

# 6G의 기술경쟁력 및 네트워크 분석: GaN 집적회로 특허 데이터 중심

최우석<sup>1</sup>, 김진용<sup>2</sup>, 이정환<sup>3</sup>, 최상현<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 빅데이터 협동과정 학생, <sup>2</sup>한국과학기술기획평가원 연구원, <sup>3</sup>충북대학교 경영정보학과 교수

## 6G Technology Competitiveness and Network Analysis: Focusing on GaN Integrated Circuit Patent Data

Woo-Seok Choi<sup>1</sup>, Jin-Yong Kim<sup>2</sup>, Jung-Hwan Lee<sup>3</sup>, Sang-Hyun Choi<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Student, Dept. of Bigdata, Chungbuk National University

<sup>2</sup>Office of Future Technology Strategy, KISTEP

<sup>3</sup>Professor, Dept. of Management Information System, Chungbuk National University

**요약** 무선통신 기술은 통신서비스 자체에만 활용되는 단계를 넘어 21세기 디지털 전환이라는 패러다임과 맞물려 다양한 산업의 혁신을 촉진하는 기반 기술로써 기대가 높아지고 있다. 본 연구에서는 우리나라와 주요 선도국가의 6G 기술경쟁력을 비교하기 위해 GaN(갈륨나이트라이드) 특허 정보를 기반으로 시장확보 지수(PFS), 피인용도 지수(CPP) 그리고 네트워크 분석을 통해 6G 기술경쟁력을 분석하였다. 우리나라의 6G 기술경쟁력은 PFS가 0.62로, CPP가 3.93으로 나타났으며, 각각 선도국가 대비 32.8%, 19.9% 수준인 것으로 확인되었다. 그다음 네트워크 분석 결과, 6G 분야의 특허 협업 비율은 7.2%로 대부분 국가에서 모두 협업 생태계가 미흡한 것으로 분석되었다. 다만, 우리나라는 선도국가와 달리 산업계와 학계가 연계한 소규모 협업 관계가 구축되어 있음을 확인할 수 있었다. 따라서, 소규모 협업 생태계를 기반으로 통신 기술 고도화를 할 수 있는 국가 차원의 6G 통합 R&D 전략을 마련할 필요가 있겠다.

**키워드** : 6G, 무선통신, 기술경쟁력, 텍스트마이닝, 네트워크분석, 갈륨나이트라이드

**Abstract** Expectations for wireless communication technology are rising as a base technology that promotes innovation in various industries in line with the paradigm of digital transformation in the 21st century beyond the stage of being used only for communication service itself. In this study, in order to compare 6G technological competitiveness between Korea and leading countries, technological competitiveness was confirmed through PFS, CPP, and network analysis based on GaN Integrated Circuit patent data. Korea's 6G technological competitiveness was 0.62 in PFS and 3.93 in CPP, which were 32.8% and 19.9%, respectively, compared to leading countries. In addition, as a result of network analysis, the collaboration rate in the 6G field was 7.2%, and the collaboration ecosystem was very insufficient in most countries. In contrast, it was confirmed that Korea, unlike leading countries, has established a small-scale collaboration ecosystem linked by industry and academia. Thus, it is necessary to establish a strategy for 6G communication technology at the national level so that communication technology can be advanced based on a relatively well-established collaborative ecosystem.

**Key Words** : 6G, Wireless communication, Technical competitiveness, Text mining, Network analysis, GaN

\*Corresponding Author : Sang-Hyun Choi(chois@cbnu.ac.kr)

Received January 12, 2023

Accepted March 20, 2023

Revised March 13, 2023

Published March 28, 2023

## 1. 서론

2023년, 전 세계적으로 5세대 이동통신 서비스(5G)가 개시된 지 4년이 지났으나 현재까지 완벽하게 상용화되지 못하였으며, 아직도 다수의 국가에서는 4세대 이동통신(4G) 서비스를 주로 활용하고 있다[1]. 그런데도 벌써 우리나라와 주요 글로벌 선진국은 6G 이동통신 기술을 선점하기 위해 6G 비전과 정책 및 관련 기술에 대한 연구를 시작하였다. 이러한 이유는 이동통신 기술이 더 이상 통신서비스 자체에만 활용되는 단계를 넘어 21세기 디지털 전환이라는 패러다임과 맞물려 미디어, 자동차, 제조업, 헬스케어 등 다양한 산업의 생산성 향상 및 혁신을 촉진하는 기반 기술로서 기대가 높기 때문이다[2].

실제로 5세대 이동통신 서비스는 초고속 전송, 대규모 IT 기기 연결, 고신뢰·저지연 전송 등 다변화된 요구사항을 만족시킬 수 있도록 개발되어 왔으며 6세대 이동통신 서비스 또한 5G 서비스의 확산과 새로운 서비스를 출현시키기 위한 이동통신 기술로 정의되고 있다[3].

이처럼 우리나라도 6G 기술에 대한 중요성을 인식하고 기술경쟁력을 높이는 방안을 마련하는 중이다. 대표적으로 6G와 관련한 소재 부품의 기술경쟁력 확보를 위해 2021년 미래선도품목 중심의 원천기술 확보 전략인 '소재부품장비 미래선도품목 R&D 추진방안'을 발표하였다. 여기서는 주력산업 고도화 5대 분야 및 신산업 4대 분야 별로 총 65개의 미래선도품목을 선정하였는데, 특히 6G는 '비대면 디지털' 미래 신산업의 '초고속 유무선 통신 기술' 6개 가운데 포함되었다[4]. 구체적으로 주파수 기술인 '6G 통신용 전력 증폭기 1)GaN(갈륨나이트라이드) 집적회로'가 포함한다.

타 국가보다 선제적으로 기술개발을 착수하고 표준을 선점하는 것은 국제 시장의 주도권을 확보하고 더 나아가 국제 경쟁력을 높이는 가장 좋은 방법이다[5]. 이러한 기술 및 국제표준을 선점하기 위해서는 지속적인 기술경쟁력 분석을 통해 국가 간 기술 수준을 비교하고 정책시사점을 도출하여 효과적인 정책 수립을 추진하여야 한다[5].

본 연구에서는 6G에 대한 기술경쟁력 분석을 진행하여 한국이 글로벌 통상환경에서 우위를 점하기 위한 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

특히, 주파수 기술은 6G 기술 분야 중 가장 기반이 되

는 기술이기 때문에 본 연구는 '6G 통신용 전력 증폭기 GaN(갈륨나이트라이드) 집적회로' 기술의 특허 데이터를 가지고 시장확보 지수(PFS), 피인용도 지수(CPP), 관련한 특허명을 중심으로 네트워크 분석을 진행하고 우리나라와 주요 선도국가의 6G 기술경쟁력을 비교·분석하고자 한다.

본 연구는 기존의 정량적 지표 확인하는 기술경쟁력 연구와 달리 특허 정보의 정성 데이터를 가지고 국가별 핵심기술과 해당 기술의 협업 생태계를 파악함으로써 수치상으로는 드러나지 않은 핵심기술을 도출하여 기술경쟁력을 다각도로 확인한다.

## 2. 선행연구

### 2.1 6G 정의 및 개념

이동통신 기술이란 사용자가 단말기를 통해 음성이나 영상, 데이터 등을 장소에 구애받지 않고 통신할 수 있도록 이동성이 부여된 통신 체계를 말하며, 1980년대 최초로 시작된 이동통신시스템을 1세대 이동통신(1G)이라고 명칭 하였다[6]. 이동통신 기술은 약 10년을 주기로 여러 형태로 진화해오고 있으며 2020년 국제전기통신연합 산하의 전파통신 부문(ITU-R) 정기총회에서 IMT-2020이라는 이름으로 5세대 이동통신(5G)을 발표하였다. 6G는 6세대 이동통신 기술을 말하며 28년에서 30년 사이에 사용될 것으로 예상한다[7].

6G의 핵심은 인공지능(AI) 기반의 통신 기술이라 할 수 있으며 기존의 5G 기술이 갖는 통신 체계를 AI 기반 기술로 대체함으로써 통신 지연 문제를 해결하여 지연이 없는 무지연·초연결 통신으로 바라보고 있다[8].

한국전자통신연구원(ETRI)에서는 6G의 구성 요소를 초광대역, 초정밀 측위, 초고신뢰·저지연, 초공간, 초연결, 초절감 6가지로 세분화하였으며, 6G 핵심 성능지표를 보면 최대 전송속도 1Tbps, 체감속도 1Gbps 등 5G 성능의 10배 이상의 속도 개선을 목표로 제시하고 있으며, 10km 수직 커버지리와 10cm의 측위 정확도, 무선 구간 0.1ms, 종단 간 1~6ms 등으로 목표를 확장했다[9].

