

# 특허 분석을 통한 스마트공장 관점의 5G 기술개발 동향 연구

## Patent Analysis on 5G Technology Trends from the Perspective of Smart Factory

조은누리(Eunnuri Cho)\*, 장태우(Tai-Woo Chang)\*\*

### 초 록

대용량 데이터를 실시간으로 처리할 수 있고 지연 현상을 해소할 수 있는 차세대 통신 기술인 5G 기술 개발이 주목받고 있다. 미국과 다른 여러 나라뿐만 아니라 우리나라에서도 국가전략기술로 삼아 관련 연구 개발을 중점적으로 지원하고 있다. 5G 발전전략의 핵심 서비스 중 하나로 스마트공장이 제시되었으며, 제조 생산 라인의 유연성을 높이는 것을 목표로 한다. 기존 유선 기반의 설비를 5G의 초저지연, 초고속 특성을 이용하여 무선으로 대체하여 구축할 수 있다. 본 연구는 스마트공장과 관련된 5G 기술의 효율적 개발을 위해 기술개발 동향을 분석하였다. 국내 특허청 데이터 1517건과 미국 특허청 데이터 1928건을 수집하였다. 해당 데이터를 바탕으로 네트워크분석 및 토픽모델링 기법을 이용하여 기술 추세와 핵심기술을 파악했을 때 한국과 미국의 경우 5G 기술이 초저지연과 초고속 특성에 초점 맞춰 기술 개발이 진행되는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과로 제시된 스마트공장의 5G 활용과 관련된 기술개발 동향은 관련 산업의 정책수립 및 기술전략 수립을 위한 의사결정에 활용될 것으로 기대된다.

### ABSTRACT

The development of 5G technology, which is a next-generation communication technology capable of processing large amounts of data in real-time and solving delays, is drawing attention. Not only in the United States but also Korea, 5G is focused on supporting R&D as a national strategic technology. The strategy for the smart factory, one of the core services of the 5G, aims to increase the flexibility of manufacturing production lines. The existing wired communications devices can be replaced into wireless ones with the ultra-low-delay and ultra-high-speed characteristics of 5G. For the efficient development of 5G technology, it is necessary to keep abreast of the status and trend. In this study, based on the collected data of 1517 Korea patents and 1928 US patents, 5G technologies trend was analyzed and key technologies were identified by network analysis and topic modeling. We expect that it will be used for decision making for policy establishment and technology strategy of related industries to provide the trends of technology development related to the introduction of 5G technology to smart factories.

**키워드** : 특허분석, 기술 동향, 스마트공장

5G, Technology Trend, Smart Factory, Network Analysis, Topic Modeling

---

This work was supported by Kyonggi University's Graduate Research Assistantship 2019.

\* First Author, MS, Department of Industrial & Management Engineering, Kyonggi University(chosnfl@gmail.com)

\*\* Corresponding Author, Professor, Department of Industrial & Management Engineering / Intelligence & Manufacturing Research Center, Kyonggi University(keenbee@kgu.ac.kr)

Received: 2020-07-29, Review completed: 2020-08-18, Accepted: 2020-08-25

## 1. 서 론

전 세계적으로 각 정부들은 산업의 혁신을 준비하며 차별화된 정책지원을 통해 4차 산업혁명을 선도하는 국가로 나아가기 위해 노력하고 있다. 4차 산업혁명 시대에는 연결성이 핵심 가치로서 네트워크를 통한 정보의 교환이 개인 일상 및 산업 전반의 전 영역으로 확대될 것으로 전망된다. 이를 위한 차세대 인프라로 다양한 서비스를 제공할 수 있는 지능화된 융합 네트워크가 필수적이다. 5G 이동통신 기술(이하 5G)은 전송속도 향상뿐만 아니라 다수 기기 연결, 초저지연 실시간 연동이 가능하도록 기술 개발이 진행되고 있다. 서비스 이용유형에 따라 필요한 자원을 활용하여 모든 서비스 제공을 하나의 네트워크에서 가능하게 하는 차세대 네트워크 핵심 인프라로 자리매김할 것으로 판단된다[5].

2015년 국제전기통신연합(ITU; International Telecommunication Union)은 5G를 공식 승인하며 초광대역(eMBB; enhanced Mobile Broadband), 고신뢰·초저지연(URLLC; Ultra-Reliable and Low Latency Communications), 대량연결(mMTC; massive Machine Type Communications)을 핵심 시나리오로 정의하였다[3]. 5G는 eMBB를 통해 더 많은 데이터를 고속으로 보낼 수 있고, URLLC를 통해 네트워크를 보다 안전성 있게, 통신을 시작하는데 걸리는 지연시간을 극도로 짧게 할 수 있다. mMTC는 1km<sup>2</sup> 면적 안에서 100만 개의 기기들을 연결할 수 있도록 지원하는 것을 목표로, 수많은 가정용, 산업용 IoT(Internet of Things) 기기들이 서로 연결되어 동작이 가능하게 한다.

