

소셜미디어 분석을 통한 전고체 배터리 감성분석과 이슈 탐색

Sentiment Analysis and Issue Mining on All-Solid-State Battery Using Social Media Data

이지연*, 이병희**

과학기술연합대학원대학교*, 한국과학기술정보연구원**

Ji Yeon Lee(jylee@ust.ac.kr)*, Byeong-Hee Lee(bhlee@kisti.re.kr)**

요약

전고체 배터리는 차세대 배터리의 유력 후보 중 하나로 특히 미래 전기차 산업을 이끌 핵심 부품으로 주목받고 있다. 본 연구에서는 글로벌 소셜미디어인 레딧(Reddit)의 전고체 배터리 관련 댓글 10,280건을 분석하여 전고체 배터리와 관련된 정책 이슈 및 대중의 관심사를 파악한다. 수집된 글로벌 데이터에 빈도분석, 연관규칙 분석, 토픽모델링 등 텍스트마이닝 기법과 감성분석을 적용하여 세계적 동향을 읽고, 이를 우리 정부의 전고체 배터리 발전전략과 비교 및 관련 국가R&D의 정책적 방향을 제시하고자 한다. 분석 결과, 2016년부터 2021년까지의 전고체 배터리 이슈에 대한 전반적인 감성은 긍정이 50.5%, 부정이 39.5%로 긍정인 것으로 나타났다. 또한 세부 감성을 분석한 결과, 대중들은 전고체 배터리에 대해 신뢰와 기대를 가지고 있음과 동시에 해결되지 않은 기술적 문제들에 대한 두려움과 우려의 감정이 공존함을 알 수 있었다. 본 연구에서는 전고체 배터리와 관련된 핵심 이슈 도출을 위한 텍스트마이닝 분석 방법을 적용하였고, 정부 정책 분석을 바탕으로 한 하향식 접근방법과 대중의 인식을 분석하는 상향식 접근방법을 수용하여, 보다 포괄적인 동향 분석 방법을 제시하였다.

■ 중심어 : | 전고체배터리 | 텍스트마이닝 | 오피니언마이닝 | 과학기술정책 |

Abstract

All-solid-state batteries are one of the promising candidates for next-generation batteries and are drawing attention as a key component that will lead the future electric vehicle industry. This study analyzes 10,280 comments on Reddit, which is a global social media, in order to identify policy issues and public interest related to all-solid-state batteries from 2016 to 2021. Text mining such as frequency analysis, association rule analysis, and topic modeling, and sentiment analysis are applied to the collected global data to grasp global trends, compare them with the South Korean government's all-solid-state battery development strategy, and suggest policy directions for its national research and development. As a result, the overall sentiment toward all-solid-state battery issues was positive with 50.5% positive and 39.5% negative comments. In addition, as a result of analyzing detailed emotions, it was found that the public had trust and expectation for all-solid-state batteries. However, feelings of concern about unresolved problems coexisted. This study has an academic and practical contribution in that it presented a text mining analysis method for deriving key issues related to all-solid-state batteries, and a more comprehensive trend analysis by employing both a top-down approach based on government policy analysis and a bottom-up approach that analyzes public perception.

■ keyword : | All-Solid-State Battery | Text Mining | Opinion Mining | Science and Technology Policy |

* 본 연구는 2022년도 한국과학기술정보연구원(KISTI) 주요사업 과제로 수행한 것입니다(NTIS 과제고유번호 1711173845).

접수일자 : 2022년 07월 11일

심사완료일 : 2022년 09월 13일

수정일자 : 2022년 09월 13일

교신저자 : 이병희, e-mail : bhlee@kisti.re.kr

I. 서론

2050 탄소중립 시나리오에 따라 세계 주요 국가들은 수송부문의 탄소중립 실현을 위해 전기차, 수소차 등 차세대 자동차 R&D를 강화하고 있다. 전기차 시장의 급속한 성장이 예상됨에 따라, 글로벌 전기차 제조업체들은 보다 효율적이고 안전한 차세대 배터리 기술을 선점하기 위해 전력을 쏟고 있다. 그 중, 업계는 전고체 배터리를 가장 유력한 기술로 주목하고 있다. 국내의 경우 'K-배터리 발전전략'을 통해 배터리 분야 투자를 강화하고 2027년까지 전고체 배터리 기술을 조기 확보 및 상용화할 것을 발표하였다. 더불어 과학기술정보통신부가 2021년 발표한 탄소중립 10대 핵심기술에서는 전기차용 차세대 배터리로 전고체 배터리를 선정하고, 미래시장 선점을 위해 LG화학, SK이노베이션, 현대차 등 산업계를 중심으로 관련 연구개발이 수행되고 있음을 밝혔다[1].

대부분의 소형 IT 기기, 전기차 및 대용량 에너지 저장장치에 사용되는 리튬이온 배터리는 액체 전해질이 가지고 있는 발화성으로 인해 안전성이 중요한 문제점으로 대두되고 있다. 전고체 배터리는 리튬이온 배터리의 액체 전해질을 고체 전해질로 대체하여 이러한 발화 문제를 근본적으로 제거할 수 있어 안전성을 확보할 수 있다는 장점이 있다. 또한 냉각장치 등 안전성과 관련된 부품을 줄여 배터리팩의 부피와 무게를 줄일 수 있고, 대신 양극과 음극 활물질을 채워 에너지 밀도를 높일 수 있다[2].

전고체 배터리 연구개발의 경우 국내외 주요 이차전지 업체뿐만 아니라 글로벌 자동차 업체들이 배터리 내재화를 선언하면서 관련 원천기술 확보를 위한 기술개발 경쟁이 더욱 가속화되고 있다[3]. 우리나라의 경우 완성차 업체인 현대자동차와 기아자동차가 2017년부터 리튬이온 배터리를 대체할 수 있는 전고체 배터리를 개발 중이며 국내 기업 삼성SDI는 2020년 3월 전고체 배터리의 충·방전 시 리튬금속 음극재 표면에 생성되어 안전성과 효율성을 저하시키는 덴드라이트 문제를 해결할 수 있는 기술을 개발하여 네이처 에너지(Nature Energy)에 발표한 바 있다[4]. 이처럼 국가 간 경쟁이 치열해지는 가운데 본 연구에서는 전통적인 언론의 역

할을 일부 담당하고 있는 소셜미디어의 주도로 어떠한 전고체 배터리와 관련된 담론들이 형성되고 있는지를 이해하고자 한다. 전고체 배터리와 관련하여 대중들이 관심을 가지는 글로벌 이슈 탐색을 수행하고, 이를 통해 시기별 관심 이슈를 파악하고 우리나라 배터리 발전 전략 수립의 방향을 진단한다.