본 연구에서는 특허 데이터셋을 기반으로 6G 기술에 대한 한국과 선도국가의 연구개발 현황을 분석하고 한국의 6G 기술개발 수준을 확인하고 6G 기술 선점을 위한

1) GaN(갈륨나이트라이드)이란? 갈륨의 질화물로, 청색 발광 다이오드(LED)의 재료로 사용되는 반도체를 의미함.

이정표를 제시하고자 한다.

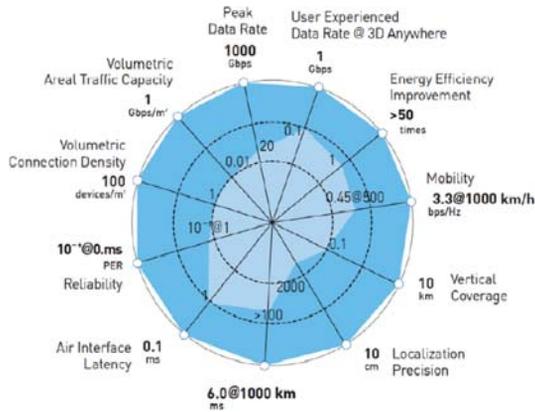


Fig. 1. Goal of 6G mobile communication

## 2.2 6G 비전 및 요구사항

6G 기술은 스마트폰뿐만 아니라 자율주행 자동차, 드론, 증강·가상현실 기반 메타버스, 스마트팩토리 등 미래 산업에서 핵심 기반으로 기대되기에 정책적, 산업적, 기술적 분야 등 많은 연구가 진행되고 있다[10].

특히 5G가 성숙 단계에 진입하고 있는 상황에서 세계 주요국은 6G 비전을 세우고 요구사항을 구체화하고 있으며, 사회적, 환경적 지속가능성 목표를 포함하여 사용 사례, 성능 및 가치 관점에서 비전을 명시적으로 공식화하고 있다[11].

그뿐만 아니라 6G를 위한 초기 아키텍처를 분해하거나 핵심성과지표(Key Performance Indicator, KPI)를 정의하기도 하였다[11]. 미국은 2021년 신미국안보센터(Center for a New American Security)에서 6G 기술 선점을 위해 중국, 일본, 한국, 스웨덴, 인도, 핀란드 등 무선통신 기술력이 높은 국가의 6G 기술 경쟁 현황을 비교·분석하여 비전과 로드맵을 마련하였다[12]. 해당 로드맵에는 기술경쟁력 강화, 동맹국과 협력체계 구축, 네트워크 보안 등 정책적 방안을 포함하였다.

유럽은 Hexa-X 프로젝트를 추진하여 글로벌 표준 6G 비전을 정리하고 중단 간 6G 시스템의 기반을 정의하였다[13]. 또한, 업계를 선도하는 이해관계자와 학계의 비전, 가치, 사용 사례 및 핵심 구현 기술에 대한 표준화된 관점을 제시하였다. 여기서 6G를 Human World, Physical World, Digital World 3가지 세계의 상호작용을 긴밀하게 연결하고 향상하는 기술로 정의하고, 세계

주요국과 기업들이 정의한 비전과 기술 요구사항을 지속 가능성, 신뢰성, 디지털 포용성 등 3가지 핵심 가치를 중심으로 그룹화하였다[13]. Fig. 2는 Hexa-X의 6G 비전을 나타낸 것이다.

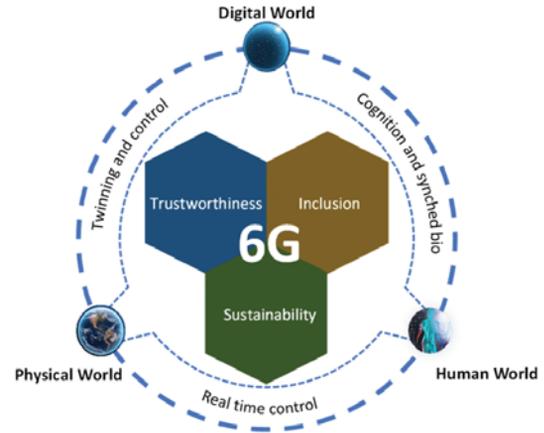


Fig. 2. Hexa-X's 6G vision

우리나라도 6G 주도권을 확보하기 위해 차세대 핵심 원천기술 확보, 국제표준·특허 선점, 연구·산업 기반 조성 등을 포함한 '6G R&D 실행계획'을 수립하였다[14]. 그뿐만 아니라 유럽의 Hexa-X 프로젝트처럼 6G 이동통신과 관련한 해외 주요국과 기업의 글로벌 동향을 비교하여 6G 기술 비전을 도출하고 대표 서비스를 가능하게 하는 기술 특징과 이와 관련된 핵심성과지표(Key Performance Indicator, KPI)를 분석하는 등 6G에 대한 통합된 관점을 만들고자 하였다. 예충일 등 9명은 6G에 대한 연구개발이 시작 단계에 있는 것으로 확인되었으며, 미래 사용자의 서비스 동향을 기반으로 6G 이동통신을 초성능, 초연결, 초정밀, 초절전, 초공간, 초이동, 초지능 등 7개의 대표적 기술적 영역과 특성을 갖는 서비스로 정의하였다[15].

하지만, 여전히 6G에 대한 산업 및 학계 공동 연구는 부족한 실정인데, 이들의 의견을 통합된 관점에서 제시할 필요성이 꾸준히 제기되는 상황이다[16]. 본 연구에서는 주파수 관련 기술인 GaN(갈륨나이트라이드) 집적회로의 기술경쟁력 분석을 통해 선도국가 대상의 6G에 대한 연구·개발 현황을 확인함으로써 6G 비전 중 주파수 기술 분야의 통합적 관점을 구축하기 위한 정보를 제공하고자 한다.

### 2.3 6G 기술 동향

6G와 관련된 연구는 비전과 요구사항을 정의하는 것 외에도 필요 기술과 기술개발·동향에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. J. F. Monserrat 등 6명은 6G 기술이 사용될 분야와 3가지 핵심 특성을 중심으로 필요 기술을 정의하였다. 해당 연구에서는 ‘Cell-Less Deployment’, ‘Network Everywhere’, ‘Federated AI-Based Network’ 등 3가지 핵심 특성을 도출하였으며, 특히 기존 5G와의 차별점을 부각해 기술개발에 대한 방향성을 마련하였다[17].

Harsh Tataria 등 6명은 기존 연구와 달리 하향식 접근 방식으로 6G에 대한 비전을 제시하여 주요항목을 도출하고 항목마다 활용사례와 기술 요구사항을 분석하였다. 그리고 주파수 대역 기술, 무선 네트워크 아키텍처 설계, 물리 계층 기술, 신호전파 기술 등 핵심기술에 대한 강점과 약점을 평가하고 향후 10년 동안 달성하여야 하는 기술을 도출하였다[11].

삼성전자는 2020년 ‘6G 백서’를 공개하였는데, 여기서는 ‘새로운 차원의 초연결 경험’이라는 차세대 이동통신 기술 비전과 함께 6G 서비스 구현을 위한 요구사항을 성능, 구조, 신뢰성 세 가지로 구체화하였다[18]. 또한, 필요한 주파수 확보 방안을 구체적으로 제시하였는데, 6G 주파수 확보는 수백 MHz에서 수십 GHz에 이르는 초광대역의 연속적인 주파수가 필요할 것으로 보고 가능한 대역을 고려하여야 함을 강조하였다[19].

실제로 많은 연구자가 주파수 기술에 대한 연구를 진행하고 있는데, 김근영 등 3명은 세계 주요국이 제시하는 비전, 요구사항 및 관련 기술 연구 동향을 비교·분석하여 주파수 기술, 인공지능 적용 무선통신 기술, 위성 및 근거리 통신 접목 기술, 초정밀 측위 등 통신 활용 기술 등 공통된 사항을 확인하였으며 특히, 테라헤르츠 대역을 활용하기 위한 주파수 기술이 기반 기술로 선행되어야 함을 확인하였다[20].