5G는 전 산업에 영향을 미치기 때문에 5G가 제공하는 경제적 가치는 규모가 매우 클 것으로 예상된다. 한 통신회사 연구소의 보고서에 따르면, 5G가 창출하는 경제효과는 2030년 47.8조 원의 규모를 가지며, 이는 현재 GDP 대비 2.1% 수준이다. 5G 상용화에 따른 경제효과가 가장 클 것으로 기대되는 분야는 제조업이며[6], 5G를 통한 스마트공장 혁신이 주목된다. 무선기반 제조 장비로 작업 현황을 실시간 공유하여 효율성을 높이고 증강현실(Augmented Reality, AR) 기반 원격 진단, 거리의 한계를 넘는 공장 간의 통합생산 등 차세대 스마트공장 도입이 본격화될 전망이다. 이는 불량률 감소 및 원가 절감, 나아가 맞춤형 생산 역량 강화를 통한 매출 증대 효과까지 기대할 수 있다. 제조업 특성상 생산시스템들과 각각의 연동된 센서들은 제품의 품질뿐만 아니라 작업자의 안전까지도 연결되어 있다. 따라서 5G의 핵심 시나리오로 정의된 eMBB, URLLC, mMTC는 중요하다고 볼 수 있다.

기술의 발전에 따라 스마트공장의 제조 경쟁력 확보와 5G 융합 서비스 시장 선점을 위해 연구개발 활성화를 위한 노력을 추진하고 있으나 국내 상황에 적합한 방향이나 차별화된 전략 수립이 어려운 상황이다. 이에 본 연구에서는 국내 특허청과 미국 특허청(USPTO)에 공개, 등록된 특허 데이터를 바탕으로 현재 개발된 5G 기술의 특성과 핵심 기술, 기술의 동향을 파악하여 스마트공장의 5G 기술 도입 활성화 전략을 제안하고자 한다.

이하 제2장에서 관련 연구를 살펴보고, 제3장에서 분석방법론을 제시한다. 제4장에서 분석결과를 설명하고, 제5장에서 결론 및 추후 연구과제를 제시한다.

## 2. 기존 연구 및 분석방법론

특허는 누구에게나 개방되어 있고 쉽게 접근이 가능하고, 기술정보를 정형화 및 체계적으로 저장한 정보이며, 기술에 대한 상세 정보를 장기간에 걸쳐 기록되는 것으로 정의된다. 물론 모든 기술적 지식이 특허로 출원되지도 않고, 모든 특허가 상용화되는 것이 아니라는 약점이 존재하지만, 특허는 기술예측, 기술현황 분석, 공백기술 발전, 핵심기술 도출 등에 자주 활용되고 있다[14].

Jin 등은 특허 분석을 통해 국내 기업이 변화와 핵심영역에 대한 포트폴리오를 확인할 수 있으며, 기술 경쟁력을 파악하는 데 필수적인 요소로 정의했다. 또한 특허정보가 단순한 기술의 정의 문헌으로 한정되지 않고, 특정 연구분야의 기술 동향 및 향후 기술예측에 활용되고 있어서, 국가 또는 기업의 정책 수립을 위하여 중요한 근거의 역할을 하고 있어 특허 동향 및 기술 동향을 파악하는 것은 매우 중요하며 필수적인 요소라고 주장하였다[4].

토픽모델링은 주어진 문서에 대하여 각 문서에 어떤 주제들이 존재하는지에 대한 통계추론 모델이다. 미리 알고 있는 주제별 단어 수 분포를 바탕으로, 주어진 문서에서 발견된 단어 수 분포를 분석함으로써 해당 문서가 어떤 주제들을 함께 다루고 있을지 예측할 수 있다. Yang 등은 스마트공장 연구 동향을 논문들에 대한 토픽모델링 기법으로 분석했다[18].

Wang 등은 특허 단어 및 초록에서 기술 단어를 추출하여 품사 태깅 및 명사 구 추출 규칙을 정의한 후 분석을 진행하였다. 이를 통해 차세대 통신 기술로 여겨졌던 LTE 기술 분야에서 특허 기술 하위 클래스 연구의 동향을 파악

할 수 있었다[16].

Song 등은 특허 데이터를 바탕으로 토픽모델링을 통해 주요 산업 분야의 기술을 모니터링하여 다양한 산업 시스템의 위험을 예방하는 기술개발 동향을 연구하였다. 주요 안전 분야 및 관련 기술에 대한 키워드를 제안하였다[15].

본 연구에서는 특허 데이터 특성을 바탕으로 분석하여 5G 기술 동향을 파악하고자 한다. 특허에 기록된 기술분류체계인 IPC(International Patent Classification) 코드들의 네트워크를 분석하고 특허 데이터의 초록에 포함된 용어들을 토픽모델링 기법을 적용하여 분석함으로써 5G 기술의 특성을 파악한다. IPC 기호는 국제적으로 통일된 특허 기술의 분류체계이며, 상위기술부터 하위기술까지 계층적으로 특허 기술을 분류한다[17]. 기존 연구와 달리 수집된 특허 데이터를 바탕으로 추출된 토픽의 분포를 가장 많이 차지하는 기술의 특성을 파악한다.

사회연결망분석(Social Network Analysis, SNA)은 기존의 개별적 속성 간의 인과관계를 규명하는 통계적 방법론에서 벗어나 개별 정책 행위자 사이에 형성되어 있는 관계의 속성을 분석 대상으로 삼는 방법론이다. 따라서 사회연결망분석의 목적은 구조나 네트워크 형태의 특징을 도출하고, 관계성으로 체계의 특성을 설명하거나 체계를 구성하는 단위의 행위를 설명하는 것이다[7].