소셜미디어 데이터를 활용해 대중의 인식을 파악하고자 하는 연구는 상품이나 서비스에 대한 온라인 리뷰 [5], 뉴스 댓글[6], 트위터나 블로그 게시물[7,8] 등의 데이터를 활용한 연구가 있다. 국내 연구 중 특정 기술 분야에서 소셜미디어를 활용한 연구로는 감성분석을 토대로 국내 선박 기술의 실태를 조사한 연구[9]가 존재하나, 전고체 배터리 등 특정 기술 분야에서 소셜미디어 데이터의 활용도가 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 레딧에서 전고체 배터리 키워드를 검색한 결과를 크롤링하여 댓글을 수집하였다. 수집된 데이터를 전처리하고 텍스트마이닝 기법을 적용하여 대중들 사이에서 빈번하게 논의되는 글로벌 이슈를 탐색하고 그에 대한 감성분석을 실시하였다. 해당 연구는 관련 정책 수립을 위한 근거 자료로 활용될 수 있다는 점과 기타 신생 이슈(emerging issue)에 대한 세계적인 인식을 효과적으로 파악하는 연구 프레임워크를 제시한다는 점에서 의의를 갖는다.

II. 관련 연구

1. 전고체 배터리 개요 및 연구개발 동향

전고체 배터리는 이차전지의 4대 주요 소재인 양극재, 음극재, 전해질, 분리막이 모두 고체로 되어있는 이차전지를 의미한다. 전고체 배터리는 기존의 리튬이온 배터리가 가지고 있는 화재 및 폭발 위험을 현저히 감소시켜 안전성 측면에서 우수해 차세대 배터리로 주목받고 있다. 온도 변화와 외부 충격을 위한 냉각장치 등의 안전장치와 분리막이 필요 없기 때문에, 동일한 부피로 고용량 구현과 원가 절감이 가능해진다. 이러한 물질적 우수성에도 불구하고 이온 이동성 저하나 덴드라이트로 인한 충·방전 효율 저하 등 아직 해결되지 못한 기술적인 문제가 존재하지만, 상용화될 경우 그 활

용 범위는 매우 다양할 것으로 전망된다[10].

전고체 배터리는 1990년대 중반 일본에서 처음 발명되어 연구되었으나 성능, 가격 등의 문제로 상용화되지 못하였다. 그러다 최근 ‘넷제로(Net-zero)’ 로드맵에 따라 전 세계적으로 내연기관 차량의 퇴출이 가시화되었고, 이에 따른 글로벌 전기차 시장의 확대로 전고체 배터리가 다시금 주목받고 있다[10]. 이는 전기차에 밀도를 높인 전고체 배터리를 사용하게 되면 주행거리를 늘릴 수 있기 때문이다. 전기차와 더불어 자율 주행 기술이 발달하면서 차량 내 데이터 사용량의 증가에 따른 전력 사용의 증가로 인해 기존보다 훨씬 좋은 성능의 배터리가 필요하게 되었다.

[그림 1]은 구글 스칼라(Google Scholar)에서 ‘all-solid-state-battery’를 키워드로 검색해 수집한 500건의 논문에서 나타난 빈출 단어를 VOSviewer를 사용해 시각화한 그림이다. 이를 통해 세계적인 연구 동향이 어떻게 변화해 왔는지 파악할 수 있다. 2012년부터 2014년까지는 전기화학적(electrochemical property) 특성에 집중한 전고체 배터리 제조(fabrication)가 눈에 띄었고, 2014년에서 2016년까지는 리튬이온 배터리(lithium ion battery)를 대체할 또 다른 차세대 배터리로 꼽히는 리튬 황 배터리(lithium sulfur battery)와 함께, 무기 고체 전해질(inorganic solid electrolytes) 및 대량 생산(bulk type)의 키워드가 등장하였다. 2018년에 들어서는 고성능(high capacity) 전고체 배터리 소재에 대한 연구에 주력해 온 것으로 보인다.

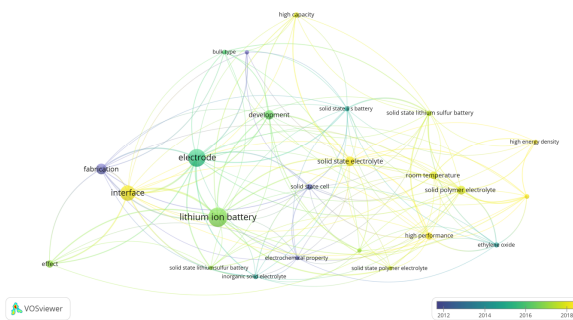


그림 1. 연구키워드 변화양상 시각화(VOSviewer)

일본은 전고체 배터리를 처음 고안해낸 만큼 전고체 배터리 연구에서 가장 앞서있는 국가이다. 도요타는

1995년부터 특허권 확보를 시작하여 정부와 산학이 연계한 ‘올 재팬(All Japan)’ 전략으로 전고체 배터리 개발에서 기술력을 쌓아온 결과, 전 세계 전고체 배터리 국제 특허 건수가 가장 많을 만큼 연구가 앞서있다[11]. SNE리서치에 따르면 전고체 배터리 관련 국제 특허 비중은 일본이 68%(2021년)로 가장 많고, 미국이 16%, 한국이 12%로 각각 2위와 3위를 차지하고 있다[12].

국내의 경쟁 업체들은 전고체 배터리 기술을 선점하기 위해 앞다투어 전고체 배터리 양산 목표 시기를 앞당기고 있다. 국내에서는 LG에너지솔루션, 삼성SDI, SK이노베이션 등이 2020년대 중후반까지 차세대 배터리를 내놓겠다는 전략이다. 삼성종합기술원(SAIT)은 삼성 R&D 일본 연구소(SR)와 협업하여 전고체 배터리의 수명과 안전성을 높이는 동시에 크기를 반으로 줄일 수 있는 원천기술을 개발해 세계적인 학술지 ‘네이처 에너지(Nature Energy)’에 게재하여 화제를 모았다. 연구진이 발표한 이 기술은 전고체 배터리 상용화의 장애 요소 중 하나로 꼽히는 덴드라이트 문제를 해결할 수 있는 방법으로, 전고체 배터리의 음극에 5 마이크로미터 두께의 은-탄소 나노입자 복합층을 적용한 ‘석출형 리튬음극 기술’을 세계 최초로 적용시킨 것이다. 이는 전고체 배터리의 안전성과 수명을 증가시키는 동시에 기존보다 배터리 음극 두께를 얇게 만들어 에너지 밀도를 높일 수 있으며 이에 따라 리튬이온 배터리보다 크기를 절반 수준으로 줄이는 특징을 갖추고 있다[4].