위의 연구와 같이 거시적 흐름에서 6G 기술 및 연구에 대한 동향을 분석하는 데서 나아가 국가 차원의 기술 선점 전략의 타당성을 확보하고자 하는 연구도 있다. 조은진 등 3명은 경제적 가치 관점에서 이동통신 기술을 분석하였는데, 해당 연구에서는 산업 연관표 실측자료를 가지고 이동통신 기술 세대별 보정된 생산유발계수 분석을 통해 경제적 파급효과를 도출하였다. 분석 결과, 4G의 생산유발계수는 3G 대비 5.55% 증가, 5G 생산유발계수는

4G 대비 약 10.87% 증가하였다[21]. 이처럼 생산유발계수는 지속해서 증가 폭이 커지고 있으며 6G는 5G 대비 훨씬 더 많은 경제적 파급효과를 가져올 것으로 예상하였다.

이처럼 지금까지 진행되어온 6G 관련 연구들은 기술 상용화와 선점을 위한 포괄적 비전과 요구사항 그리고 필요 기술에 대한 동향 분석 위주의 연구가 많았다. 본 연구에서는 기존 연구와 달리 6G 기술 선점을 위한 방향성을 제시하기 위해 기술 동향 분석에서 더 나아가 국가 간 6G 기술개발 수준을 비교하고 협업생태계 분석을 하고자 한다.

## 3. 연구방법

### 3.1 기술경쟁력 분석

본 연구에서는 21년 ‘소부장 미래선도품목 R&D 추진 방안’에 포함된 항목 중 6G와 관련된 ‘6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로’ 분야를 중심으로 우리나라의 기술 경쟁력 및 기술 유망성을 확인하기 위해 관련 특허 데이터를 수집하였다. 데이터 수집은 특허정보검색서비스(KIPRIS)에 게재된 특허정보 중 본 연구자가 선정한 검색식을 통해 검색된 특허정보를 기반으로 생성하였다. 여기서 검색식 대한 타당성 확보를 위해 내부 무선통신 기술 전문가 자문회의를 거쳐 관련 키워드를 선별하였고 특허 검색식을 Table 1과 같이 구성하였다.

그 결과 2001년~2021년 한국, 미국, 유럽, 일본, 중국 등 IP5 특허 총 2,037건을 ‘출원일’, ‘발명의 명칭’, ‘요약’, ‘출원인’, ‘출원인 국적’, ‘인용문헌수’, ‘피인용문헌수’, ‘패밀리 국가수’, ‘패밀리 문헌수’ 등의 정보를 포함하도록 데이터셋을 구성하였다.

이후 GaN 집적회로 분야 특허 데이터를 가지고 기술 경쟁력을 파악하였다. 특정 기술을 선점하기 위해서는 영향력 있는 특허를 빠르게 많은 국가에서 기술을 인정받아야 하는데, 본 연구에서는 이를 정량적으로 확인할 수 있는 시장확보 지수(Patent Family Size, PFS)와 피인용도 지수(Cites Per Patent, CPP)를 분석하였다.

구체적으로 하나의 발명에서 여러 국가에 출원된 특허를 패밀리 특허라 부르고 특정 국가가 그 수가 많을수록 시장확보력이 크다고 판단한다[22]. 시장확보력은 시장확보 지수(PFS)로 확인할 수 있으며, 계산 방법은 다음과 같다[23].

$$PFS = \frac{\text{Average Number of Family Patents in Target Country}}{\text{Average Number of Family Patents in All Countries}}$$

**Table 1. 'Power amplifier gan integrated circuit for 6g communication' patent search formula**

Topic	Patent Search Formula
Power Amplifier GaN Integrated Circuit for 6G Communication	((wireless mobile) and (communication))
	((6g) and (small cell) and (station))
	((sub) and (thz))
	((Power) and (amplifier))
	((integrated) and (Circuit))
	((gallium) and (nitride) and (GaN))
	((HEMT), (High Electron) and (Mobility) and (Transistor))
	((MMIC) and (Monolithic Microwave) and (Integrated Circuits))
	(Front-end), (package), (Module), (epitaxial)
	((process) and (Design) and (Kit))
	((Active Passive) and (Device) and (Library))
	((fine) and (ultra-fine) and (80nm) and (50nm) and (30nm))
	(gate), (pattern)
	(semiconductor)
((Power) and (Density) and (gain))	
((PAE) and (Power) and (added) and (efficiency))	
ipc:(H04B*)	

해당 특허가 다른 특허에 어느 정도 인용되었는지를 확인하는 지표인 피인용횟수(Cites Per Patent)는 출원인 국적별 기술 영향력을 확인한다[24]. 피인용도 지수(CPP)는 특정 특허권자의 등록 특허 피인용 횟수를 해당 특허권자의 등록 특허 수로 나눈 값으로, 식은 다음과 같다 [24].

$$CPP = \frac{\text{Number of Patent Citations in Target Country}}{\text{Number of Patents in Target Country}}$$

## 3.2 네트워크 분석

### 3.2.1 텍스트전처리 및 빈도분석

3.1장에서 수집한 '6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로' 분야 특허 데이터에서 '발명의 명칭'과 '요약' 정보를 중심으로 텍스트 마이닝을 진행하였다. 해당 데이터는 영어로 구성되어 있기 때문에 파이썬의 NLTK 패키지를 이용하여 형태소(Morphology)를 추출하였다.

그다음, 단어 토큰화 작업(Word Tokenization)을 진행하였다. 단어 토큰화란, 문장 단위의 텍스트에서 단어(토큰)를 분리하는 작업을 의미하며 일반적으로 마침표(.), 콤마(,), 물음표(?), 세미콜론(;), 느낌표(!) 등 구두점(Punctuation)을 제거한 후 공백(Whitespace)을 기준으로 잘라서 단어를 구분하는 작업을 의미한다[25]. 하지만

이와 같은 방법은 토큰이 본래 의미를 잃어버릴 수 있으며, 영어를 토큰화할 때 공백을 기준으로 자르는 경우 복합명사를 추출할 수 없다는 한계가 존재한다[26]. 영어는 일반적으로 두 개 이상의 명사가 바로 쓰이지 않으며 동사, 형용사, 부사, 전치사 등 다른 형태소가 사이에 존재한다. 하지만 복합명사로 사용된 경우엔 예외적으로 두 개 이상의 명사가 붙어 쓰일 수 있다. 이 외에도 복합명사는 명사의 결합뿐만 아니라 형용사, 부사, 동명사, 전치사와 명사의 결합으로 구성될 수도 있는데 보통 두 번째로 오는 단어, 즉 뒤에 붙은 명사가 주된 의미를 갖는 특징을 갖는다[27]. 이러한 특징을 이용하여 문장 내에서 복합명사를 추출할 수 있다. 다만, 다른 형태소와 명사의 결합으로 구성하는 경우에는 해당 구(Phras)가 복합명사인지 아닌지 검토하는 과정이 필요하다.

본 연구에서는 복합명사도 분석에 포함해야 하므로 형태소 규칙 기반의 토큰화 작업을 진행하였다. 우선 복합명사 특성을 활용하여 문장 내에서 복합명사 후보군을 생성한다. 그다음 사전에 정의한 복합명사가 될 수 없는 규칙으로 후보군을 정제한다. 마지막으로 각 복합명사 후보의 사용된 빈도를 계산하여 복합명사를 추출하고 제외된 후보군에서 명사만 남기고 제거한다. 이러한 방식을 거쳐 형태소를 추출하였다. Table 2는 후보군을 정제하기 위해 사전에 정의한 복합명사가 될 수 없는 규칙이다.

**Table 2. List of rules that cannot be compound nouns**

No	Candidate Removal Rules
1	verb, Adverb, Adverb, Conjunction, Pronoun
2	Words with an Apostrophe(')
3	Adjectives and Adverbs ending in 'ly'
4	Adjectives and Adverbs ending in 'ing'
5	Comparative and Superlative Adjectives ending in 'er', 'est'
6	WH-word
7	Continuous Adjective or Adverb+Adjective
8	Words whose First Letter is not Alphabet

마지막으로 TF-IDF 알고리즘을 활용하여 the, a, an, is, are 등과 같이 문장을 구성하는 필수요소지만 문맥적으로 큰 의미가 없는 단어나 자료의 특성상 빈발하게 사용되는 단어(ex: Invention(발명), Patent(특허), Article(문헌), Paper(논문) 등) 또는 오타 등의 불용어(Stopword)를 제거하였다.

### 3.2.2 단어 네트워크 분석

단어 네트워크 분석이란 문서에서 사용된 단어 간의 연관성을 파악하기 위한 텍스트마이닝 기법의 하나로 특정 텍스트 단위에서 공동으로 출현한 단어의 집합적 상호연결을 표현하는 분석이다[28]. 본 연구에서는 출원된 GaN 집적회로 분야 특허의 핵심 단어와 단어 간 연결성을 확인하기 위한 단어 네트워크 분석과 연구개발 기관들의 협력 관계를 파악하기 위한 협업 네트워크 분석 두 가지를 진행하였다.