네트워크 중심성(centrality) 지수에는 연결정도(degree) 중심성, 근접(closeness) 중심성, 매개(betweenness) 중심성, 고유벡터(eigen-vector) 중심성 등이 존재한다. 이 중 연결정도 중심성은 하나의 노드가 다른 노드와 얼마나 많은 연결을 가지고 있는지에 관련된 것으로, 한 네트워크 내에서의 자율성과 권력을 의미한

다[9]. 근접 중심성은 특정 노드가 전체 네트워크의 중심에 위치하는 정도를 측정하는 지표로, 근접 중심성이 높은 노드는 다른 노드와의 거리가 가까우므로 정보교류의 유리함을 가진다. 근접 중심성은 n개의 노드로 구성된 네트워크에서 각 노드의 중심성은 해당 노드와 다른 모든 노드사이의 평균 최단거리의 역수로 정의하였다[13]. 매개 중심성은 특정 노드가 다른 노드들과의 네트워크 구성 시 매개자 역할을 하는 정도를 측정하는 지표이다. 즉, 다른 2개의 노드 사이에 있는 매개 정도를 요약하는 지표로써 한 노드가 네트워크에서 다른 노드들과의 최단 경로 위에 위치하면 그 노드의 매개 중심성이 높아진다[2].

토픽모델링은 주어진 문서에 대해 각 문서에 어떤 주제들이 존재하는지에 대한 통계추론 모델이다. 미리 알고 있는 주제별 단어 수 분포를 바탕으로, 주어진 문서에서 발견된 단어 수 분포를 분석함으로써 해당 문서가 어떤 주제들을 함께 다루고 있을지 예측할 수 있다.

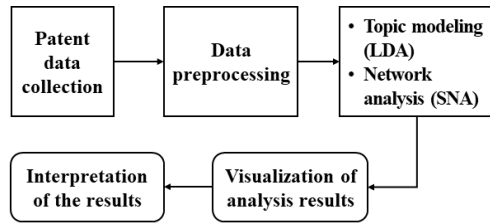
이러한 토픽모델링을 위한 기법에는 LDA (Latent Dirichlet Allocation), LSA(Latent Semantic Analysis), pLSA(Probabilistic Latent Semantic Analysis) 등이 존재한다.

스마트공장에 대한 기술이나 성숙도평가에 대한 기존 연구들[8, 11]과 달리 본 연구는 5G 기술의 개발동향을 특허 중심으로 분석하고, 스마트공장 관점에서 5G의 기술개발 방향을 제시하고자 한다.

### 3. 연구 절차 및 분석방법

본 연구의 방법은 <Figure 1>과 같이 특허

데이터 수집, 데이터 전처리, 토픽모델링 분석 및 사회연결망분석의 절차를 통해 5G 기술의 동향을 분석하였다.



<Figure 1> Overview of Research Process

데이터는 특허청의 특허 정보넷 KIPRIS와 미국 특허청 USPTO를 이용하여 수집하였다. 특허 검색 키워드로 ‘5G\*(networks+communication system)’과 ‘5th generation’을 사용하여 데이터를 수집했고, 특허 번호 또는 초록이 같은 경우는 제외하였다. 국내 특허는 1,517건, 미국 특허는 1,928건이 검색되었다.

수집된 데이터 중 중복 데이터를 제거하고, 스마트공장 분야 또는 5G 기술의 전문 용어 혹은 자주 등장하는 용어를 사용자 사전에 추가하였다. 또한 마침표, 쉼표, 괄호 등의 문장 부호와 각종 기호로 표현되는 특수 문자, 의존 명사 및 기타 분석 시 의미를 부여할 필요가 없는 불용어들을 제외했다. 이후 한글 데이터는 KoNLP 라이브러리의 okt를, 영어 데이터는 NLTK를 이용해 형태소 분석을 수행하였다. 분석된 결과를 바탕으로, 정제 및 정규화 작업을 진행하였다. TDM(Term-Document Matrix)은 문서에서 10% 이상 출현하는 단어들로 추출하여 구성하였다.

본 연구에서는 5G 기술 동향을 파악하기 위해 IPC 코드를 이용하여 사회연결망분석 방법

으로 네트워크를 구성하여 SNA를 진행하였고, 중심성을 확인하며 핵심 기술을 파악하였다. 5G 기술 특허의 네트워크 현황을 시각화하고, 주요 IPC를 살펴봄으로써 핵심기술 현황을 파악한다. 이 과정에서 네트워크 내 중심부에 있는 주요 IPC를 확인하는 데에는 네트워크 중심성 지수를 사용한다.

