인터페이스 기술(Topic 6), 접착제를 이용한 패널 적층 기술(Topic 2)이 상대적으로 높은 전방 인용 수를 보여 기술적 가치가 높은 기술 그룹이라 할 수 있다.

5.2 기술 다양성 및 독창성

기술 다양성은 기업의 기술 분야가 서로 다른 다양한 기술 분야로 확장되는 것을 의미하며(Bresnahan and Trajtenberg, 1995; Hall et al., 2001), 독창성은 기술에 대한 원천성을 의미한다. 기업 차원에서 기술 다양성은 점진적으로 증가하는 추세를 보이고(Patel and Pavitt, 1997) 독창

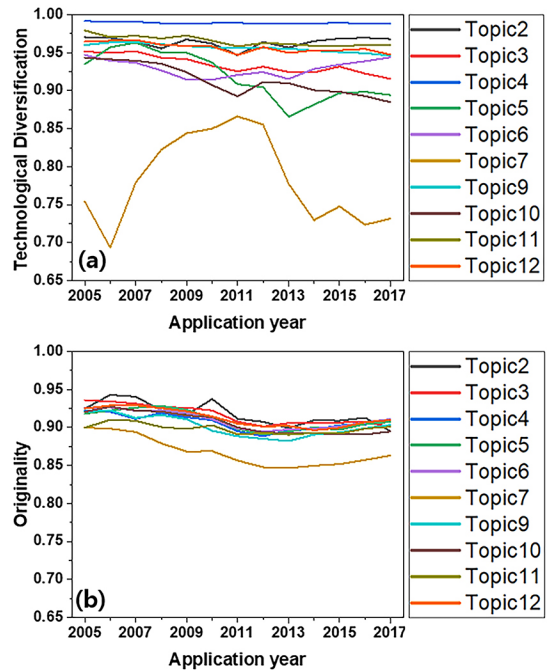
성이 높은 기술은 쉽게 새로운 분야로 확장 가능한 특징이 있다(Cohen et al., 2002; Shih et al., 2010).

토픽별 다양성을 구하기 위해 토픽에 포함된 특허의 기술 분류(IPC)가 얼마나 집중되어 있는지를 Herfindahl-Hirschman Index(HHI)를 기반으로 먼저 계산하였다.

$$HHI = \sum_{class\ c}^N \left(\frac{P_c}{P_{all}} \right)^2 \quad (4)$$

식(4)는 HHI를 계산하는 식이다. P_{all} 은 수집된 특허 전체의 총수를 나타내고, P_c 는 특정한 기술 분류(Class)에 포함되는 특허의 총수를 나타낸다. 전체 출원된 특허의 총 수량에 대한 각 특허의 기술 분류에 대한 비율의 전체 합을 구해 특허가 특정 기술에 집중되는 것을 계산한다. 다양성은 각 기술 클래스별로 얼마나 분산되어 있는지를 의미하므로 $1-HHI$ 와 같다. 다음으로 독창성은 Jaffe et al.(1993)의 독창성 지수를 적용하였다. 즉, 위의 다양성을 구하는 식($1-HHI$)에 후방 인용 특허의 기술 분류를 적용해 구했다.

각 기술 그룹에 대한 연도별 다양성, 독창성 추세는 <그림 8>과 같다. 연도별 다양성과 독창성에 대한 추세는 기술 간 큰 차이를 보이지 않는다. 하지만, Circuit Driving(Topic 7) 기술이 다양성과 독창성 측면에서 다른 기술들에 비해 낮은 점은 주목할 만하다. 이 결과로부터 구동 기술은 다른 기술 그룹보다 기술 집중도가 높고 독창성보다는 기존의 기술을 응용하는 특성이 크다고 볼 수 있다.