우리나라의 전고체 배터리 연구개발을 위한 지원 정책으로는 민간기업의 차세대 이차전지 R&D에 2030년까지 총 20조 1,000억 원을 투자해 관련 기술들을 기반으로 상용화까지 속도를 내겠다는 방침이다. 이를 위해 2026년까지 차세대 이차전지 연구·실증 종합 지원을 위한 ‘차세대 배터리 파크’를 조성하여 기업 유치와 인프라 지원 등 이차전지 산업을 집적화할 계획이며, 대학에 배터리 관련 트랙을 개설하여 매년 1,100명 이상의 전문인력을 양성할 것을 밝혔다[13].

2. 소셜미디어 데이터와 감성분석

소셜미디어는 다양한 플랫폼과 디바이스의 급격한 발전으로 인해 새로운 뉴스 유통 양식이자 소비 패턴으로 자리잡았다[14]. 대중들은 이러한 채널을 통해 직접

뉴스를 생산 및 공유하는 데 참여하고 이에 대해 솔직한 의견을 제시함으로써 관련 논의 및 의제가 지속적으로 형성되고 방대한 양의 데이터를 신속하게 확산시키는데 기여한다[15]. 이러한 여론 데이터는 소셜미디어 이용자들에게 영향을 미쳐 사회적 인식 및 태도 변화를 일으킨다[16]. 따라서 소셜미디어 데이터에 감성분석 기법을 적용했을 때 해당 주제에 대한 여론의 방향을 파악할 수 있으며, 이는 국가의 정책적 결정 또는 기업의 의사결정에 영향을 미칠 수 있다[17]. 감성분석을 통해 소셜미디어 데이터에 나타난 여론과 사회적 인식을 분석한 연구의 경우 온라인 뉴스에서 노인과 일자리와 관련된 사회의 인식과 감성을 분석한 연구[18], 지역 산업생태계 위기를 예측한 연구[19], 비혼 출산에 대한 댓글을 분석한 연구[6] 등과 같이 사회적 문제를 다루며, 이에 대한 여론의 방향을 알 수 있는 지표 역할을 하고 있다.

본 연구의 데이터베이스가 되는 레딧은 2005년에 개설된 소셜미디어 사이트로 정보, 뉴스 등을 공유하고 의견을 나누는 데 초점을 두고 있다. 레딧은 2022년 3월 기준, 미국에서 9번째로 가장 많이 방문되는 웹사이트로 온라인 포럼 커뮤니티 중에 가장 규모가 크고 인기 있는 사이트이다[20]. 게시글과 댓글에 추천(upvote) 또는 비추천(downvote)을 표시할 수 있고 이에 따라 적립되는 카르마(karma) 포인트를 기준으로 흥미로운 글과 댓글이 상위에 위치하게 되는 방식을 사용한다[21]. 높은 카르마 포인트는 커뮤니티 내 사용자의 평판과 신뢰도를 나타내며, 양질의 콘텐츠가 업로드되고 가치 있는 논의가 활발하게 이루어질 수 있도록 긍정적인 역할을 하기도 한다. 2021년 레딧 통계(Reddit Statistics)에 따르면 1일 활성 사용자는 520만 명, 1일 검색 횟수는 467만 회, 주제별 게시판인 서브레딧은 약 29만 개에 달한다[22]. 게시물(submission)의 종류는 레딧에 직접 10,000자 이하의 텍스트를 올리는 텍스트 게시물(text submission) 또는 셀프 포스트(self post)와 다른 사이트의 URL을 넣어 링크시킬 수 있는 링크 게시물(link submission)이 있다. 이러한 특징을 가진 레딧은 그 영향력과 방대한 논의의 양으로 인해 연구자들의 연구 데이터로 활용되고 있다.

레딧의 특징 중 하나는 서브레딧 분야가 전문적일수록 그 사용자는 해당 주제에 관심이 있는 일반 대중보다는 관련 분야를 연구하거나 관련 업계에 종사하는 사람일 가능성이 크다는 점이다. 정책 수립은 대중을 포함한 다양한 이해관계자가 존재하기 때문에, '관심이 있는 대중(interested public)'으로 정의될 수 있는 레딧 사용자들이 가장 관심을 가지는 이슈와 그에 대한 현실적인 반응을 파악하고 이를 고려한 정책의제 설정이 중요하다고 할 수 있다.

레딧을 대상으로 한 소셜미디어 분석 연구로는 '북한 뉴스(North Korea News)' 서브레딧을 분석하여 어떤 관련 뉴스들이 생산, 유통되는지 규명하는 연구[15]와 게임산업에 관한 소비자 인식 파악을 위해 토픽모델링, 감성분석 등 텍스트마이닝 기법을 적용한 연구[23]가 있다. 이상과 같은 소셜미디어 데이터 연구들은 대부분 키워드 분석, 토픽 모델링 등 텍스트마이닝 기법을 활용하여 특정 분야에 대한 주요 이슈와 관심을 파악하는데 주력해왔다. 그러나 특정 과학기술에 대한 소셜미디어 이슈 분석에는 연구가 부족한 실정이다.

본 논문에서 레딧 분석에 활용하고자 하는 감성분석은 대표적인 텍스트 분석 방법 중 하나로 댓글이나 리뷰와 같이 사람의 의견, 태도, 경험 등 감정이 표출되는 텍스트에 적용되어 글쓴이의 특정 주제에 대한 긍정 혹은 부정의 감정을 판별하는 것이다[24]. 감성분석은 어휘기반 접근법(Lexicon-based approach)과 기계학습 기반 접근법(Machine learning approach), 그리고 통합 접근법(hybrid approach)로 분류된다[25]. 본 논문에서 사용한 어휘기반 접근법은 다시 사전기반(dictionary-based)과 말뭉치 기반(corpus-based)로 나눌 수 있으며 감성사전을 활용한다[26]. 본 연구에서는 이러한 방법을 통해 국제적인 관심사인 전고체 배터리가 레딧과 같은 소셜미디어 사이트에서 어떻게 다루어지는지 주목해보았다. 이러한 시도는 소셜미디어 댓글에 나타난 전고체 배터리에 대한 대중의 감성분석으로부터 사회적 논의의 초점과 잠재적 문제를 적시에 파악할 수 있다는 점에서 의미가 있다. 또한, 전고체 배터리에 대한 텍스트 마이닝 분석에 기존 연구에서는 사용하지 않았던 소셜미디어 댓글을 활용함으로써 분석 방법을 다양화시켰다는 점에서 의미를 갖는다.

III. 데이터 수집 및 연구방법

1. 데이터 수집

본 연구에서는 글로벌 소셜미디어인 레딧(Reddit)의 댓글들을 바탕으로 전고체 배터리에 대한 대중의 인식을 파악하고자 한다. 레딧은 서브레딧(subreddit)으로 불리는 주제별 토론방을 형성한다. 댓글에는 글자 수 제한이 없고 질문, 조언, 지지 등을 표현할 수 있어 폭넓고 깊이 있는 토론이 가능하다는 점에서 연구의 대상으로 적합하다고 판단하였다.