구체적으로 네트워크의 구조적 속성인 중심성(Centrality)을 활용하는데, 중심성은 전체 네트워크에서 단어들의 상대적 중요도를 수치로 변환하여 계산하는 지표로써, 특정 단어가 다른 단어들과 얼마나 광범위하게 연결되어 있는지를 나타내는 개념이다[29].

일반적으로 네트워크 분석에 사용하는 지표는 Table 3과 같이 연결 중심성(Degree Centrality), 매개 중심성(Betweenness Centrality), 근접 중심성(Closeness Centrality)을 사용한다[24]. 연결중심성은 네트워크 내에 단순히 몇 개의 단어들과 직접적으로 연결되어 있는지 측정하는 지표이고, 매개 중심성은 노드 간의 최단 경로를 가지고 계산하여 특정 단어가 다른 단어와의 연결망을 구축하는 데 얼마나 도움을 주는지 측정하는 지표이며 마지막으로 근접 중심성은 특정 단어가 다른 노드까지 도달하는 경로가 얼마나 짧은지를 측정하는 지표이다[30].

중심성 지표는 네트워크의 크기에 따라 계산되는 값의 절대적 크기가 달라지므로 두 개 서로 다른 네트워크 분석 결과를 비교하는 경우에는 표준화한 중심성 지표를 사용하여야 한다[31]. 본 연구에서는 4장에서 우리나라와 선도국가를 비교하기 위하여 표준화 매개 중심성 지표(Standardized Betweenness Centrality)를 사용하였다. 표준화 매개 중심성은 매개 중심성을 이론상의 매개 중심성 최댓값인  $(g-1) \times (g-2)$  으로 나누어 구할 수 있으며 0에서 1 사이의 값을 갖는다[32].

## 4. 분석 결과

### 4.1 특허 데이터 기술경쟁력 분석 결과

6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로 분야의 특허에 대한 추세를 확인하였다. Fig. 3을 보면 IP5 기준 '01년부터 '19년까지 총 2,011건이 출원되었다. 그리고 '04년 이후 출원 건수가 지속적으로 줄어들었으나 '15년부터 다

시 관련 특허출원이 증가하는 추세이다. 이는 6G 통신용 전력 증폭기의 소재로 GaN 집적회로의 성능이 기존의 다른 소재보다 뛰어나다는 것이 입증되면서 연구가 활발해졌기 때문이라 추측된다. '20년 이후 출원된 특허들은 아직 공개되지 않은 미공개 특허로 건수가 집계되지 않은 것으로 확인되었다.



Fig. 3. Patent application trend by year based on IP5

미국특허청(USPTO), 일본특허청(JPO), 유럽특허청(EPO)에 모두 등록된 특허를 의미하는 삼극특허 기준으로는 '01년부터 '19년까지 1,752건이 출원되었으며, Fig. 4와 같이 연평균 8.48%(44.5건)의 완만한 증가세를 보이며 IP5 특허의 증가세와 유사한 것을 알 수 있다.

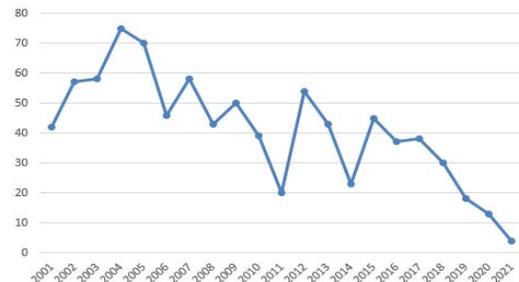


Fig. 4. Patent application trend by year based on triadic patent families

다음은 타 국가 대비 우리나라의 기술 수준을 파악하기 위해 제1 출원인 국적의 비율을 분석하였다. IP5를 기준으로 분석한 결과는 Fig. 5와 같으며, 미국이 총 29.6%(603건)로 점유율이 가장 높고 그다음 한국(19.7%), 일본(19.5%), 중국(12.6%) 순으로 점유율이 높았다. 반면, 삼극특허 기준으로는 Fig. 6에서 볼 수 있듯이 미국(48.1%), 일본(23.5%), 한국(9.6%), 중국(2.7%)으로 우리나라의 점

유율은 IP5 기준보다 10.1%가량 떨어졌다. 일반적으로 삼극특허는 양적·질적 측면에서 높은 수준을 보유하고 있음을 나타내기 때문에, 우리나라의 GaN 집적회로 기술이 양적으로는 우수하나 질적으로는 미흡한 것으로 판단된다.

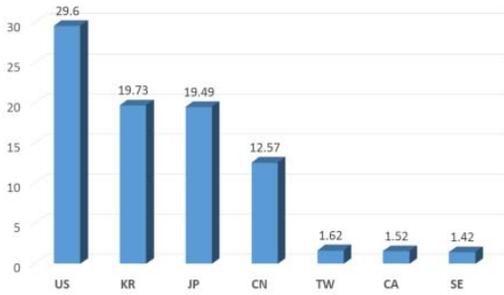


Fig. 5. Patent share based on IP5



Fig. 6. Patent share based on triadic patent families

Table 3. PFS table by applicant nationality

rank	Natio-nality	Average Number of Family Countries	PFS	Number of Applications
1	CA	7.32	1.89	31
2	US	6.19	1.60	603
3	SE	5.55	1.43	29
4	JP	3.57	0.92	397
5	TW	2.61	0.67	33
6	KR	2.4	0.62	402
7	CN	1.49	0.38	256

Table 4. CPP table by applicant nationality

Nationality	number of applications	number of citations	CPP
CA	31	612	19.7
IL	29	425	14.6
TW	33	470	14.2
US	603	8,074	13.3
SE	29	211	7.28
JP	397	2,410	6.07
KR	402	1,580	3.93
CN	256	794	3.1

다음으로 시장확보 지수(PFS)와 피인용도 지수(CPP)를 분석하였다. Table 3은 시장확보 지수를 분석한 결과이다. 시장확보 지수는 캐나다(CA)가 1.89로 가장 높았으며 이어서 미국(US), 스웨덴(SE)이 각각 1.60, 1.43으로 시장 확보력이 우수한 국가로 확인되었다. 반면, 중국은 타 국가 대비 시장확보 지수가 매우 낮는데 이는 해외 특허 확보보다 자국 특허에 집중하고 있는 것으로 보인다. 그리고 우리나라는 시장확보 지수가 0.62로 전체 평균 수치 이하로 확인되어 6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로 분야의 시장 확보력이 부족하였다.

Table 4는 피인용도 지수를 분석한 결과이다. 피인용도 지수는 캐나다(CA)가 19.7로 가장 높고 이스라엘(IL)과 대만(TW)이 각 14.6, 14.2로 기술 영향력이 높은 국가로 확인되었다.

미국은 출원 건수가 많으면서도 피인용도 지수가 13.3으로 매우 높은 것으로 보아, 양질의 기술 영향력을 갖추고 있다고 볼 수 있다.

우리나라는 피인용도 지수가 3.93으로 선도국보다 수치가 낮았다. 다만, 우리나라가 다른 국가보다 출원 건수(402건)가 많아 피인용도 지수가 상대적으로 낮게 측정될 수 있어 이 지표만으로 영향력이 낮다고 판단할 수는 없다.

마지막으로 Table 5는 기술경쟁력을 판단할 수 있는 특허 점유율, 시장확보 지수(PFS), 피인용도 지수(CPP) 등 지표들을 비교·정리한 표이다. 3개의 지표들을 종합해봤을

Table 5. Comparison of technical competitiveness between Korea and leading countries

Country	Patent Family Size(PFS)		Triadic Patent Families share		Cites Per Patent(CPP)	
	Country	Value	Country	Value	Country	Value
Nation	Canada	1.89	US	48.1	Canada	19.7
Korean	-	0.62	-	9.63	-	3.93
Competitiveness compared to leading Countries	ratio	32.8%	ratio	20%	ratio	19.9%
	Competitiveness	lower level	Competitiveness	lower level	Competitiveness	lower level

때, 우리나라는 우수 특허의 양적 수준을 판단할 수 있는 특허 점유율이 선도국가(미국) 대비 20% 수준으로, 글로벌 시장확보력을 판단할 수 있는 PFS가 선도국가(캐나다) 대비 32.8% 수준으로, 마지막으로 기술 영향력을 판단할 수 있는 CPP가 선도국가(캐나다) 대비 19.9% 수준으로 확인되었다.