<그림 8> Trends in (a) technological diversification and (b) originality

5.3 기술 가치 비교

이 절에서는 특허의 가치를 나타내는 지표를 활용하여 기술 그룹 간 가치를 비교한다. <표 9>는 기술 그룹의 질적 지표를 요약한 결과다. 각 항목을 전체 항목의 최댓값으로 나누어 1이 가장 큰 값이 되도록 표준화하였다. 일반적으로 전방 인용 수(A), 독창성(B), 다양성(C)은 특허 질적 가치와 양의 상관성을 갖는 지표로 알려진다. 즉, 전방 인용 수(A), 독창성(B), 다양성(C)이 높아 특허의 기술적 가치가 높은 기술 분야를 ($A*B*C$)로 계산하면, 이미지 처리기술(Topic 9), UX/UI 기술(Topic 6), 모듈 기술(Topic 11), PSA 접착 기술(Topic 2)이 상대적으로 큰 값을 보인다. 즉, 이들은 다른 기술들에 비해 상대적으로 높은 질적 가치

〈표 9〉 Comparison result for technological value

Topic	(A) Avg. FC	(B) TDI	(C) ORIG	(A)*(B)*(C)	Rank
(Topic 1) Folding	0.603	0.906	0.991	0.541	8
(Topic 2) Stack-up with PSA	0.704	0.974	1.000	0.686	4
(Topic 3) Thin film transistor	0.555	0.944	0.999	0.523	9
(Topic 4) Fingerprint recognition	0.358	1.000	0.988	0.353	12
(Topic 5) AR / VR	0.505	0.929	0.991	0.465	10
(Topic 6) UX / UI	0.863	0.940	0.992	0.804	2
(Topic 7) Circuit driving	0.589	0.791	0.946	0.441	11
(Topic 8) Pixel design	0.686	0.890	0.987	0.603	6
(Topic 9) Image processing	1.000	0.967	0.983	0.950	1
(Topic 10) Touch	0.646	0.924	0.987	0.589	7
(Topic 11) Panel-support	0.723	0.976	0.979	0.691	3
(Topic 12) Optical layer	0.655	0.967	0.995	0.630	5

를 보여준다. 특히 PSA 접착 기술(Topic 2)은 <그림 6>에서 보여주는 바와 같이 전체 특허 문서의 1.4%를 차지하여 다른 기술에 비해 상대적으로 낮은 출원 비율을 보이지만 이와 대조적으로 높은 가치를 보여주는 점은 주목할 만하다. PSA 기술은 유연한 디스플레이의 핵심 재료로 얇은 필름을 서로 접착시키는 기능을 한다. 이 재료는 패널의 굴곡성과 내구성을 결정하는 핵심적인 소재다.

6. 결론 및 한계점

본 논문에서는 토픽모델을 이용하여 OLED 관련 특허를 적절한 수준의 기술 그룹으로 구분하고 그 동향을 탐색적으로 분석하였다. 먼저 정확한 특허 자료 수집을 위해 유연한 디스플레이를 양산하는 기업이 보유한 특허의 IPC 코드를 합해 디스플레이 산업을 대표하는 분류 코드 집합을 만들고 이를 활용해 연관 특허를 수집하였다. 다음으로 문서의 초록을 추출하고 LDA 토픽모

델을 이용해 12가지 기술 그룹으로 구분하고 각 그룹의 추세를 살폈다. 끝으로 특허 기술 가치를 분석하는 다양한 인덱스를 활용해 각 기술 그룹별 가치를 비교하였다.

학술적으로는 디스플레이 산업 분야에서 하향 방식의 기술 동향 분석 프레임워크를 제안한 것에 의의가 있다. 기존의 방식은 주로 수많은 단위 기술 중 일부를 선택하여 동향을 조사하는 방식이었다. 반면 본 연구에서 활용한 프레임워크는 단위 기술을 선택하는 방식이 아니라, 우선 기술 전체를 하나로 모으고 그 안에서 주요 기술을 구분하는 하향식 방법이다. 이러한 방법은 특정 기술에 한정되지 않고 산업 전체적인 주요 기술 동향을 살필 수 있는 방법이다. 산업적 의의는 기업이 전략적으로 선택할 수 있는 기술 분야를 제안한 점이다. 이는 기업의 중장기적 기술 개발 로드맵과 같이 전략적인 기술 개발 방향을 결정하는 과정에서 중요한 정보를 제공할 수 있다.