데이터 수집을 위해 무료 소프트웨어인 R을 활용하였다. 데이터로는 소셜미디어 내 전고체 배터리의 관심 추이 및 감성을 분석하기 위해 레딧에서 “all-solid-state-battery”로 검색하여 댓글을 크롤링하였다. 검색된 11,542건의 댓글 중 누락된 정보가 있는 댓글들을 삭제하고 나니 2013년 8월 27일부터 2022년 4월 11일까지의 11,164건의 댓글이 추출되었다. 데이터를 확인해 본 결과 2014년과 2015년의 댓글은 추출되지 않아 연도별로 온전한 데이터를 확보할 수 있는 2016년부터 2021년까지의 10,280건의 댓글을 분석 대상으로 삼았다. 분석에 활용할 수 있는 항목으로는 사용자 아이디, 게시물 날짜, 제목, 내용 및 점수, 댓글 날짜, 내용, 점수 및 개수, 서브레딧, 추천 비율, 찬반 여부 등이 포함되어 있다.

2. 연구 방법

본 연구는 레딧을 통해 작성된 댓글들을 오피니언 마이닝 기법으로 분석하여 전고체 배터리에 대한 대중의 여론 탐색을 목적으로 한다. 댓글 데이터에 대한 분석 과정은 데이터 수집, 전처리, 키워드 분석, 감성분석의 네 단계로 진행되었다.

키워드를 기반으로 수집된 댓글들은 가장 먼저 전처리 과정을 거쳐야 한다. 소셜미디어 데이터는 그 특성상 줄임말, 비속어, 이모티콘, URL 등 처리해야 할 노이즈가 많기 때문에 보다 세심한 정제가 필요하다. 정제된 댓글을 R의 형태소 분석기를 사용하여 토큰화시킨 후 감성사전을 이용해 각 단어들의 감정을 점수화하였다. 이는 기존에 구축되어있는 감성사전을 사용하는 사전 기반 접근방법이다. 감성사전 패키지에 탑재되어

있는 기본 사전에는 2,005개의 긍정 단어와 4,781개의 부정 단어가 포함되어 있다. 이를 댓글의 텍스트 내 감성 단어와 매칭시켜 전체 댓글의 극성을 긍정과 부정으로 파악하고 시계열로 나타내 시간 흐름에 따라 전고체 배터리에 대한 대중의 감정이 어떻게 변화해 왔는지 분석한다. 감성점수(SC)는 아래 수식(1)과 같이 긍정 단어 수(PW)의 합에서 부정 단어 수(NW)의 합을 뺀 값으로 나타낼 수 있다. 감성점수가 1 이상이면 긍정, 0 미만이면 부정인 것으로 간주한다[27].

$$SC = PW_i - NW_j \quad i = 1 \dots n, j = 1 \dots m \quad (1)$$

나아가 세부 감정을 분노(anger), 기대감(anticipation), 혐오감(disgust), 두려움(fear), 기쁨(joy), 슬픔(sadness), 놀라움(surprise), 신뢰(trust)의 8가지 감정으로 분류한다.

IV. 데이터 분석 및 결과

1. 댓글 현황 분석

[표 1]에서 보이는 것과 같이 전체 시기를 보았을 때 댓글 수는 2018년과 2019년에 감소한 것을 제외하고는 모두 증가 추세를 보였다. 2020년에는 댓글 수가 전년 대비 약 208% 대폭 증가하여 2,000개 이상의 댓글을 유지한 것과 같이 전고체 배터리가 지속적인 관심을 끌었다. 이는 최근 국내외 주요 완성차 업체들이 배터리 내재화 움직임을 보이며 앞다투어 차세대 배터리 개발에 뛰어들고 있는 추세가 반영된 것이기도 하다. 배터리 내재화의 경우 비용 절감과 배터리 공급 안전성을 확보하기 위해 배터리 제조사와 합작사를 세워 협력을 강화하는 형태가 많다.

표 1. 연도별 댓글 수

연도	댓글 수
2016	1,864
2017	1,883
2018	1,371
2019	749
2020	2,310
2021	2,103

전고체 배터리 관련 댓글이 포함된 서브레딧은 [표 2]에 나열된 총 23개였다. 과학·기술과 관련된 ‘science’, ‘tech’, ‘buildapc’, ‘Futurology’, ‘technology’, ‘Android’, ‘Amd’, 게임과 관련된 ‘Overwatch’, ‘warframe’, ‘wow’, ‘rainbow6’, ‘ps5’, ‘btd6’, ‘Games’, 주식과 관련된 ‘pennystocks’, ‘investing’, ‘wallstreetbets’, 그 외 ‘MaliciousCompliance’, ‘Drugs’, ‘CFB’, ‘IAmA’, ‘todayilearned’, ‘nosleep’ 등으로 분류할 수 있었다. 댓글을 단 이용자는 총 6,672명이며, 아이디 중복을 포함하여 통계 낸 결과 서브레딧 별 이용자 수는 [표 2]와 같으며, 댓글을 단 사람 수가 가장 많은 서브레딧 순으로 정리한 것이다.

이용자 수가 가장 많은 ‘Android’는 구독자 수가 230만 명으로 안드로이드 관련 뉴스, 리뷰, 팁에 대한 내용을 다룬다. 휴대폰이나 태블릿 관련 일반적인 논의는 가능하지만 기술 지원, 업그레이드, 거래, 앱 추천과 관련된 질문들은 별도의 서브레딧에서 논의하도록 규정하고 있다. 전고체 배터리는 전기뿐만 아니라 플렉시블 디스플레이(flexible display) 분야에서도 주목받고 있는데, 현재 휴대폰이나 태블릿 등 소형 전자기기에 사용되는 리튬이온 배터리는 폭발의 위험이 있어 휘어지게 만들 수 없기 때문에 안전성 확보가 가능한 전고체 배터리가 그 대안으로 떠오르고 있다. 전고체 배터리는 휘어지게 만들 수 있기 때문에 접히는 폴더블 디스플레이(foldable display), 둘둘 말 수 있는 형태의 롤러블 디스플레이(rollable display), 옷 또는 피부에 부착하는 웨어러블 디스플레이(wearable display) 등에 사용될 수 있어 연구자 및 소비자의 관심을 끌고 있다.

두 번째로 많은 이용자 수를 기록한 ‘Futurology’는 미래 기술의 발전과 예측에 대한 논의를 다루는 서브레딧이다. 전 세계적으로 안전한 고용량 배터리의 수요가 증가함에 따라 차세대 배터리 개발이 필수적으로 요구되고 있고, 최근 미국, 일본, 중국 등에서도 대량 투자와 본격적인 연구개발이 이루어지고 있음에 따라 상용화에 대한 기대감이 커지고 있다.