선도국가 대비 경쟁력 수준을 상(66.7%~100%), 중(33.3%~66.7%), 하(0%~33.3%)로 구분하였을 때, 우리나라는 모든 지표에서 ‘하(lower level)’에 속하기 때문에 아직 기술경쟁력이 부족하다고 판단한다. 따라서, 6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로 분야의 기술경쟁력 강화 방안을 모색해야 한다.

## 4.2 네트워크 분석 결과

### 4.2.1 단어 네트워크 분석

우선, 빈도 분석을 통해 우리나라와 선도국가를 비교하였다. 선도국가는 시장확보 지수가 높은 캐나다, 미국, 스웨덴, 일본, 대만 등 5개 국가를 포함한다. 빈도 분석은 2001년부터 2021년까지 우리나라가 출원한 402건의 특허와 1,093건의 선도국가 특허(캐나다 31건, 미국 603건, 스웨덴 29건, 일본 397건, 대만 33건)의 제목과 요약 정보를 가지고 실시하였다. Table 6은 빈도 분석을 한 결과이다.

Table 6에서 ‘Power Amplifier’, ‘Antenna’, ‘Receiver’, ‘Transmitter’ 등 단어는 우리나라와 선도국가에서 모두

빈도가 높은 것을 확인할 수 있다. 이는 현재 GaN 집적회로가 전력 증폭기(Power Amplifier)의 소재로써 연구개발되고 있고 안테나와 수신기 그리고 송신기가 전력 증폭기의 핵심 용어이기 때문이다. 그 외 키워드를 확인해본 결과, 우리나라는 ‘Mobile Communication Terminal(247개)’, ‘Wireless Communication System(99개)’, ‘Mobile Communication System(62개)’, ‘Wireless Communication Terminal(24개)’ 등 무선 통신과 관련된 단어의 빈도가 매우 높았다. 이는 우리나라가 5G를 선점하기 위해 국가 차원에서 연구개발을 지원하였으며, 이에 따라 GaN 집적회로 분야에서도 무선 통신에 특화된 기술 연구가 활발히 진행된 결과라고 추측한다. 이 외에도 ‘Battery(23개)’, ‘Battery Voltage(19개)’의 빈도 순위가 상위권에 나타난 것을 확인할 수 있는데, 우리나라에서는 GaN 집적회로가 통신 회로뿐만 아니라 배터리용 전력 반도체 분야에서도 활발히 연구개발 되고 있기 때문이다. 실제로 최근에는 스마트폰 고속 충전기 분야를 중심으로 GaN 전력 반도체가 빠르게 성장하고 있다[33].

반면, 선도국가에서는 ‘Low Noise Amplifier(57개)’, ‘Power Control(49개)’, ‘Variable Gain Amplifier(43개)’, ‘Leaky Wave Antenna(LWAs)(29개)’ 등 전력 증폭기 또는 안테나의 고도화를 상징하는 단어들의 빈도가 높게 나타났다. 우리나라가 무선 통신 개발을 목적으로 GaN 집적회로에 대한 연구개발이 이루어졌다면, 선도국가는 무선 통신뿐만 아니라 그 이전부터 해당 기술 자체

Table 6. GaN Integrated circuit field frequency analysis result table

Korean Frequency Analysis Result		Leading Countries Frequency Analysis Result	
Keyword	Frequency	Keyword	Frequency
Mobile Communication Terminal	247	Power Amplifier	371
Power Amplifier	224	Antenna	230
Wireless Communication System	99	Transmitter	177
Antenna	77	Receiver	139
Receiver	71	Wireless Communication System	92
Mobile Communication System	62	Low Noise Amplifier	57
Transmitter	56	Power Control	49
Transmission Device	30	Amplitude	49
Data	29	Power Amplification System	47
Wireless Communication Terminal	24	Bias Circuit	46
Variable Gain Amplifier	23	Variable Gain Amplifier	43
Intensity	23	Transceiver	38
Battery	23	Detector	37
Power Supply	22	Data	37
Memory	21	Control Voltage	35
Coupler	20	Linearity	30
Mobile Communication	19	Supply Voltage	30
Battery Voltage	19	Leaky Wave Antenna(LWAs)	29

Table 7. Standardized betweenness centrality analysis results

Korean Keyword Centrality Value		Leading Countries Keyword Centrality Value	
Keyword	Value	Keyword	Value
Power Amplifier	0.2118	Power Amplifier	0.2726
Mobile Communication Terminal	0.1550	Antenna	0.1890
Antenna	0.1219	Transmitter	0.1148
Wireless Communication System	0.1205	Receiver	0.0814
Mobile Communication System	0.0854	Wireless Communication System	0.0545
Receiver	0.0668	Transceiver	0.0410
Transmitter	0.0568	Amplitude	0.0260
Optical Signal	0.0304	Power Amplification System	0.0215
Low Noise Amplifier	0.0221	Amplifiers	0.0198
Transceiver	0.0190	Bandwidth	0.0164
Battery	0.0188	Power Control	0.0137
Relay Device	0.0181	Low Noise Amplifier	0.0133
Miniaturization	0.0180	Wireless Communications	0.0121
Coupler	0.0178	Impedance	0.0120
Minimizing	0.0161	Frequency Band	0.0118
Memory	0.0141	Control Circuit	0.0116
Monitoring	0.0128	Received Signal	0.0108
Automatic Gain Control	0.0122	Wireless Communication Terminal	0.0094
Noise	0.0109	UE	0.0090
Power Detector	0.0103	Memory	0.0087

에 대한 연구가 이루어지고 있는 것으로 보인다.

#### 4.2.2 단어 네트워크 분석

다음으로 우리나라와 선도국가에서 출원한 특허의 핵심 단어와 단어 간 연결성을 확인하기 위해 단어 네트워크 분석을 진행하였다.

본 연구에서는 네트워크 내의 정보 흐름 관점에서 핵심 단어를 도출하기 위하여 특정 단어가 다른 단어들의 사용에 중계자 역할을 얼마나 잘하는지를 측정하는 매개 중심성 지표를 사용하였다[28]. 또한, 중심성 지표는 네트워크의 크기에 따라 계산되는 값의 절대적 크기가 달라지므로 우리나라와 선도국가 두 개 서로 다른 네트워크 분석 결과를 비교하기 위하여 표준화한 매개 중심성 지표를 사용하였다.

Table 7은 특허 데이터에서 우리나라와 선도국가 각각 표준화 매개 중심성을 계산한 결과이다. 우선 선도국가의 네트워크 분석 결과를 확인해보면 앞서 분석한 빈도 분석 결과와 유사하게 ‘Power Amplifier’, ‘Antenna’, ‘Transmitter’, ‘Receiver’, ‘Power Amplification System’ 등 GaN 집적회로를 활용하는 핵심 아이টে에 대한 키워드와 ‘Bandwidth’, ‘Power Control’, ‘Low Noise Amplifier’, ‘Control Circuit’, ‘Memory’ 등 GaN 집적회로 분야 기술개발과 관련된 키워드가 대다수였다. 이 외에도 ‘Wireless Communication System’와

‘Wireless Communication Terminal’ 등 빈도가 상대적으로 낮았던 무선통신 관련 키워드의 매개 중심성이 높게 나타났다. 이는 정보 흐름 관점에서 핵심 단어라는 것을 의미하며 선도국가에서도 무선통신 관련 연구의 비중이 높아지고 있음을 의미한다. Fig. 7은 선도국가의 네트워크 시각화 결과이다.

우리나라도 선도국가와 마찬가지로 ‘Power Amplifier’, ‘Antenna’, ‘Transmitter’, ‘Receiver’ 등 핵심 아이টে에 대한 키워드가 높은 순위를 차지하였다. 다만, 우리나라는 핵심 아이টে보다도 ‘Mobile Communication Terminal’, ‘Wireless Communication System’ 등 무선통신 관련 키워드가 ‘Power Amplifier’를 제외하면 더 높은 중심성을 보인다. 이는 우리나라의 GaN 집적회로 분야 특허가 대부분 무선 통신 연구개발에 초점을 맞추어 진행하고 있기 때문이다. 또한, 선도국가와 달리 ‘Miniaturization’, ‘Minimizing’ 등 무선 통신에 최적화하는 기술과 관련한 키워드도 상위에 위치하였다. 다음 Fig. 8은 우리나라의 네트워크 시각화 결과이다.