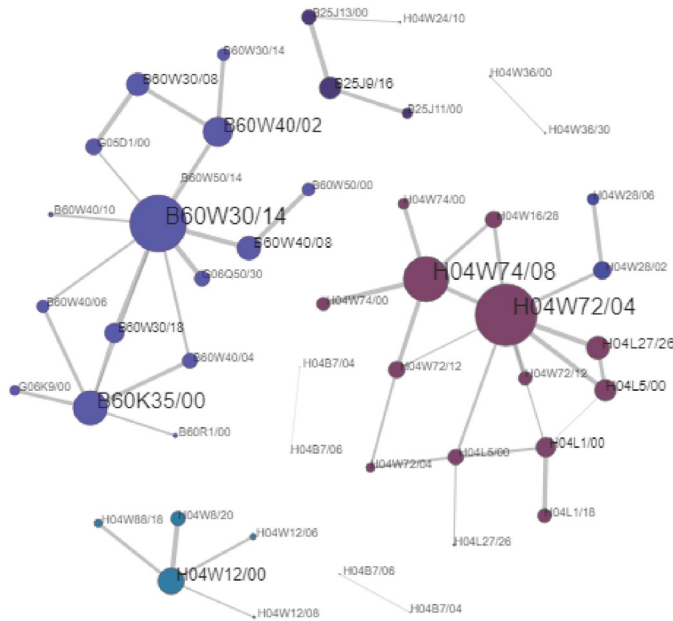
토픽모델링 분석은 LDA 기법을 사용하였다. 기존 pLSA 기법에서 문서의 집합의 수가 많아짐에 따라 오버피팅을 유발하는 문제점과 학습 범위 밖의 문서에 대해 토픽 할당이 어렵다는 문제점을 수정 보완하여 발전된 기법으로 현재 가장 대표적인 토픽모델링 기법으로 알려져 있다[1]. 따라서 LDA 기법을 활용하여 최적의 토픽을 추출하였고, 특허 데이터 내에서 최적 토픽의 비율을 파악하여 5G 기술의 동향을 확인하였다.

## 4. 분석결과

### 4.1 IPC 코드 네트워크 분석 결과

수집된 한국 5G 특허 1,517건의 핵심기술을 확인하기 위해 부여된 IPC 코드를 빈도 중심으로 상위 40개를 분석하였다. 또한 영향력 중심의 5G 핵심기술을 파악하기 위해 고유벡터 중심성을 기준으로 상위 5개의 IPC 코드를 분석하였다.

IPC 코드 분석 결과를 네트워크로 구성하면 <Figure 2>와 같다. 전체 한국 5G 특허의 네트워크에서 노드는 총 47개이고 링크는 50개이다. 전체 네트워크 밀도는 0.0463으로 낮은 편이다. 이는 IPC 코드 간에 연결은 많지만 특정 IPC 코드로 연결이 집중되기 때문에 나타난 결과로 보인다. 평균 경로거리는 집단 내 경로의 평균으로 계산되며 2.1277로 좁은 세상 네트워크를



<Figure 2> Visualization of SNA(Korea)

보이고 있다. 좁은 세상 네트워크는 대부분 노드들의 링크 수가 매우 적고, 네트워크 밀도가 매우 작아 대부분의 노드들이 서로 연결될 수 있는 네트워크를 의미한다[12].

<Table 1>은 한국 특허의 네트워크 연결정도·근접·매개·고유벡터 중심성 분석 결과를 나타낸다. 고유벡터 중심성이 높은 IPC 코드는 H04W72/04, H04W74/08, H04L1/00, H04L5/00, H04W72/12이다. 모든 코드가 전기 섹션(H)의

전기통신기술 클래스(H04)에 해당된다.

가장 높은 의미를 가지는 H04W72/04는 무선 통신 링크를 통한 정보전달을 목적으로 무선 자원 할당에 관련 코드이며 특히 지역자원 관리에 해당하는 코드이다. 전송경로의 다중사용을 가능하게 하기 위한 배치와 관련된 코드가 나타났다.

미국 5G 특허 1,928건 역시 부여된 IPC 코드의 네트워크를 분석하였다. <Figure 3>과 <Table 2>



<Figure 3> Visualization of SNA(US)

<Table 1> Centrality analysis(Korea)

IPC	degree centrality	closeness centrality	between-ness centrality	eigen-vector centrality
H04W 72/04	0.196	0.233	0.071	0.586
H04W 74/08	0.109	0.175	0.027	0.324
H04L 1/00	0.087	0.169	0.015	0.322
H04L 5/00	0.065	0.153	0.019	0.292
H04W 72/12	0.065	0.163	0.006	0.272

<Table 2> Centrality Analysis(US)

IPC	degree centrality	closeness centrality	between-ness centrality	eigen-vector centrality
H04L 5/00	0.455	0.539	0.466	0.590
H04W 72/04	0.273	0.427	0.257	0.306
H04B 7/06	0.212	0.379	0.138	0.298
H04L 1/18	0.121	0.359	0.005	0.277
H04W 72/12	0.030	0.372	0.007	0.239

에서 IPC 코드 네트워크 구성과 네트워크의 중심성을 확인할 수 있다. 미국 특허의 IPC 코드 네트워크 구성은 전체 노드가 34개이고 링크가 40개이다. 네트워크의 밀도는 0.071이며 평균 경로거리는 2.3529로 좁은 세상 네트워크로 나타났다. IPC 코드 중 H04L5/00, H04W72/04, H04B7/06, H04L1/18, H04W72/12이 중심성이 높은 것으로 나타났다. 미국의 특허 결과 또한 모든 IPC 코드가 전기 섹션(H)의 전기통신기술 클래스(H04)에 해당된다.