‘AMD’는 Advanced micro device라는 미국의 반도체 제조회사로 주로 고사양 컴퓨터에 탑재되는 CPU, GPU 등과 관련된 논의들이 오간다. 전고체 배터리가

기존에 노트북, 휴대폰 등 소형 전자기기에 사용되는 리튬이온 배터리의 대체제로 떠오르면서 안전성, 수명, 성능 등에 대한 관심이 높아졌다.

표 2. 서브레딧 별 이용자 수

서브레딧명	이용자 수	서브레딧명	이용자 수
Android	842	buildapc	435
Futurology	822	technology	429
Amd	462	btd6	425
investing	460	MaliciousCompliance	422
todayilearned	457	Overwatch	422
PS5	451	Games	409
Warframe	449	wow	409
tech	448	Drugs	390
Rainbow6	446	wallstreetbets	377
nosleep	445	pennystocks	334
IAmA	439	science	285
CFB	436	합계	8,729명

2. 키워드 분석

전고체 배터리 관련 키워드 분석을 위해 R의 형태소 분석 패키지를 사용해 총 372,698개의 단어를 추출하였다. 텍스트 분석을 위한 전처리 절차로 먼저 불용어 및 숫자는 삭제하고 단어 빈도가 100 이상인 단어만을 추출하였다. 불용어의 경우 R에 탑재된 불용어 사전을 기본으로 하고, 이에 수집된 댓글에 많이 등장하는 불용어를 추가하여 사용하였다. 소셜미디어 댓글의 특성상 비속어나 오타 등 표준어가 아닌 단어가 많기 때문에 보다 정밀한 정제 작업이 필요하다. 이를 위해 정규

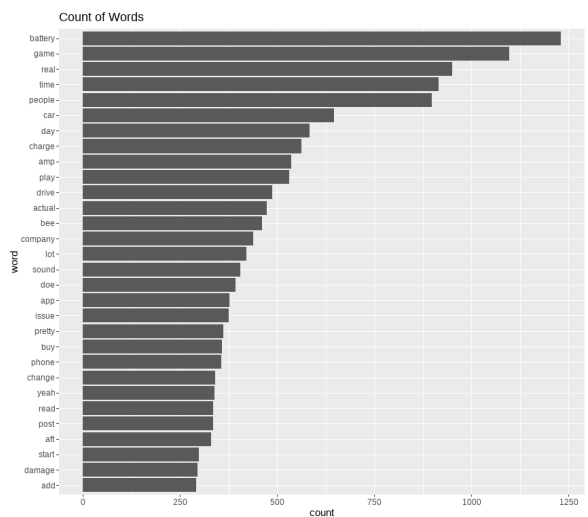


그림 2. 빈도에 따른 상위 30개 키워드

표현식을 이용하여 링크를 포함하고 있는 http로 시작되는 모든 문자와 오타, 특수기호 등을 제거하였다. 또한 전처리 패키지를 이용하여 줄임말, 늘임말, 속어(slang), 이모티콘 등을 표준 단어로 치환시켰고, 대문자를 모두 소문자로 통일시키고 공백을 제거해주었다.

[그림 2]는 빈도에 따른 상위 키워드들을 그림의 해상도를 고려하여 30개까지만 나타낸 것이다. 의미 있는 키워드 추출을 위해 50개까지 고려했을 경우 나타나는 'battery', 'time', 'car', 'charge', 'drive', 'run', 'power', 'hour' 등의 단어들로 보았을 때 전고체 배터리가 에너지 밀도를 높여 전기차 주행거리를 늘릴 수 있다는 점에서 크게 이슈가 된 것으로 볼 수 있다. 자동차 분야뿐만 아니라 "phone" 또한 유망 적용 분야로, 전고체 배터리는 플렉서블 디스플레이, 웨어러블 디스플레이 등 소형 전고체 배터리의 형태로 사용될 수 있다.

'company', 'price', 'market', 'money'는 전고체 배터리 시장에 대한 전망에 대한 내용으로 긍정적인 기대감을 반영한다. MarketsandMarkets에 따르면 전고체 배터리의 수요는 특히 전기차와 에너지 저장 분야, 그리고 플렉시블(flexible) 장치 분야에서 증가하면서 시장 가치가 계속해서 높아지고 있다. 전 세계 전고체 배터리 기술 시장은 연평균 34.2%의 성장률을 보이며, 2020년 6,200만 달러에서 2027년 4억 8,300만 달러까지 확대될 전망이다[28]. 2025년에서 2028년을 기점으로 한 글로벌 주요 완성차 업체들의 전기차 출시 계획이 이어지는 가운데, 전문가들은 전고체 전지의 본격적인 시장 형성을 2030년으로 전망하고 있다[10]. 한국에서는 2022년 1월, KAIST 생명화학공학과 연구팀과 미국 조지아공대 교수팀과 공동연구를 통해 한번 충전으로 800km까지 주행 가능한 전기차 구현이 기대되는 전고체 배터리 기술이 개발되었다[29]. 전고체 배터리에 들어가는 고체 전해질은 크게 고분자 기반, 산화물 기반, 황화물 기반으로 나뉘는데, 이 중 현재 가장 활발하게 연구되고 있는 황화물 기반 고체 전해질은 가격이 비싸다는 단점이 있고, 고분자 기반 고체 전해질은 원료가 저렴하고 저온 대량 생산 공정 등의 장점이 있지만 상온에서 이온전도도가 낮다는 단점이 있다. 연구팀에서 개발한 고체 전해질은 신축성이 탁월한 엘라스토머 내부에 리튬 이온전도도가 매우 높은 플라스틱

결정 물질을 3차원으로 연결한 엘라스토머 고분자 전해질(elastomeric electrolytes)을 개발하여 이온전도도를 약 100배 향상시켰다[30]. 2022년 넷플릭스 데이터는 온전한 1년 치 데이터가 수집되지 못했기 때문에 분석에서 제외했으나 전고체 배터리에 대한 지속적인 연구 개발 투자 확대와 그에 따른 기술적 성과에 따라 대중들의 관심도 증가할 것으로 전망된다.

3. 감성분석

감정별 빈도와 비율을 구해 댓글의 전반적인 감정의 경향을 살펴보았다. 전체 314개 감성 단어 중 긍정 단어가 190개(60.5%)이고 부정 단어가 124개(39.5%)으로 나타났다. 이러한 결과를 보았을 때, 대중들은 전고체 배터리에 대해 전반적으로 긍정적인 인식을 가지고 있는 것으로 파악되었다.

[그림 3]은 전고체 배터리 관련 댓글로부터 추출된 단어의 빈도수를 기반으로 긍정 단어와 부정 단어에서 각각 상위 10개의 단어를 시각화한 결과이다. 긍정적인 댓글에서 나타난 단어들의 특징은 전고체 배터리의 우수한 성능을 나타내는 'good', 'great', 'best'가 도출되었으며, 기존 이온 리튬 배터리의 단점을 보완할 수 있다는 점에서 'better' 또한 큰 비율을 차지하였다. 또한, 기술적 목표를 달성하거나 가능하게 한다는 의미로 'work', 'thank' 등의 단어가 사용된 것으로 보인다. 부정적인 댓글에서 가장 많이 등장한 단어는 'issue', 'damage', 'problem', 'bad' 순이며 몇몇 비속어도 나타났다.