#### 4.2.2 협업 네트워크 분석

마지막으로 6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로 분야 협업 생태계의 현황을 파악하기 위해 특허 데이터의 ‘출원인 소속’ 정보를 기반으로 협업 네트워크 분석을 진행하였다. Table 8은 출원인 소속별 국적 및 출원 건수를 정

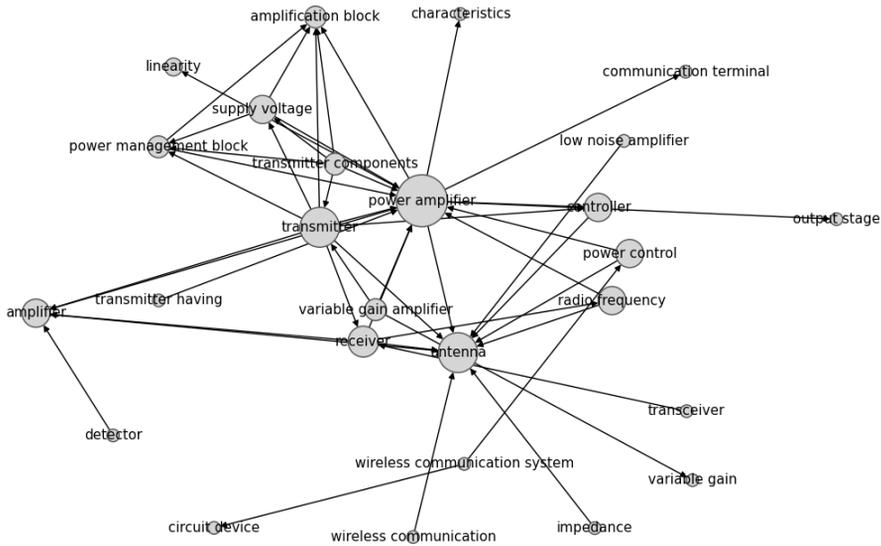


Fig. 7. Leading countries network analysis result

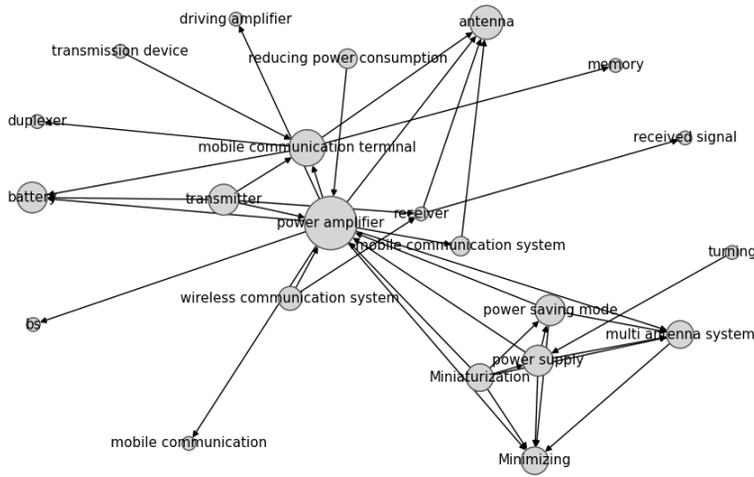


Fig. 8. Korean network analysis result

리한 표이다. GaN 집적회로 분야 특허는 ‘QUALCOMM’이 130건으로 가장 많았으며 ‘SKYWORKS SOLUTIONS’ 57건, ‘MATSUSHITA ELECTRIC IND’ 35건, ‘INTERDIGITAL TECH’와 ‘SAMSUNG’, ‘BROADCOM’이 모두 24건으로 출원 건수가 높았다.

2,011건 특허 중 2개 이상의 기관이 공동으로 출원한 특허는 145건(7.2%)으로 협업이 이루어진 비율은 매우 낮았다. 즉, GaN 집적회로 분야는 아직 협업 생태계가 미흡한 것으로 파악하였다.

Table 8. Applicant's nationality and number of applications by affiliation

rank	Applicant's Affiliation	Nationality	Number of Applications
1	QUALCOMM	US	130
2	SKYWORKS SOLUTIONS	US	57
3	MATSUSHITA ELECTRIC IND	JP	35
4	INTERDIGITAL TECH	US	24
5	SAMSUNG	KR	24
6	BROADCOM	US	24
7	NEC	JP	21
8	LG	KR	16
9	HITACHI	JP	14
10	NOKIA	FI	14

Table 9. Collaboration network analysis results

	Degree Centrality		Betweenness Centrality		Closeness Centrality	
	Organization Name	Value	Organization Name	Value	Organization Name	Value
1	KT	0.045	HITACHI	0.004	KT	0.048
2	SAMSUNG	0.036	RENEAS TECH	0.003	SAMSUNG	0.042
3	SK Telecom	0.036	TTP COMMUNICATIONS	0.002	SK Telecom	0.041
4	SAKAI	0.036	KT	0.002	KAIST	0.039
5	NORIO	0.036	HITACHI INT ELECTRIC	0.002	KT Freetel	0.039
6	YUTAKA	0.036	NTT DOCOMO	0.002	HANARO TELECOM	0.036
7	SHIMAWAKI	0.036	SAMSUNG	0.001	SK Broadband	0.036
8	NAITOU	0.036	Airpoint	0.001	SAKAI	0.036
9	EIICHI	0.036	SK Telecom	0.001	NORIO	0.036
10	TAKEUCHI	0.036	KAIST	0.001		

다음으로, 협업 네트워크 분석을 진행하였다. Table 9는 '출원인 소속' 정보를 가지고 협업 네트워크 중심성을 계산한 결과이다.

협업 네트워크의 연결 중심성, 매개 중심성, 근접 중심성 최댓값은 각각 0.045, 0.004, 0.048로 매우 낮은 것을 확인할 수 있다. 이는 특허출원을 통해 기술을 확보한 주요 기관 간 공유 네트워크가 거의 형성되어 있지 않다는 것을 의미한다. 특히, 매개 중심성이 거의 0에 가까워 중계자 역할을 하는 기관도 없는 것으로 확인되었다.

'KT', 'SAMSUNG', 'SK Telecom' 등 기관은 3개 중심성 지표에서 모두 상위권에 있어 협업 네트워크에서 영향력이 높은 것으로 파악된다. 이 외에도 상위 10개 기관은 대부분 한국 기업과 일본 기업으로 구성되어 있다. 반면, 'QUALCOMM', 'SKYWORKS SOLUTIONS', 'INTERDIGITAL TECH' 등 미국 기업은 출원 건수가 많은 것과 달리 협업 네트워크

중심성이 매우 낮은 것으로 확인되었다. 미국 기업들은 GaN 집적회로를 연구하는 데 있어 협업 생태계 구축에 참여하지 않고, 기업마다 독자적인 연구개발을 수행하는 것으로 보인다.

Fig. 9는 GaN 집적회로 분야 협업 네트워크 분석 결과를 시각화한 것이다. 그림을 보면 노드별 연결이 거의 없는 것을 확인할 수 있으며 앞서 확인했던 중심성 지표의 결과와 같이 협업 생태계 내 영향력을 강한 보여주는 노드가 없음을 확인할 수 있다.

다만, 한국 기업인 '삼성전자', '에스케이 텔레콤', '케이티', '케이티프리텔', '한국전자통신연구원', 'HANARO TELECOM'이 소규모의 협업 생태계를 구축하고 있었다. 우리나라는 GaN 집적회로 분야가 양적으로 우수하지만, 질적인 측면에서는 미흡한 실정이다. 현재 타 국가보다 잘 구축된 협업 생태계를 확장하여 공동연구를 활성화한

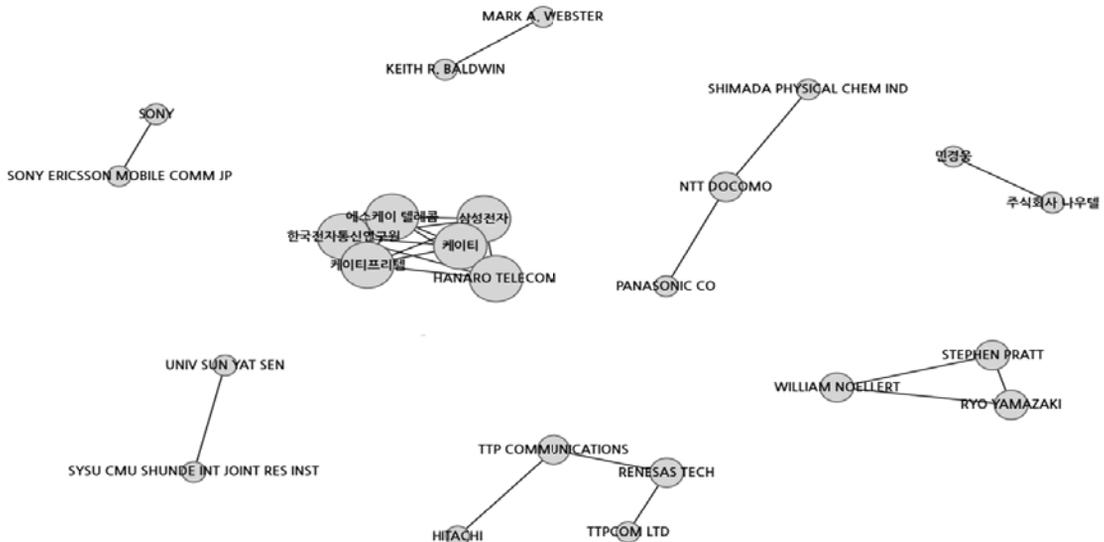


Fig. 9. Collaboration network visualization

다면 이러한 상황을 개선하고 기술개발 선점 및 고도화하는 데에 도움이 될 것으로 보인다.