그럼에도 본 연구는 다음과 같은 한계를 갖는다. 우선 대량의 특허 문서를 특정 기술로 분류

하기 위한 절대적인 지표가 없으므로 분류된 문서에 대한 정확도를 판단하기 어렵다. 예를 들어 토픽모델로 추출된 키워드와 주제와의 연관성을 명시하는 작업과 결과에 대한 해석은 주관적인 요소가 포함될 수 있다. 대부분의 연구에서 활용하는 응집도와 혼잡도 같은 보조 지표 또한 엄밀한 결과를 제공하지 못한다. 다음으로 본 연구에서 수집한 특허는 2005년부터 2017년까지 출원된 특허이므로 논문이 게재되는 시점의 동향을 온전히 반영하지 못할 수 있다. 특허 특허의 전방 인용 정보를 활용하기 위해서는 특허가 출원되고 난 후 피인용 되기까지 일정 시간이 필요하기 때문에 이 지표를 활용한 연구는 현재의 시점을 온전히 반영하지 못할 수 있다는 한계를 갖는다.

이외에도 기술 가치를 분석하는 과정에서 제한된 인덱스와 알고리즘을 사용한 한계가 존재한다. 실제로 기업은 기술 가치 산정을 위해 본 연구에서 제안한 항목 이외에도 다양한 변수들을 고려해야 한다. 예를 들어, 경쟁 관계에 있는 기업의 전략, 국가 정책, 대학협력 등의 요소도 기술의 가치를 선정하는 데 큰 영향을 미칠 수 있다. 이와 더불어 여전히 다양한 연구에서 LDA 토픽모델을 활용하고 있지만, 이 방식 외에도 텍스트 처리를 위해 최근 개발된 성능 좋은 알고리즘이 다수 존재한다. 대표적으로 Top2Vec와 같은 임베딩 방식을 들 수 있다. 이 방식은 문서를 숫자 표현으로 변화하고 차원 축소와 HDBSCAN (Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)을 사용해 문서의 밀집 영역을 찾는 방식으로 일반적으로 LDA보다 나은 성능을 보여주고 있다. 추후에는 기술의 가치를 산정하는 다양한 인자를 검토하고 LDA 토픽모델 이외의 성능이 개선된 알고리즘을 연구의 프레임워크에 적용해 볼 계획이다.

참고문헌(References)

[국내 문헌]

- 강은경, 정연식, 양선욱, 권지윤, 양성병. (2022). MIS Quarterly 연구동향 탐색: 토픽모델링 및 키워드 네트워크 분석 활용. *지능정보연구*, 28(2), 207-235.
- 김명관, 송종국, 이정원. (2003). 기업 기술혁신 전략의 변화. *Science & Technology Policy(과학 기술정책)*, 13(1), 74-84.
- 김용우, 김민구, 김영민. (2022). 기계학습을 활용한 특허수명 예측 및 영향요인 분석. *지능정보연구*, 28(2), 147-170.
- 남대경, 최경현. (2018). 토픽모델 및 특허 분석을 통한 차량용 반도체 기술 추세 분석. *기술혁신 학회지*, 23(3), 1155-1178.
- 신규식, 최희련, 이홍철. (2015). 신재생에너지 동향 파악을 위한 토픽 모형 분석. *한국 산학 기술학회논문지*, 23(3), 1155-1178.

[국외 문헌]

- Albert, M. B., Avery, D., Narin, F., & McAllister, P. (1991). Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents. *Research policy*, 20(3), 251-259. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(91\)90055-U](https://doi.org/10.1016/0048-7333(91)90055-U)
- Annis, C. A. (2019, June). Roadmapping Strategies for Rapidly Diversifying FPD Applications and Manufacturing Technologies. In *SID Symposium Digest of Technical Papers (Vol. 50, No. 1, pp. 762-764)*. <https://doi.org/10.1002/sdtp.1303>
- Baillie, J. (2002). Introduction to patent searching. Resource document. Boston Public Library. http://www.bpl.org/research/govdocs/patent_handout.pdf. Accessed 25 May 2012.