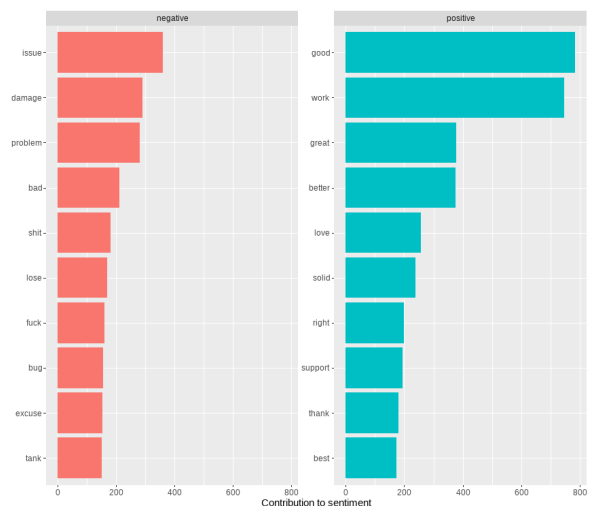


그림 3. 전고체 배터리 관련 전체 상위 10개 긍정·부정 단어

[그림 4]는 레딧에서 추출한 2016년부터 2021년까지의 전고체 배터리에 대한 극성 분석 결과를 시계열로 나타낸 그림이다. X축은 연도, Y축은 댓글 수를 나타내는데 긍정 단어 개수에서 부정 단어 개수를 빼는 방식으로 감성 점수를 계산할 수 있다. 감성 점수는 2016년(381점), 2017년(92점), 2018년(-384점), 2019년(-137점), 2020년(863점), 2021년(185점)으로 각각 나타났다. 2018년과 2019년을 제외하고는 긍정 단어의 비중이 더 많았고, 특히 2020년에 점수가 가장 높았다. 2020년은 도요타가 2021년 세계 최초로 전고체 배터리를 탑재한 전기차 시제품을 공개하겠다고 밝힌 시점으로 많은 관심을 일으켰다. 이는 앞선 댓글 현황 분석 결과 2020년에 댓글 수가 가장 많았던 것과 일치하는 결과이다. 2017년에 전년 대비 댓글이 증가했던 반면 감성 점수가 감소한 것은 관심도는 증가했으나 긍정 댓글의 비중이 감소한 것으로 해석할 수 있는데, 이러한 경우 논의 주제에 대한 찬반 의견이 엇갈리는(controversial) 시기라고 할 수 있다.

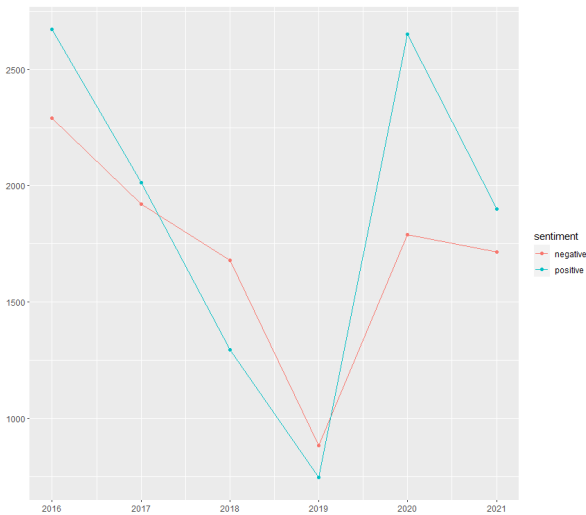


그림 4. 연도별 긍부정 감성 변화 그래프

[그림 5]는 nrc 어휘집을 활용하여 긍정과 부정 단어를 분노(anger), 기대감(anticipation), 혐오감(disgust), 두려움(fear), 기쁨(joy), 슬픔(sadness), 놀라움(surprise), 신뢰(trust)의 8가지 범주의 단어로 분류한 결과이다. 신뢰의 감정이 가장 높은 것이 특징이며, 신뢰의 감정에 두려움, 분노, 기대감의 감정이 공존하고 있었다.

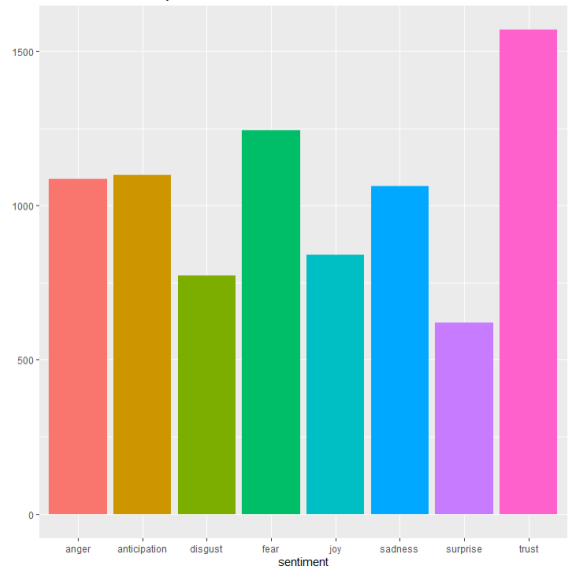


그림 5. 세부 감성 비율 그래프

요약하면 레딧에서 대중들이 전고체 배터리와 관련하여 빈번하게 논의하는 주제는 ‘배터리’, ‘디스플레이’, ‘시장 전망’임을 확인할 수 있었다. 그중에서도 특히 전기차 시장이 확대되고 각국의 완성차 업체 및 배터리 제조 업체들이 전고체 배터리 개발을 통한 전기차 효율 증대에 많은 노력을 투입하고 있는 상황에서 배터리 주제에 댓글이 많이 달린 것으로 나타났다. 이러한 주제들을 둘러싼 레딧 이용자들의 감성은 신뢰라는 긍정적 감정이 가장 두드러지게 나타났으며, 동시에 전고체 배터리와 관련하여 남아있는 도전과제들에 대한 두려움과 분노와 같은 부정적 감정이 혼재되어 나타났다.