본 연구에서 진행한 협업생태계 분석은 '6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로' 분야 특히 데이터의 공동출원 정보를 가지고 진행하였다. 따라서 해당 분석 결과만 가지고 협업생태계 현황을 단정 짓기에는 한계가 있을 수 있으며, 앞으로 논문 데이터와 연구과제 데이터 등 협업 생태계를 확인할 수 있는 정보를 추가 분석하여 협업생태계 분석을 확장하고자 한다.

### 4.3 논의

본 연구는 6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로 관련 특허데이터를 가지고 우리나라와 선도국가의 6G 기술경쟁력 분석과 함께 네트워크 분석을 진행하였다.

우선 기술경쟁력을 분석한 결과, 우리나라의 삼극특허 점유율이 9.63%, 시장확보 지수(PFS)가 0.62로 계산되었으며, 특허의 피인용도 지수(CPP)는 3.93으로 확인되었다. 기술경쟁력 지표 결과를 종합해 봤을 때, 특허 점유율은 선도국가(미국) 대비 20% 수준에, 세계 시장확보 지표인 PFS는 선도국가(캐나다) 대비 32.8% 수준에 위치하였으며 마지막으로 기술 영향력을 판단할 수 있는 CPP는 선도국가(캐나다) 대비 19.9% 수준인 것으로 분석되었다. 정리하면 선도국 대비 우리나라의 3가지 기술경쟁력 지표 모두 '하(Lower Level)'에 속하고 있다. 즉, 우리나라의 GaN 집적회로 분야 연구는 양적으로 우수하지만, 질적인 측면에서는 미흡한 상황으로 상대적으로 기술경쟁력이 부족하다고 판단한다.

추가로 네트워크 분석을 통해 국가별 핵심기술과 해당 기술의 협업 생태계를 파악하여 기술경쟁력을 다각도로 확인하였다.

단어 네트워크 분석 결과, 선도국가는 GaN 집적회로를 활용하는 핵심 기술에 대한 키워드가 네트워크의 중심을 형성하고 있었다. 그리고 'Wireless Communication System'와 'Wireless Communication Terminal' 등 빈도분석 결과에는 등장하지 않았던 키워드가 매개 중심성에서 상위권에 나타났다. 이를 통해, 선도국가에서도 GaN 집적회로 분야에서 무선 통신의 비중이 높아지고 있음을 알 수 있었다. 반면 우리나라는 GaN 집적회로 핵심 기술보다도 모바일 통신, 무선 통신에 대한 키워드가 더 높은 중심성을 가졌다. 이는 GaN 집적회로 분야의 특허

가 대부분 모바일 통신, 무선 통신 연구개발에 초점을 맞추어 진행하고 있다고 볼 수 있다. 또한, 'Miniaturization', 'Minimizing' 등 키워드도 상위에 위치하였는데, 선도국가와 달리 우리나라는 무선 통신에 최적화하는 소형화 기술 연구에 초점을 맞추고 있음을 알 수 있다.

마지막으로 협업 생태계를 확인한 결과, 협업이 이루어진 비율이 7.2%로 매우 미흡하였다. 또한, 선도국가가 협업 생태계 구축보다는 기업마다 독자적인 연구개발을 수행하고 있는 반면, 우리나라는 산학이 연계한 소규모의 협업 생태계를 구축하고 있음을 확인하였다. 따라서 한국은 구축되어있는 협업 생태계를 확장하여 공동연구를 활성화하는 것이 앞으로 기술개발 선점 및 고도화하는 데에 전략이 될 수 있을 것으로 보인다.

## 5. 결론

21세기 국가가 성장하기 위해서는 선도국가의 과학기술을 추격하는 단계에서 더 나아가 초격차를 만드는 국가 차원의 과학기술 전략이 필요하다. 즉, 과학기술은 국가 경쟁력의 핵심 원천이기에 우리나라의 기술을 국제표준으로 만드는 것이 무엇보다 중요하다.

우리나라는 이미 세계 최초로 5G 기술의 상용화 추진에 성공한 경험이 있으며, 국내 우수한 ICT 기업 그리고 정부가 협력하여 무선통신에 대한 기술개발 연구를 진행하고 있어 6G 기술 선점에도 유리한 입지에 있다. 하지만, 5G에 대한 품질 등 다양한 논란이 계속해서 언급되고 있으며 6G 관련 국제표준이 아직 정해지지 않은 불확실한 상황에서 안주할 수는 없다. 우리가 계속해서 유리한 입지를 지키고 경쟁력을 키우기 위해서는 우리나라가 가진 경험과 노하우를 기반으로 6G 시대에도 글로벌 시장을 이끌어 나갈 수 있도록 민간과 정부가 함께 6G 준비 초기 단계부터 글로벌 협업을 추진하고, 지속적인 관계부처와 대·중소기업의 긴밀한 협력을 통해 미래 6G 기술 경쟁력을 확보할 수 있어야 한다.

실제로 본 연구를 통해 6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로 분야의 기술경쟁력을 확인한 결과, 우리나라는 선도국가 대비 평균 24.2% 수준에 머물러 있음을 알 수 있었다. 따라서, 선도국가보다 상대적으로 잘 구축되어있는 협업 생태계를 기반으로 통신 기술의 고도화를 할 수 있도록 국가 차원의 6G 통신기술 전략을 세우는 것이 필요하다.

본 연구의 시사점은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 기술경쟁력을 분석하기 위한 정량적 지표인 특허 점유율, 시장확보 지수(PFS), 피인용도 지수(CPP)를 계산하여 비교하는 것뿐만 아니라 텍스트 분석 기법 중 네트워크 분석을 실시하여 기술경쟁력에 대한 정성적 지표를 같이 비교·평가하였다. 기존의 정량적 지표뿐만 아니라 정성적 지표를 같이 비교함으로써 수치 상으로는 드러나지 않은 핵심기술을 도출하여 다각도로 기술경쟁력을 분석하였다는 데에 학술적인 의의가 있다.

둘째, 6G 기술에 대한 동향을 분석했던 기존 연구와 달리 국가 간 6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로 분야의 기술개발 수준을 비교·분석하여 한국의 6G 기술에 대한 수준을 정량적으로 파악하고 또한, 해당 분야의 협업 생태계를 분석함으로써 6G 기술 선점을 위한 방향성을 제시하였다는 데에 실무적인 의의가 있다.

다만, 본 연구는 몇 가지 한계를 갖고 있다. 6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로 분야의 특허정보를 가지고 분석하였으나 6G 전체 기술을 대표할 수는 없었다. 또한, 기술경쟁력 분석은 특허와 논문정보를 활용하여 분석할 수 있으나 특허 정보만 가지고 분석하였다는 데에 한계가 있다. 따라서 향후 연구에는 6G 관련 연구 대상 기술의 폭을 넓히고, 특허정보뿐만 아니라 논문정보까지 활용하여 6G를 대표할 수 있는 기술경쟁력 분석을 진행하고자 한다.