- Benson, C. L., & Magee, C. L. (2013). A hybrid keyword and patent class methodology for selecting relevant sets of patents for a technological field. *Scientometrics*, 96(1), 69-82. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0930-3>
- Blei, David M. "Probabilistic topic models." *Communications of the ACM* 55.4 (2012): 77-84. <https://doi.org/10.1109/MSP.2010.938079>
- Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies 'Engines of growth?'. *Journal of econometrics*, 65(1), 83-108. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01598-T](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01598-T)
- Coffey, V. C. (2017). The age of OLED displays. *Optics and Photonics News*, 28(11), 34-41.
- Young, R. (2020). The outlook for OLED remains bright. *Information Display*, 36(3), 41-45. <https://doi.org/10.1002/msid.1117>
- Cohen, W. M., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. (2002). Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D. *Management science*, 48(1), 1-23. <https://doi.org/10.1287/mnsc.48.1.1.14273>
- Criscuolo, Paola. "The 'home advantage' effect and patent families. A comparison of OECD triadic patents, the USPTO and the EPO." *Scientometrics* 66.1 (2006): 23-41. <https://doi.org/10.1007/s11192-006-0003->
- Czarnitzki, D., Hussinger, K., & Schneider, C. (2011). "Wacky" patents meet economic indicators. *Economics Letters*, 113(2), 131-134 <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2011.06.011>
- De Vaan, A. J. (2007). Competing display technologies for the best image performance. *Journal of the Society for Information Display*, 15(9), 657-666. <https://doi.org/10.1889/1.2785199>
- Frietsch, R., Schmoch, U., Van Looy, B., Walsh, J. P., Devroede, R., Du Plessis, M., ... & Schubert, T. (2010). The value and indicator function of patents (No. 15-2010). *Studien zum deutschen Innovationssystem*. <https://www.econstor.eu/handle/10419/156544>
- Gowda, B. S., & Lakshmikantha, V. (2020, March). User behavior prediction using a novel sentence N-gram model. In *2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)* (pp. 391-397). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIMIA48430.2020.9074898>
- Hall, B. H., Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. (2001). The NBER patent citation data file: Lessons, insights and methodological tools. <https://doi.org/10.3386/w8498>
- Hendy, I., & Gray, P. (2020). The Role of Innovation in the Display Industry's End Game. *Information Display*, 36(6), 28-32. <https://doi.org/10.1002/msid.116>
- Jaffe, A. B., Trajtenberg, M., & Henderson, R. (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *the Quarterly journal of Economics*, 108(3), 577-598. <https://doi.org/10.2307/2118401>
- Koo, J. H., Kim, D. C., Shim, H. J., Kim, T. H., & Kim, D. H. (2018). Flexible and stretchable smart display: materials, fabrication, device design, and system integration. *Advanced Functional Materials*, 28(35), 1801834. <https://doi.org/10.1002/adfm.201801834>
- Larkey, L. S. (1999, August). A patent search and classification system. In *Proceedings of the fourth ACM conference on Digital libraries* (pp. 179-187). <https://doi.org/10.1145/313238.313304>
- Lee, S. M., Kwon, J. H., Kwon, S., & Choi, K. C. (2017).

- A review of flexible OLEDs toward highly durable unusual displays. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 64(5), 1922-1931. <https://doi.org/10.1109/TED.2017.2647964>
- Leten, B., Belderbos, R., & Van Looy, B. (2007). Technological diversification, coherence, and performance of firms. *Journal of Product Innovation Management*, 24(6), 567-579. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2007.00272.x>
- Liu, Jun S. "The collapsed Gibbs sampler in Bayesian computations with applications to a gene regulation problem." *Journal of the American Statistical Association* 89.427 (1994): 958-966. <https://doi.org/10.1080/01621459.1994.10476829>
- Narin, F. (1995). Patents as indicators for the evaluation of industrial research output. *Scientometrics*, 34(3), 489-496. <https://doi.org/10.1007/bf02018015>
- Porter, M. F. (1980). An algorithm for suffix stripping. Program.
- Quintana-Garcia, C., & Benavides-Velasco, C. A. (2008). Innovative competence, exploration and exploitation: The influence of technological diversification. *Research policy*, 37(3), 492-507. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.002>
- Roder, M., Both, A., & Hinneburg, A. (2015, February). Exploring the space of topic coherence measures. In *Proceedings of the eighth ACM international conference on Web search and data mining* (pp. 399-408). <https://doi.org/10.1145/2684822.2685324>
- Shih, M. J., Liu, D. R., & Hsu, M. L. (2010). Discovering competitive intelligence by mining changes in patent trends. *Expert Systems with Applications*, 37(4), 2882-2890. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.09.001>
- Takaki, T., Fujii, A., & Ishikawa, T. (2004, November). Associative document retrieval by query subtopic analysis and its application to invalidity patent search. In *Proceedings of the thirteenth ACM international conference on Information and knowledge management* (pp. 399-405). <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0930-3>
- Tang, C. W., & VanSlyke, S. A. (1987). Organic electroluminescent diodes. *Applied physics letters*, 51(12), 913-915. <https://doi.org/10.1063/1.98799>
- Wallach, H. M., Murray, I., Salakhutdinov, R., & Mimno, D. (2009, June). Evaluation methods for topic models. In *Proceedings of the 26th annual international conference on machine learning* (pp. 1105-1112). <https://doi.org/10.1145/1553374.1553515>
- Yang, C. W., & Chen, P. S. (2020). Applying data envelopment analysis to evaluate the operation performance of Taiwan's TFT-LCD industry after Post-Global financial crisis: a longitudinal study. *IEEE Access*, 8, 145171-145181 <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3010945>
- Young, R. (2019). OLEDs expected to gain ground as LCD investment slows. *Information Display*, 35(3), 24-29. <https://doi.org/10.1002/msid.1035>