미국 5G 특허의 분석결과와 디지털 정보의 전송과 무선 통신 네트워크의 IPC 코드가 높게 나타났다. 특히 H04L5/00과 H04W72/04와 같이 무선 트래픽 스케줄을 효율적으로 배치하는 것과 관련된 특허가 높은 고유벡터 중심성을 가지는 것으로 나타났다.

한국과 미국 5G 기술 특허의 IPC 코드를 분석한 결과, 중심성 지표에서 높은 값을 가지는 코드들은 대부분 무선 통신네트워크에 해당하는 내용이다. 한국의 경우 무선 전송시스템 중 무선 트래픽 스케줄링 또는 무선 자원 할당과 관련된 특허들이 중심을 차지하는 것으로 나타났다. 미국의 경우 정보를 반송하는 신호의 전송과 같이 신호 또는 데이터 전송과 관련된 특허가 중심을 차지하는 것으로 나타났다.

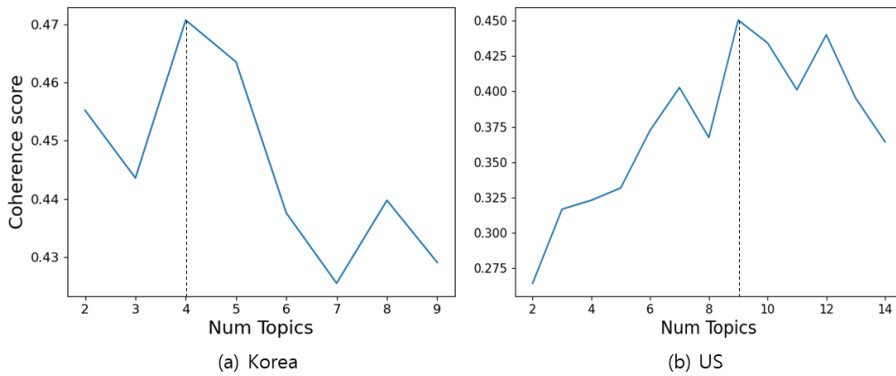
5G를 이용한 스마트공장 혁신이 대두되면

서 무선 기반 제조장비로 작업현황을 실시간으로 공유하며 효율성을 높이는 융합 서비스 등이 대두되고 있으며, 이는 URLLC 무선 전송 기반으로 하고 있다. 따라서 5G 기술의 특성으로 나타나는 고신뢰, 초저지연을 의미하는 URLLC 관련 기술이 핵심인 것을 한국과 미국 모두에서 파악할 수 있다.

#### 4.2 초록 데이터 토픽모델링 분석 결과

토픽모델링의 토픽 개수는 Coherence 평가 척도를 이용하여 결정하였다. 이 평가 척도는 토픽이 얼마나 의미론적으로 일관성이 있는지를 파악하는 것으로 Coherence 값이 클수록 의미론적 일관성이 높다고 판단한다. 따라서 <Figure 4>와 같이 한국의 특허 데이터는 4개의 집단으로, 미국의 특허 데이터는 9개의 집단이 의미론적으로 일관성이 높다고 판단하여 분석을 진행하였다.

<Table 3>은 한국 5G 기술 특허의 초록을 LDA으로 분석한 결과이다. 각 토픽이 의미하는 잠재적인 주제를 Broadband transmission, Networking and connection, Communication and TX/RX, Device and system modules로 정의하였다. LDA를 통해 도출한 토픽들의 분포를 파악하였다. 각각의 특허 데이터 별로 가장



〈Figure 4〉 Coherence score by the Number of Topics for LDA analysis of 5G Patents

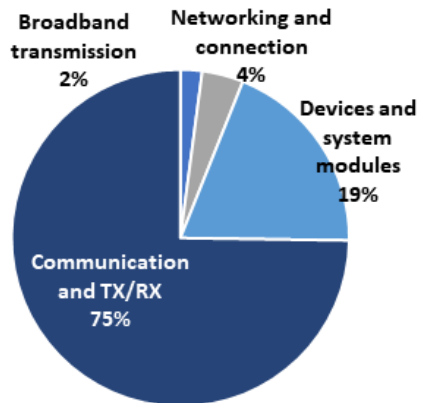
〈Table 3〉 Topics and Related Keywords of LDA Analysis(Korea)

Broadband transmission	link	broad-band	frame	control	in-formation	transmit	down-link	symbol	access	schedul-ing
	0.123	0.085	0.061	0.045	0.043	0.043	0.041	0.033	0.032	0.027
Networking and connection	network	con-nection	device	channeol	node	wirless	user	path	data	traffic
	0.131	0.049	0.044	0.039	0.032	0.026	0.025	0.025	0.024	0.024
Communication and TX/RX	commu-nication	transmit	data	in-formation	terminal	signal	receiv-ing	sending	bts	device
	0.158	0.083	0.074	0.058	0.050	0.048	0.044	0.038	0.032	0.029
Devices and system modules	device	in-formation	user	server	robot	location	system	terminal	control	module
	0.102	0.075	0.056	0.049	0.040	0.038	0.037	0.035	0.031	0.028

bts: base transceiver station

대표적인 의미를 가지는 토픽을 파악하기 위해 해당 특허 데이터에 70% 이상의 비율로 기여한 토픽을 분류하였다. 〈Figure 5〉와 같이 Communication TX/RX를 의미하는 토픽의 분포가 가장 높은 것을 알 수 있다.

