

이음5G 서비스 국내외 동향과 활성화 정책방안

Private 5G (e-Um 5G) Trend and Promotion Policy

이 상 윤

Sang-Yun Lee

요 약

5G 기술은 초고속, 초저지연, 초연결 특징으로 인해 최근 여러 산업분야에서 정보기술과 운영기술을 융합하는 디지털 트랜스포메이션 실현을 위한 핵심 조력자로 인식되고 있다. '21년에 국내에 도입된 이음5G는 특정 구역에서 산업 분야별 맞춤형 서비스를 제공하는 5G망으로서, 국내뿐만 아니라 해외 주요국은 자국 산업의 효율성 개선 등을 목적으로 제도뿐만 아니라 장비, 서비스 개발 노력을 경주하고 있다. 본 논문에서는 이음5G의 시장 규모와 장비 개발, 주요국 서비스 추진 현황과 유럽에서 진행되고 있는 제조분야 실증 사례를 소개한다. 국내 이음5G 제도 현황을 검토하고, 이음5G 생태계 현황을 공급과 수요 측면에서 분석한 후, 마지막으로 국내 이음5G 활성화 정책방안을 도출한다.

Abstract

5G technology is globally recognized as an enabler for digital transformation, facilitating the integration of information technology and operational technology through its eMBB, URLLC, and MMTC capabilities. e-Um 5G, first introduced in 2021 in Korea, is a 5G network providing customized services tailored to each industrial sector and provides coverage within a specific geographical area, such as a manufacturing center or a campus premise. A few developed countries are taking initiatives to develop private 5G (e-Um 5G) policies, equipment, and services in order to enhance their industrial competitiveness. This paper examines the prevailing trends in the private 5G (e-Um 5G) market, equipment, and service development, including the pilot program that had been recently conducted in Europe. The e-Um 5G policy in Korea is reviewed, and its ecosystem is analyzed in terms of supply and demand. Finally, an e-Um 5G promotion policy is presented.

Key words: Private 5G, Local 5G, e-Um 5G, Non Public Network, Spectrum Policy

I. 서 론

최근 5G 이동통신 기술을 적용하여 제조, 물류, 의료 등 다양한 산업분야에서 B2B 서비스를 제공하는 '이음 5G'에 대한 관심이 증가하고 있다. 이음(e-Um) 5G'는 5G

의 초고속(eMBB), 초저지연(URLLC), 초연결(mMTC)의 특징을 반영해 특정 구역(건물 또는 토지) 내에서 수요자 맞춤형 서비스를 제공하는 5G망을 의미한다. 이음5G에 대한 관심이 증가하는 이유는 최근 다양한 산업 분야에 서 업무 효율성 극대화를 위해 정보기술(IT)과 운영기술

「본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 스마트농산물유통저장기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(322054-5).」

「이 논문의 내용은 필자 개인의 의견이며, 소속기관의 공식 입장이 아님을 밝힙니다.」

한국방송통신전파진흥원 이음5G사업팀(e-Um 5G Business Team, Korea Communications Agency)

· Manuscript received May 23, 2022 ; Revised June 23, 2022 ; Accepted July 26, 2022. (ID No. 20220523-002S)

· Corresponding Author: Sang-Yun Lee (e-mail: sylee76@kca.kr)

(OT)을 융합하는 디지털 트랜스포메이션에 대한 수요가 증가하고 있기 때문이다. 독일, 일본 등 주요국은 이음5G 도입을 서두르고 있으며, 통신 장비제조, 네트워크 구축·운영 서비스, 클라우드 서비스 등 디지털 트랜스포메이션 시장과 관련된 다양한 분야의 기업은 이음5G 시장 진출을 준비하고 있다. 본 논문에서는 이음5G 글로벌 산업 생태계 동향과 실증사례를 살펴보고, 작년부터 추진되고 있는 이음5G 관련 국내 정책과 시장 현황을 분석하고, 마지막으로 이음5G 활성화 방안을 제시한다.

II. 이음5G 글로벌 생태계 현황과 실증 사례

2-1 자가(Private) 5G 글로벌 산업 동향

이음5G와 유사한 개념인 자가망은 주요국을 중심으로 다양한 산업분야에 확산 적용되고 있다. GSA(Global Mobile Suppliers Association)에 따르면 '21년 11월 기준 55개국 775개 기업 또는 기관이 이동통신 기술 기반의 자가망(private network)을 제조, IT, 교육, 유틸리티 등의 분야에 적용하고 있으며, 기술방식의 경우 LTE가 61 %, 5G가 28 %를 차지하여 아직은 LTE 중심이나 5G 비중이 증가하는 추세를 보이고 있다^[1].

여러 시장전망 기관은 표 1과 같이 자가 5G 시장 성장을 전망하고 있다^[2]. 특히 ABI Research는 5G 자가망 투자비(CAPEX)가 지속적으로 성장하여 '36년경에는 5G 이동통신 수준을 능가할 것으로 전망하고 있다^[3].