VI. 종합 토론

탄소중립이라는 전 세계적인 정책적 흐름에 따라 전기차 시장이 더욱 확대될 것으로 전망되는 가운데 차세대 배터리로 주목받는 전고체 배터리에 대한 신뢰와 기대감이 높아지고 있다. 그러나 감성분석 연구 결과를 통해, 대중들은 전고체 배터리와 관련하여 아직 해결되지 않은 기술적인 문제나 성능, 가격 등 측면에서 두려움과 같은 부정의 감정도 가지고 있다는 것을 확인하였다. 키워드에서는 도출되지 않았지만, 전기차의 부상과 함께 폐배터리의 환경오염 문제 또한 부정적 여론의 요

인이 될 수 있다. 이에 대해 최근 환경부에서는 배터리 재활용 및 재사용 산업에 투자를 확대할 것을 밝혔다 [31]. 전고체 배터리의 상용화까지는 상당한 시간이 걸릴 것으로 보이나, 현재 가장 널리 사용되고 있는 리튬이온 배터리의 기술적 한계가 드러나면서 이를 극복하기 위한 전고체 배터리 연구개발은 배터리 분야에서 핵심기술 중 하나로 자리 잡을 것으로 전망된다.

전고체 배터리가 상용화되면 전기차 분야뿐만 아니라 디스플레이나 의료기기 분야에서도 새로운 기회를 제공할 수 있다. 특히 의료기기 분야의 경우 인체에 위협하지 않고 장시간 안정적으로 전원을 공급할 수 있는 배터리가 필요하며, 최근에는 작고 얇은 배터리가 들어가는 의료기기가 개발되고 있어, 이에 적합한 전고체 배터리가 지속적으로 사용될 것으로 보인다[28]. 그동안 개발되었던 고체 전해질은 고체 격자 내에 리튬이온이 갇혀 이온 전도도가 액체 전해질의 10분의 1에서 100분의 1까지 떨어지는 문제가 있었다. 그러나 2020년 국내 연구진에 의해 이온 전도도를 기존 리튬이온 배터리 수준으로 끌어올린 전고체 배터리가 개발되면서 향후 다양한 분야에 폭넓게 활용될 수 있을 것으로 기대된다[32].

본 연구는 소셜미디어 레딧에서 본격적으로 전고체 배터리 관련 논의가 시작된 2016년부터 2021년까지의 댓글 데이터를 통해 차세대 배터리로 각광받는 전고체 배터리에 대한 대중 인식을 분석하는 사회적 논의를 다루었다. 이를 위해 기존 연구에서는 활용되지 않았던 비정형 데이터 중 소셜미디어 데이터의 활용 가능성을 검토하였으며, 레딧 내 형성되어있는 대중 그룹을 연구의 대상으로 선정함으로써 특정 기술에 대한 감성과 논의 주제의 변화를 이해할 수 있었다.

댓글에 나타난 감성 단어에 감성 점수를 부여하여 전고체 배터리 이슈를 바라보는 대중들의 인식을 정량적으로 측정할 수 있고, 해당 텍스트에 대한 검토를 통해 정성적인 분석이 동시에 가능하다는 점에서 본 연구는 강점을 갖는다. 국가의 정책적 결정이나 기업의 의사결정 이전의 여론 파악은 유용하게 활용될 수 있는데, 특히 안전한 고용량 배터리에 대한 수요가 급격히 높아지는 사회적 변화를 겪고 있는 현 시기에, 잠재 소비자가 될 대중들의 의견에 대한 감성분석을 통해 이를 받아들

일 준비가 되어있는지에 대한 향후 수용도를 예측해보는 것은 의미가 있다. 또한 사회적 논의가 공공의제로 발전할 수 있다는 점에서 향후 전고체 배터리 분야에 대한 체계적 지원을 위한 기초 자료로서의 가치를 지닌다.

전고체 배터리와 관련해서는 아직 해결해야 할 도전 과제들이 남아있기 때문에 대중의 관심이 공공의제에서 정책의제로 진입할 수 있도록 지속적인 노력이 필요하며, 아직까지 어떤 국가에서 전고체 배터리 기술을 선점하게 될지 미지수인 상황에서, 전략적인 투자와 지속적인 연구개발이 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 국내 및 해외 전고체 배터리 연구개발의 전반적인 기술개발 현황 및 정책 동향에 대하여 살펴보고, 전고체 배터리에 대한 소셜미디어 데이터 분석을 통해 대중의 긍정 및 부정 감성의 요인을 분석하였다. 이를 위해 글로벌 소셜미디어 사이트인 레딧에서 전고체 배터리를 키워드로 댓글들을 수집하였다. 그 결과 추출된 단어 중 긍정의 비율을 50.5%, 부정의 비율은 39.5%로 나타났다. 또한 전고체 배터리에 대한 대중들의 세부 감정 분석을 통해 '신뢰'와 '기대'의 긍정 감정이 가장 비중이 높은 정서입과 동시에 '두려움'의 부정 감정이 공존한다는 것을 알 수 있었다. 본 연구의 결과에서 도출된 댓글의 빈출 키워드와 감성분석에 사용된 감성 단어들은 상기 VOSviewer로 파악해볼 수 있었던 연구 키워드와는 확연히 다른 것을 알 수 있다. 이는 곧 각 연구 키워드에 대한 대중들의 감정을 파악하는 것이기 때문에 표면적인 연구 주제 키워드가 아닌 실제 사회적으로 이슈가 되는 주제를 이끌어낼 수 있다는 점에서 유의미한 연구 방법이다. 향후 연구자들은 이러한 기술에 대한 감성분석 방법을 다른 주제나 기술에도 적용해볼 수 있을 것이다.

본 연구의 한계점은 감성의 세부 요인 분석에 있어서 연구자의 주관이 개입되었을 가능성이 있다는 점과 문맥 전체를 고려하지 못한 사전 기반 감성분석을 활용하였기 때문에 긍정과 부정의 속성을 깊이 있게 파악하지 못했다는 점이다. 후속 연구에서는 기술 분야 맞춤형 감성사전의 구축 또는 기계학습 기반의 감성분석을 통