〈Table 4〉는 미국 5G 기술 특허의 초록을 LDA로 분석한 결과이다. 각 토픽이 의미하고 있는 잠재적인 주제를 Broadband network와 Mobile networking devices, Communication network, Data communication, Communication software, Communication hardware, High-



〈Figure 5〉 Ratio by Topic(Korea)



speed networks, Communication protocol, Channel communication로 정의하였다. 한국 특허의 경우와 마찬가지로, 가장 대표적인 의미를 가지는 토픽을 파악하기 위해 해당 특허 데이터에 70% 이상의 비율로 기여한 토픽을 분류하였다. <Figure 6>에 나타난 바와 같이

Broadband network 토픽의 분포가 가장 높은 것을 알 수 있다.

LDA 분석 결과, 한국은 통신 및 데이터 송수신 토픽이 우세한 것으로 나타났다. 1절에서 언급된 5G 핵심 시나리오 중 하나인 URLLC는 송신측에서 데이터를 보내는 시점부터 수신측

<Table 4> Topics and Related Keywords of LDA Analysis(US)

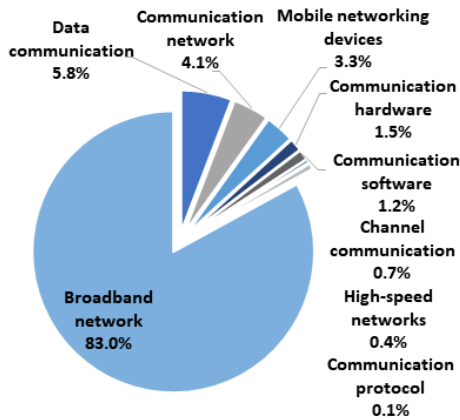
Mobile networking devices	device 0.148	network 0.082	mobile 0.048	communication 0.028	cellular 0.024	detection 0.022	wireless 0.150	radio 0.011	processor 0.011	transmit 0.009
Communication network	ue 0.165	network 0.075	node 0.059	rat 0.022	range 0.022	message 0.020	positions 0.020	mobility 0.018	pieces 0.018	radio 0.014
Data communication	message 0.060	server 0.041	layer 0.036	radio 0.031	traffic 0.030	link 0.027	mme 0.020	supports 0.015	sending 0.015	application 0.013
Communication software	signal 0.238	uplink 0.059	d2d 0.043	embodiment 0.039	terminal 0.032	security 0.032	condition 0.031	synchronization 0.027	transmit 0.027	modulation 0.025
Communication hardware	antenna 0.095	csi 0.051	circuit 0.047	parallel 0.036	placed 0.028	coil 0.027	coverage 0.021	ieue 0.020	harq 0.014	requesting 0.014
High-speed network	communication 0.168	beamforming 0.048	transfer 0.025	radio frequency 0.024	transceiver 0.022	upper 0.021	small 0.020	transmit 0.019	csirs 0.019	wireless 0.018
Communication protocol	mac 0.052	lower 0.042	training 0.034	pdu 0.031	sub1g 0.028	preset 0.020	application 0.016	destination 0.015	traffic 0.014	reduce 0.013
Channel communication	channel 0.045	length 0.030	rs 0.028	transport 0.024	downlink 0.020	adaptive 0.015	subsequent 0.014	anchor 0.014	code-words 0.014	terminal 0.013
Broadband network	data 0.109	disclosure 0.092	rates 0.068	higher 0.064	channel 0.045	terminal 0.041	long 0.040	transmission 0.038	wireless 0.036	IoT 0.023

csi: channel state information  
 csirs: csi reference signal  
 d2d: device-to-device  
 harq: hybrid automatic repeat request

ieue: isolated user equipment  
 mme: mobility management entity  
 mac: media access control  
 pdu: protocol data unit

rat: radio access technology  
 rs: reference signal  
 sub1g: signal in the range of approximately 500 or 800 MHz  
 ue: user equipment

에서 성공적으로 데이터를 수신하여 사용자에게 전달하는 시간을 단축하여 지연을 줄이는 것을 의미한다. 이는 한국 5G 기술을 LDA 분석 결과 중 높은 비율을 가진 데이터 송수신과 관련된 내용의 토픽과 유사하다고 판단할 수 있다. 이와 달리 미국은 광대역 네트워크와 관련된 토픽이 우세한 것을 확인할 수 있다. 5G는 향상된 광대역 성능을 통해 멀티미디어, 콘텐츠, 서비스 등이 끊김 없이 제공되는 것을 목적으로 하며 이는 핵심 시나리오 중 eMBB의 개념과 상통한다고 판단할 수 있다. 한국 특허에서는 광대역 네트워크 토픽이 적은 비율로 나타난다.