이음5G 서비스는 표 2와 같이 서비스 대상, 응용 서비스, 제공방식 측면에서 구분될 수 있다. 이동통신 서비스는 일반 국민을 대상으로 음성, 인터넷 접속 등과 같은 범용 서비스를 전국 단위로 소수의 사업자가 제공한다. 이음5G는 기업 등 제한된 이용자를 대상으로 특화 서비스를 특정 토지, 건물 등에 제한된 영역에 이용자 스스로 자

표 1. 자가 5G 시장 전망(억 달러, 연도)
Table 1. Private 5G market forecast (US\$ billion, year).

Analysis mason	Grand view research	TBR	Mobile expert	SNS telecom & IT
9 (2025)	7.1 (2027)	6 (2024)	10 (2025)	8 (2023)

표 2. 이동통신 서비스와 이음5G 서비스 비교
Table 2. Comparison of mobile and e-Um 5G service.

Category	Public 5G	Private 5G (e-Um 5G)
Service target	Nationwide general subscriber	Specific users or organization over specific geographic area (e.g. building)
Application	Mainly general communication applications (e.g. voice, internet access)	Customized applications for specific industry sector (e.g. robot control)
Service provider	Public mobile operator	Private network user or 3rd party operator

가망을 운용하거나 제3자의 사업자가 서비스를 제공한다. 따라서 이동통신은 대량소품종 특징을 가지는 반면, 이음5G는 소량다품종의 특징을 가지는 롱테일(long-tail) 성격의 시장이라 할 수 있다.

이음5G에 적용 가능한 5G 칩셋은 '21년 12월 기준 Sub 6GHz 대역에서 55종, mmWave 대역에서 36종이 출시되었으며^[4], 특히 mmWave와 Sub 6GHz 대역을 동시에 이용하는 듀얼 커넥티비티(dual connectivity) 기능을 갖춘 칩셋도 작년 말에 출시되었다. 단말의 경우 국내 이음5G 주파수 대역인 4.7 GHz 대역(n79 band)을 지원하는 기기가 '21년 10월 기준 443종이 발표되었고, 28 GHz 대역(n257 band)을 지원하는 기기는 '21년 12월 기준 약 25종이 상용화되었다^{[4]~[6]}. 네트워크 장비 중 무선접속망의 경우 분리형(CU/DU/RU) 또는 스몰셀 형태로 구축할 수 있는데, 모두 국내 기업이 개발 중이다. 모바일 코어의 경우 글로벌 장비 제조사가 관련 제품을 출시했고, 국내 기업도 기존 제품을 경량화한 사양으로 출시를 준비 중이다. 특히, 클라우드 기반의 코어망 솔루션과 개방형 무선접속망(O-RAN) 기반의 무선 접속망 기술을 기반으로 한 신규 제조사의 시장 진출도 증가하고 있다^[2]. 기존 5G 이동통신 장비 시장이 글로벌 대기업 중심인데 반해, 이음5G 시장에서는 새로운 시장 참여자가 진출하는 모습을 보이고 있다.

이음5G 서비스는 장비제조사 또는 클라우드 사업자를 중심으로 전개되고 있다. 글로벌 이음5G 네트워크의 70 % 이상은 장비제조사 주도로 운영되고 있다. 클라우드

사업사는 자사의 클라우드 인프라를 활용해 코어망과 응용서비스를 원격에서 제공하고, 사업장에는 무선 접속망을 두는 방식으로 서비스를 제공하고 있다. 예를 들어 마이크로소프트는 자사의 클라우드 서비스를 활용한 코어망 구현을 위해 관련 기업을 인수하고^[2], 퀄컴과 협력하여 단말과 스몰셀 등 무선 접속망까지 통합한 솔루션 제공을 추진하고 있다^[7]. 클라우드 사업자인 아마존웹서비스(AWS)는 '21년 12월에 이음5G 서비스인 'AWS Private 5G'를 발표하여 망 구축에서 클라우드, 응용, 유지보수에 이르는 모든 서비스를 월 사용료 기반으로 일괄 제공하는 사업을 추진하고 있고^[8], 구글도 최근 자사의 클라우드 서비스를 기업고객이 자가 무선망을 통해 이용할 수 있도록 하는 서비스를 출시했다^[9].

일본에서도 월 사용료 기반의 구독형 서비스가 제공되고 있다. NTT의 경우 설계, 조달, 구축, 운용에 이르는 토탈 패키지 서비스를 월정액으로 제공하는 서비스를 '22년 개시 예정이다^[10]. 히타치·미쓰비시, 후지쯔 등도 유사한 구독형 서비스를 준비하고 있다. CATV 사업자는 별도 회사를 설립하여 코어망 서비스를 CU/DU는 각 CATV 국사에, RU는 수요기업 내에 설치하는 방식으로 '21년 7월부터 이음5G 구독형 서비스를 제공하고 있다^[11]. 일본의 로컬 5G 지치국 수 추이는 '21년 하반기부터 증가 추세를 보여 '22년 5월 기준 Sub 6GHz 대역에서 582국, mmWave대역에서 132국이 운용되고 있다^[12].