Abstract

An Exploratory research on patent trends and technological value of Organic Light-Emitting Diodes display technology

Mingu Kim* · Yongwoo Kim* · Taehyun Jung* · Youngmin Kim**

This study analyzes patent trends by deriving sub-technical fields of Organic Light-Emitting Diodes (OLEDs) industry, and analyzing technology value, originality, and diversity for each sub-technical field. To collect patent data, a set of international patent classification(IPC) codes related to OLED technology was defined, and OLED-related patents applied from 2005 to 2017 were collected using a set of IPC codes. Then, a large number of collected patent documents were classified into 12 major technologies using the Latent Dirichlet Allocation(LDA) topic model and trends for each technology were investigated. Patents related to touch sensor, module, image processing, and circuit driving showed an increasing trend, but virtual reality and user interface recently decreased, and thin film transistor, fingerprint recognition, and optical film showed a continuous trend. To compare the technological value, the number of forward citations, originality, and diversity of patents included in each technology group were investigated. From the results, image processing, user interface(UI) and user experience(UX), module, and adhesive technology with high number of forward citations, originality and diversity showed relatively high technological value. The results provide useful information in the process of establishing a company's technology strategy.

Key Words : Patent, Latent Dirichlet Allocation, Organic Light Emitting Diode, PATSTAT

Received : August 21, 2022 Revised : October 18, 2022 Accepted : November 6, 2022

Corresponding Author : Youngmin Kim

* Graduate School of Technology and Innovation Management, Hanyang University

** Corresponding Author: Young-Min Kim

Graduate School of Technology and Innovation Management, Hanyang University

222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 133-791, South Korea

Tel: +82-2-2220-2537, Fax: +82-2-2220-2255, E-mail: yngmnkim@hanyang.ac.kr

저자 소개



김민구

삼성디스플레이 디스플레이연구소에서 책임연구원으로 재직 중이다. 한양대학교에서 기계공학 석사학위를 취득하고, 현재 한양대학교 기술경영전문대학원 기술경영학과 박사과정에 재학 중이다. 연구분야는 빅데이터를 활용한 기술 가치 분석, 머신러닝, 데이터 마이닝 등이다.



김용우

서강대학교에서 경제학, 심리학 학사를, 독학사로 컴퓨터과학 학위를 취득했다. 이후 독일 Leuphana Universität Lüneburg에서 Management & Data Science 석사학위를 취득하였으며, 현재는 한양대학교 기술경영학과 박사과정에 재학 중이다. 주요 연구분야는 기계 학습, 데이터마이닝이다.



정태현

한양대학교 기술경영전문대학원의 부교수로 재직 중이다. 미국 조지아공대 - 조지아주립대 공공정책과정에서 과학기술혁신정책으로 박사 학위를 받았다. 연구분야는 중소벤처기업의 혁신, 국가혁신시스템, 지식재산권 전략 등이다.



김영민

한양대학교 산업공학과에서 학사, 석사 학위를 취득한 후 프랑스 Universite Paris-VI 컴퓨터 공학과에서 석사, 박사 학위를 취득했다. 현재 한양대학교 기술경영전문대학원 교수로 재직하고 있다. 연구분야는 기계학습, 확률 그래프 모델, 정보 추출이다.