〈Figure 6〉 Ratio by Topic(US)

또한 한국의 특허에서는 장비 및 시스템 관련 토픽이 우세(19%)했으나, 미국의 특허는 네트워크 장비와 통신 하드웨어 분야가 4.8% 정도로 적은 편이다. 이는 한국의 특허가 본질적인 통신기술 외에도 로봇과 정보시스템 등의 응용 분야에 중점을 두고 있는 것을 반영하는 것으로 보인다.

스마트공장은 현장 내 여러 다른 종류들로

이뤄진 생산 요소의 실시간 데이터 수집과 생산 요인의 식별 및 위치확인 기능을 포함한다. 이는 데이터 통신 외에도 기계 등의 생산 요소가 주요 역할을 하며, 이러한 요소들에 대해 통신 측면에서 감시할 노드가 굉장히 많은 것을 의미한다. 현재의 3G 및 4G 전송 네트워크는 그러한 대규모 노드를 지원하기 어렵다. 따라서 이를 지원하기 위해 대량연결을 의미하는 mMTC는 지속적으로 개발이 이뤄져야 한다. 하지만 본 연구의 SNA 및 LDA 기법 분석 결과, 핵심 기술은 데이터 송수신과 관련된 안정성을 나타내는 URLLC와 향상된 광대역 서비스를 의미하는 eMBB에 초점이 맞춰 기술 개발이 이뤄지고 있는 것을 확인할 수 있었다.

2019년 10월 과학기술정보통신부에서 발표한 5G 기반 스마트공장 고도화 전략에 따르면, 본 연구의 분석 결과와 유사한 것을 확인할 수 있다. 현재 5G 기반의 스마트공장은 기존 무선 통신 환경 한계를 극복하여, 제조혁신 가속화와 경쟁력을 갖추고자 한다. 정부는 5G 기술을 활용한 실시간 품질검사, 자율주행 물류이송, 생산설비 원격정비 등 스마트공장 고도화에 필요한 기술개발, 실증과 관련된 정책을 발표하였다[10]. 정책에 따르면 부품을 다른 공정으로 옮겨주는 반복적인 제조공정을 5G망 기반 자율주행 모바일 제조 로봇을 이용하여 제조 현장에서 수작업에 의존하던 단순 반복 작업을 대체하고자 한다. 또한 각 설비의 센싱 데이터를 5G망을 통해 실시간 전송하여 제조설비 예지 정비에 관한 분석을 목표로 하고 있다. 특히 산업현장에서 URLLC와 관련된, 즉 안정적, 초저지연 서비스 제공과 관련된 스마트공장 내 실시간 처리에 특화된 차세대 엣지 컴퓨팅 시스템 개발에 많은 투자를 하고 있다.

실질적인 5G 기반의 스마트공장 구축은 디바이스 간 연결 확대를 통해 초저지연, 초고속, 고신뢰 서비스가 제공 가능하다. 현재 초저지연과 고신뢰를 의미하는 URLLC와 초고속을 의미하는 eMBB에 초점이 맞춘 기술개발이 활발히 나타나고 있다. 하지만 스마트공장은 수많은 센서를 바탕으로 광범위한 공장 내 장비를 동시연결하고, 모든 상황을 실시간 모니터링하고 제어하는 것을 목표로 한다. 안정적으로 5G 기반의 스마트공장 서비스를 구축하기 위해서는 대량연결을 나타내는 mMTC 측면의 기술개발과 지적재산권 확보가 더 필요한 상태라 할 수 있다.

## 5. 결 론

전 세계적으로 5G 네트워크의 조기구축과 기술 선점을 위한 경쟁이 치열하며, 5G의 상용화 이후 4차 산업혁명 활성화를 위한 본격적인 경쟁이 이뤄질 것으로 예상된다. 이를 위해 기술 개발 및 주파수 확보뿐만 아니라, 5G 융합 서비스 운용의 안정성 확보, 5G 융합 서비스 생태계 조성 및 활성화를 위한 국내의 정책을 수립하는 것이 필요하다. 5G 기반 산업 고도화를 추진하기 위해서는 관련 기술의 동향을 지속적으로 파악하여 부족한 부분을 찾는 것이 중요하다.

본 연구에서는 기존의 특허 분석에서 일반적으로 자주 사용되는 전통적인 계량서지학적 분석이 아닌 SNA와 LDA를 이용하여 연구를 진행했다. 특허 데이터의 IPC 코드를 바탕으로 SNA 기법을 이용한 분석을 진행한 결과 한국과 미국 모두 무선전송시스템 중 효율적인 자

원 배치를 통해 이룰 수 있는 고신뢰·초저지연(URLLC)과 관련된 특허가 핵심 기술임을 알 수 있었다. 또한 특허 데이터의 초록을 대상으로 LDA를 이용하여 토픽모델링을 진행한 결과, 한국과 미국에서 각각 URLLC와 eMBB 관련 토픽이 큰 비중을 차지하는 것을 확인할 수 있었다. 위와 같은 분석을 통해 대부분의 특허는 URLLC와 eMBB에 초점을 맞춰 기술 개발이 이뤄지는 것으로 확인할 수 있었다.