## REFERENCES

- [1] H. Y. Kwon. (2022). [5G 3-Year Report]② 5G, quality controversy still... the solution?. Digital Daily. <https://www.ddaily.co.kr/news/article/?no=234878>
- [2] H. Y. Yoon. (2020). *Current Trends and Future Perspectives of 5G Network Technology and Industry*, Daejeon : KPC4IR.
- [3] K. Sheth, K. Patel, H. Shah, S. Tanwar, R. Gupta & N. Kumar. (2020). A taxonomy of AI techniques for 6G communication networks, *Computer Communications*, 161(-), 279-303. DOI : 10.1016/j.comcom.2020.07.035
- [4] MIST, KISTEP. (2021). *Material-Part-Equipment Future-leading Item R&D Promotion Plan*.
- [5] M. S. Jeong. (2021). Research on Competitiveness of Information and Telecommunication Industry Using Standard Patent: Focusing on trend and network analysis, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 22(6), 534-541. DOI : 10.5762/KAIS.2021.22.6.534
- [6] J. S. Park & B. J. Kim. (2015). Trends and Technical Requirements for 5G Mobile Communication Systems, *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 10(11), 1257-1264. DOI : 10.13067/JKIECS.2015.10.11.1257
- [7] S. J. Oh & J. J. Park. (2018). Korea-China Joint Research for 5G Evaluation Methodology including 5G Channel Modeling, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 43(1), 91-98. DOI : 10.7840/kics.2018.43.1.91
- [8] T. Wild, V. Braun & H. Viswanathan. (2021). Joint design of communication and sensing for beyond 5G and 6G systems, *IEEE Access*, 58(-), 30845-30857. DOI : 10.1109/ACCESS.2021.3059488
- [9] N. S. Ko, N. I. Park & S. M. Kim. (2021). Technology Trends and Research Direction of 6G Mobile Core Network. *Electronics and telecommunications trends*, 36(4), 1-12. DOI : 10.22648/ETRI.2021.J.360401
- [10] I. F. Akyildiz, A. Kak & S. Nie. (2020). 6G and Beyond: The Future of Wireless Communications Systems, *IEEE*, 8(-), 133995-134030. DOI : 10.1109/ACCESS.2020.3010896
- [11] H. Tataria, M. Shafi, A. Molisch, M. Dohler, H. Sjoland & F. Tufvesson. (2021). 6G Wireless Systems: Vision, Requirements, Challenges, Insights, and Opportunities, *IEEE*, 109(7), 1-34. DOI : 10.1109/JPROC.2021.3061701
- [12] M. Rasser, A. Riikonen & Henry Wu. (2021). *Edge Networks, Core Policy: Securing America's 6G Future*, Washington, DC : CNAS.
- [13] M. A. Uusitalo et al. (2021). 6G Vision, Value, Use Cases and Technologies From European 6G Flagship Project Hexa-X, *IEEE*, 9(-), 160004-160020. DOI : 10.1109/ACCESS.2021.3130030
- [14] J. J. Seol. B. H. Lee. (2021). *Establishment of*

- 6th Generation (6G) Research and Development (R&D) Implementation Plan*, <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&pageIndex=&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3180393>
- [15] C. I. Yeh, G. Y. Kim, Y. J. Kim, Y. S. Kim, J. K. Kim, S. W. Nam, W. Y. Lee, S. C. Jang & Y. J. Go. (2020). 6G Vision, Services and Technology Trends, *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, 37(2), 11-22.
- [16] W. Jiang, B. Han, M. A. Habibi & H. D. Schotten. (2021). The Road Towards 6G: A Comprehensive Survey, *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 2(-), 334-366. DOI : 10.1109/OJCOMS.2021.3057679
- [17] J. F. Monserrat, D. Martin-Sacristan, F. Bouchmal, O. Carrasco, J. Flores de Valgas & N. Cardona. (2020). Key Technologies for the Advent of the 6G, *IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops*, 1-6. DOI : 10.1109/WCNCW48565.2020.9124725
- [18] SAMSUNG. (2020). *The Next Hyper-Connected Experience*.
- [19] SAMSUNG. (2020). *Spectrum Expanding the Frontier*.
- [20] K. Y. Kim, C. I. Yeh & Y. J. Ko. (2020). Trends on 6G Wireless Transmission and Access Technologies. *Korea Institute of Information Technology Magazine*, 18(1), 9-15.
- [21] E. J. Cho, S. J. Nam & H. G. Seo. (2020). A Trend Study on the Economic Spillover in Mobile Service Industry Using Input-Output Analysis, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 45(8), 1355-1363. DOI : 10.7840/kics.2020.45.8.1355
- [22] H. M. Yang. (2017). A Study on the Patent Valuation for SMEs' Patent Management, *Journal of Industrial Convergence*, 15(2), 17-26. DOI : 10.22678/JIC.2017.15.2.017
- [23] C. H. Lee, S. J. Lee & C. K. Kim. (2015). Technological Competitiveness Analysis of Diesel Engine's Main Applicants by Using Patent Information, *KSMT*, 17(5), 969-977. DOI : 10.17958/ksmt.17.5.201510.969
- [24] B. K. Choi, C. H. Lee & C. K. Kim. (2022). Technology Market Competitiveness Analysis of Turbo Engines in Global Manufacturers by Patent Data, *KSMT*, 24(6), 1344-1352. DOI : 10.17958/ksmt.24.6.202212.1344
- [25] J. Y. Park & D. H. Jeong. (2022). Exploring Issues Related to the Metaverse from the Educational Perspective Using Text Mining Techniques - Focusing on News Big Data, *Journal of Industrial Convergence*, 20(6), 27-35.
- [26] W. J. Yoo & S. J. Ahn. (2022). *Introduction to natural language processing using deep learning*, <https://wikidocs.net/book/2155>
- [27] D. S. Kim. (2018). A Comparison of Uses between Three Types of Noun Groups in English: S-Genitives vs. Of-Genitives vs. Compound Nouns, *The Journal of Modern British & American Language & Literature*, 36(1), 183-216.
- [28] F. Menczer, S. Fortunato & C. A. Davis. (2020). *A First Course in Network Science*, Cambridge University Press.
- [29] D. B. Choi, W. S. Choi, S. H. Choi & J. H. Lee. (2020). Perception Survey about SMEs Employment of University Students in Chungbuk Area: Based on Text-mining, *Asia Pacific Journal of Small Business*, 42(4), 235-250. DOI : 10.36491/APJSB.42.4.9
- [30] J. Y. Oh, J. M. Lee & E. K. Hong. (2022). A Study on Research Trends in the Smart Farm Field using Topic Modeling and Semantic Network Analysis, *Journal of Digital Convergence*, 20(2), 203-215. DOI : 10.14400/JDC.2022.20.2.203
- [31] Y. H. Kim. (2020). *Social Network Analysis Technique Understanding and Applying: Network Architecture and Clustering and QAP*, seoul : KIPA.
- [32] S. Y. Lee. (2015). A Study on Port Centrality of the East-West Trunk Service Network -Based on Social Network Analysis-, *Ocean policy research*, 30(2), 74-104. DOI : 10.35372/kmiopr.2015.30.2.003
- [33] N. R. Lee. (2021). *Rapid growth centered on GaN power semiconductor 'smartphone fast charger'*. THELEC. <https://www.thelec.kr/news/articleView.html?idxno=12236>

최 우 석(Woo-Seok Choi)

[정회원]



- 2019년 2월 : 충북대학교 경영정보학과(경영학사)
- 2021년 2월 : 충북대학교 빅데이터협동과정(공학석사)
- 2021년 3월~현재 : 충북대학교 빅데이터 협동과정(공학박사)

- 관심분야 : 빅데이터, AI
- E-Mail : cdt3017@naver.com

이 정 환(Jung-Hwan Lee)

[정회원]



- 2015년 2월 : 한국과학기술원 기술경영(공학박사)
- 2017년 9월~현재 : 충북대학교 경영정보학과 부교수

- 관심분야 : 기술경영, 모바일 비즈니스
- E-Mail : junghwan@chungbuk.ac.kr

김 진 용(Jin-Yong Kim)

[정회원]

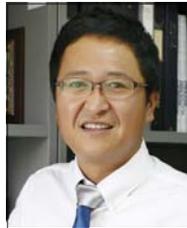


- 2020년 8월 : 한국과학기술원 기술경영(경영학박사)
- 2004년~현재 : 한국과학기술기획평가원 연구위원

- 관심분야 : 성장동력, 소재부품장비, 과학기술인력정책
- E-Mail : jkim@kistep.re.kr

최 상 현(Sang-Hyon Choi)

[정회원]



- 1998년 2월 : 한국과학기술원 경영정보공학과(공학박사)
- 2002년~2011년 : 경상대학교 산업정보공학과 교수
- 2011년~현재 : 충북대학교 경영정보학과 교수

- 관심분야 : 산업공학, 빅데이터
- E-Mail : chois@cbnu.ac.kr