해 해당 영역의 특성을 보다 정확하게 반영해 분석의 정확성을 높이는 연구가 필요할 것이다. 그 외, 국내 및 기타 국가의 소셜미디어 데이터를 활용해 전고체 배터리에 대한 글로벌 대중 인식 비교연구 또한 가능할 것이며, 레딧 데이터뿐만 아니라 뉴스데이터 및 다양한 소셜미디어 정보들을 수집하여 전고체 배터리에 대해 보다 다양한 감성분석을 수행하고 이를 관련 R&D 정책 수립에 활용할 수 있기를 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 과학기술정보통신부, *탄소중립 기술혁신 추진전략, 10대 핵심기술 개발방향*, 2021.
- [2] 김광만, 오지민, 신동욱, 김주영, 이영기, *차세대 리튬 이차전지용 고체 전해질 기술*, ETRI Electronics and Telecommunications Trends, 2021.
- [3] 박상백, “전고체전지를 위한 계면 제어 기술의 최근 연구 동향,” *Ceramist*, 제25권, 제1호, pp.104-121, 2022.
- [4] Y. G. Lee, S. Fujiki, C. H. Jung, N. Suzuki, N. Yashiro, R. Omoda, D. S. Ko, T. Shiratsuchi, T. Sugimoto, S. B. Ryu, J. H. Ku, T. Watanabe, Y. S. Park, Y. Aihara, D. M. Im, and I. T. Han, “High-energy long-cycling all-solid-state lithium metal batteries enabled by silver-carbon composite anodes,” *Nature Energy*, Vol.5, pp.299-308, 2020.
- [5] 신주하, 임희진, 이병주, “국내 복합리조트 서비스품질에 대한 토픽모델링 및 감성분석,” 제35권, 제11호, pp.191-206, 2021.
- [6] 허세영, 김초원, 정안용, 이새봄, “네이버 뉴스 댓글을 활용한 ‘비혼출산’에 대한 감성분석,” *한국콘텐츠학회 논문지*, 제22권, 제1호, pp.74-85, 2022.
- [7] 정예림, 강정은, “기후변화 정책 수립 지원을 위한 소셜 빅데이터 분석,” *환경정책*, 제27권, 제4호, pp.211-239, 2019.
- [8] 홍유정, 황주성, “정책의제설정에서 소셜미디어와 매스미디어의 역할에 관한 비교연구: 광주 인화학교사견(도가니)를 사례로,” *방송과 커뮤니케이션*, 제16권, 제1호, 2015.
- [9] 김보람, 안영균, “스마트화 대응 우리나라 선박 기술 실태 조사 연구: 특허 분석 및 감성 분석을 토대로,” *한국무역학회*, 제46권, 제2호, pp.1-18, 2021.
- [10] 이영진, *전고체 이차전지 개발 현황 및 시장 전망*, 주간KDB리포트, 2020.
- [11] 손지우, 권순우, 박한샘, SMART MOBILITY, 통섭 (Consilience) II: 도요타의 전고체배터리, SK securities, 2020.
- [12] <https://www.dailian.co.kr/news/view/994453/?sc=Naver>
- [13] 산업통상자원부, *K배터리 발전전략 발표 보도자료*, 2021.
- [14] 조영신, *여덟 개의 키워드로 읽는 <뉴욕타임스> 혁신 보고서*, 해외미디어동향 - 03, 서울: 한국언론진흥재단, 2014.
- [15] 설진아, “공중 연등과 대화형 저널리즘에 관한 소셜 뉴스 사이트 분석: 레딧의 ‘북한뉴스’ 서브레딧을 중심으로,” *한국언론학보*, 제59권, 제3호, pp.206-234, 2015.
- [16] 이은주, 장운재, “인터넷 뉴스 댓글이 여론 및 기사의 사회적 영향력에 대한 지각과 수용자의 의견에 미치는 효과,” *한국언론학보*, 제53권, 제4호, pp.50-71, 2009.
- [17] 양혜승, “인터넷 뉴스 댓글의 견해와 품질이 독자들의 이슈에 대한 태도에 미치는 영향,” *한국언론학보*, 제52권, 제2호, pp.254-281, 2008.
- [18] 김양우, “인구절벽사회에서 노인과 일자리 감성분석,” *한국콘텐츠학회논문지*, 제20권, 제11호, pp.110-118, 2020.
- [19] 김현지, 김성진, 김한국, “뉴스 데이터를 활용한 텍스트 감성분석에 따른 지역 산업생태계 위기 예측 - 광주 지역 자동차 산업을 중심으로,” *한국콘텐츠학회논문지*, 제20권, 제8호, pp.1-9, 2020.
- [20] <https://www.semrush.com/website/reddit.com/overview/>
- [21] A. Medvedev, R. Lambiotte, and J. C. Delvenne, *The Anatomy of Reddit: An Overview of Academic Research, Analysis of Doubly Truncated Data*, pp. 183-204, 2019.
- [22] <https://redditblog.com/2020/12/08/reddits-2020-year-in-review/>
- [23] 김우혁, 박은혜, “텍스트마이닝 기법을 활용한 게임 소비자 인식에 관한 연구: 온라인커뮤니티 리뷰 (Reddit)를 중심으로,” *소비문화연구*, 제24권, 제1호,

pp.73-83, 2021.

[24] X. Fang and J. Zhan, "Sentiment analysis using product review data," *Journal of Big Data*, Vol.2, No.5, 2015.

[25] W. Medhat, A. Hassam, and H. Korashy, "Sentiment analysis algorithms and application: A survey," *Ain Shams Engineering Journal*, Vol.5, No.4, pp.1093-1113, 2014.

[26] A. Kumar and T. M. Sebastian, "Sentiment analysis on Twitter," *International Journal of Computer Science Issues*, Vol.9, No.3, pp.372-378, 2012.

[27] 박선주, "SW 교육 뉴스테이터의 감성분석," *정보교육학회논문지*, 제21권, 제1호, pp.89-96, 2017.

[28] MarketsandMarkets, *Solid State Battery Market by Type (Single-cell and Multi-cell Battery), Rechargeability, Capacity, Application (Consumer Electronics, Electric Vehicles, Energy Harvesting, Medical Devices, Packaging, Wireless Sensors), Region-Global Forecast to 2027*, 2020.

[29] <https://www.dongascience.com/news.php?idx=51749>

[30] M. J. Lee, J. H. Han, K. B. Lee, Y. J. Lee, B. G. Kim, K. N. Jung, B. J. Kim, and S. W. Lee, "Elastomeric electrolytes for high-energy solid-state lithium batteries." *Nature*, Vol.601, pp.217-222, 2022.

[31] 환경부, *전기자동차 폐배터리 재활용 본격 추진*, 2021.

[32] W. D. Jung, J. S. Kim, S. J. Choi, S. M. Kim, M. J. Jeon, H. G. Jung, K. Y. Chung, J. H. Lee, B. K. Kim, J. H. Lee, and H. C. Kim, "Superionic Halogen-Rich Li-Argyrodites Using In Situ Nanocrystal Nucleation and Rapid Crystal Growth," *Nano Letters*, Vol.20, No.4, pp.2303-2309, 2020.

저 자 소 개

이 지 연(Ji-Yeon Lee)

정회원



- 2015년 7월 : 중국 북경 칭화대학교 중어중문학과(문학사)
- 2018년 2월 : 서울대학교 국제대학원 국제학과(국제지역학석사)
- 2018년 10월 ~ 2019년 12월 : 정보통신정책연구원 연구원
- 2020년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책 박사과정

〈관심분야〉 : 과학기술경영정책, 국제지역학, 텍스트 마이닝, 오피니언 마이닝

이 병 희(Byeong-Hee Lee)

종신회원



- 1994년 2월 : 충남대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2002년 2월 : 충남대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2002년 9월 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 NTIS센터 책임연구원
- 2012년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책학과 교수

〈관심분야〉 : 과학기술경영정책, 시맨틱기반 검색, 과학기술정보서비스, 빅데이터분석, 텍스트마이닝