5G 기반 스마트공장의 관점에서는 앞서 언급된 기술뿐만 아니라 대량 연결을 의미하는 mMTC 또한 중요하다. 현재 제조업 내의 많은 통신 장비들이 유선 기반으로 연결되어 있지만 스마트공장의 진화에 따라 다양한 기기 및 모니터링 장비의 도입이 예상된다. 이에 따라 제조업 현장에 대량의 기기들이 연결 가능한 무선통신의 필요성은 점점 증대될 것이다. 또한 더욱 다양한 산업용 기기들이 하나의 통신망으로 통합되어 종합적으로 관리되기 위해서는 mMTC을 보장하는 5G 통신망은 필수적이다. 5G 기반 산업 고도화를 추진하기 위해 국가에서 수립한 5G 혁신 전략의 중점과제 중 스마트공장 관련하여 mMTC 관련 기술 개발 및 융합 서비스 개발을 추가함으로써 5G 기반 스마트공장 핵심 기술 고도화 및 스마트공장 인프라를 구축할 필요가 있다.

본 연구를 통해 5G 기술의 동향을 파악하고 이를 바탕으로 5G 융합 서비스에서 경제효과가 클 것으로 예상되는 제조업 분야의 관련 정책 수립과 5G 기술과 관련된 민간 기업의 기술 전략 수립과 의사결정 과정에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

5G 기술은 2015년 개념이 제시된 후 2020년 상용화를 목표로 기술개발과 표준화가 진행되

고 있기 때문에, 본 연구는 충분한 데이터를 수집하여 분석에 적용하지 못하였다. 또한 분석 대상 국가로 한국과 미국으로 제한하여 전 세계의 5G 기술 개발 동향을 반영하지는 못하였다. 따라서 추후 최신 기술이 반영된 특히 데이터와 관련 연구 논문을 통해 보다 풍부한 데이터를 바탕으로 추가적인 분석을 하여 최신 기술 동향을 파악할 필요가 있다.

---

## References

---

- [1] Blei, D. M., Ng, A. Y., and Jordan, M. I., "Latent dirichlet allocation," *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2002.
- [2] Freeman, L. C., "A set of measures of centrality based on betweenness," *Sociometry*, pp. 35-41, 1977.
- [3] ITU-T, "Transport network support of IMT-2020/5G," *Technical Report*, 2018.
- [4] Jin, H. J., and Lee, S. W., "Patent trend report about oriental medicine: The Korea institute of oriental medicine-oriented," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 12, No. 6, pp. 223-229, 2012.
- [5] Kim, D., "Core infrastructure of the 4th industrial revolution era, 5G," *KISDI Premium Reprint*, 2017.
- [6] Kim, J., ChO, I., Kim, S., Lee, C., and Kim, H., "Socio-Economic Analysis of 5G Effects," *KT Digieco*, 2018.
- [7] Kim, Y. H., "Social network analysis," Seoul: Pakyoungsa, 2007.
- [8] Lee, J., Chang, T., Park, J., and Hwang, G., "Framework for assessing maturity of future manufacturing system," *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 24, No. 2, pp. 165-178, 2019.
- [9] Lee, S. S., "Methodology of network analysis," Seoul: NonHyong, 2012.
- [10] Ministry of Science and ICT, "5G-based advancement strategy for smart factory," 2019.
- [11] Park, J. and Chang, T., "Review of domestic research on smart manufacturing technologies," *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 23, No. 2, pp. 123-133, 2018.
- [12] Paul, E. and Alfréd, R., "On random graphs I," *Publicationes Mathematicae (Debrecen)*, Vol. 6, pp. 290-297, 1959.
- [13] Sabidussi, G., "The centrality index of a graph," *Psychometrika*, Vol. 31, No. 4, pp. 581-603., 1966.
- [14] Smith, K. H., "Measuring innovation," in Jan Fagerberg and David C. Mowery and Richard R. Nelson(eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, New York, US, pp. 148-177.
- [15] Song, B. and Suh, Y., "Identifying convergence fields and technologies for industrial safety: LDA-based network analysis," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 138, pp. 115-126, 2019.
- [16] Wang, B., Liu, S., Ding, K., Liu, Z., and Xu, J., "Identifying technological topics

- and institution–topic distribution probability for patent competitive intelligence analysis: A case study in LTE technology,” *Scientometrics*, Vol. 101, No. 1, pp. 685–704, 2014.
- [17] WIPO, IPC, “International Patent Classification(IPC), World Intellectual Property Organization,” 2014.
- [18] Yang, H., Chang, T., and Choi, Y., “Exploring the research trend of smart factory with topic modeling,” *Sustainability*, Vol. 10, 2018.

## 저 자 소개



조은누리

2019년

2019년~현재

관심분야

(E-mail: chosnfl@gmail.com)

경기대학교 산업경영공학과 (학사)

경기대학교 산업경영공학과 (석사)

스마트공장, 데이터분석, 인공지능, 머신러닝



장태우

1995년

1997년

2004년

2002년~2007년

2007년~현재

2017년~현재

관심분야

(E-mail: keenbee@kgu.ac.kr)

서울대학교 산업공학과 (학사)

서울대학교 산업공학과 (석사)

서울대학교 산업공학과 (박사)

한국전자통신연구원 연구원/선임연구원

경기대학교 산업경영공학과 교수

경기대학교 지능정보융합제조연구센터(GRRC) 센터장

스마트공장, 시스템분석, 물류/SCM