2-2 이음5G 이용 사례(Use Case)

다양한 분야에서 이음5G를 적용한 이용 사례를 고려할 수 있다. 여기서는 3GPP 기술보고서에서 기술된 내용 중 스마트 공장, 스마트 시티, 스마트 농업, 스마트 헬스케어, 스마트 빌딩, 엔터테인먼트 등 특정 구역에서 서비스하는 이음5G에 적합한 6개 분야의 이용 사례를 소개한다^[13]. 스마트 공장은 제조업 혁신과 관련된 핵심 적용 분야라고 할 수 있다. 5G 기반 무선접속과 컴퓨팅 인프라로 사람, 기계, 제조물 등 모든 개체를 유연하고 안전하게 상호 연동시켜 사이버-물리 제조 시스템을 구현할 수 있다. 스마트 공장 분야에서는 표 3과 같이 5가지 응용과 각 응용에 적용할 수 있는 10개의 이용 사례를 고려할 수 있다.

스마트 시티 분야는 도시의 효율적 운영과 안전한 시민 생활을 보장하는 데 활용된다. 5G 기술을 적용하여 도시를 효율적으로 관리하며 안전하고 쾌적한 생활을 위한 다양한 서비스(도로 관제, 전기·가스·수도 시스템 제어, 환경 관리 등)를 제공할 수 있다. 예를 들어 원격 CCTV 분석 시스템은 CCTV 영상을 분석하여 이상행동 분석, 화재 검출, 안면 인식, 차량 번호인식 등에 활용할 수 있다.

스마트 농업을 통해 농업 생산성을 증대할 수 있다. 농업 가치사슬 전 단계에서 5G망으로 데이터를 수집, 분석하고, 자동화에 적용할 수 있다. 온실 온도 조절, 작물 상태 확인, 도난 방지 등이 대표적 활용 사례이다. 예를 들

표 3. 스마트 공장 응용과 이용 사례^[12]

Table 3. Applications and use cases for smart factory^[12].

Use case \ Application	Factory automation	Process automation	HMI · production IT	Logistics & warehousing	Monitoring · maintenance
Motion control	○				
Control-to-control	○			○	
Mobile control panels			○		
Mobile robots	○	○		○	○
Massive wireless sensor networks	○	○			○
Remote access and maintenance					○
Augmented reality		○	○		○
Closedloop process control		○			
Plant asset management		○		○	

어 자동 관개 시스템은 온도, 습도 센서에서 수집된 정보를 바탕으로 물 공급장치를 제어할 수 있다.

스마트 헬스케어 분야에서는 병원 운영 효율화를 고려할 수 있다. 의료기관 내 환자 진료, 환자 상태 실시간 모니터링, 진료 기록 조회, 응급 이송환자 실시간 진료 등이 가능하다.

전력 분야에서는 통합 발전 시스템 구축에 활용할 수 있다. 통합 발전 시스템은 다양한 발전 설비(가스터빈, 스팀 터빈, 풍력발전 설비 등)를 통합 관리하는 것으로, 원격지에 설치된 풍력발전 설비 모니터링·제어, 비디오 감시, 네트워크 관리 등을 수행할 수 있다.

빌딩의 효율성, 쾌적성을 확보하는 스마트 빌딩 분야 적용도 고려할 수 있다. 빌딩 내 각종 정보(온도, 공기 상태, 화재 여부 등)를 수집하여 냉난방기, 경보기를 제어하는 환경 모니터링 시스템, 화재 감시 시스템, 자동 제어 시스템 등을 활용할 수 있다.

엔터테인먼트 분야에서는 공연 장비 통합 무선망을 고려할 수 있다. 공연장 내에서 운영하는 오디오 장비(무선 마이크, 인이어 모니터 등), 비디오 장비(무선 카메라, 디스플레이 등), 오디오 믹싱 장비 등을 통합 연동하여 실시간 오디오 스트리밍 시스템을 구현할 수 있다.

2.3 이음5G 실증 사례

이음5G의 주요 적용 분야인 스마트 공장 실증을 위해 유럽 5G-Smart 프로젝트의 일환으로 표 4와 같이 유럽 내 3개 사이트에서 진행 중인 실증 사례를 소개한다.

표 4. 유럽 5G-Smart 프로젝트 실증 사이트

Table 4. Test sites of Europe 5G-smart project.

Test site	Location	Main test case
Ericsson smart factory	Kista Sweden	Machine vision real time human-robot interaction over 5G network
Fraunhofer institute for production technology (IPT)	Aachen Germany	5G based wireless sensor network for digital twin
Bosch semiconductor factory	Reutlingen Germany	5G based time sensitive network (TSN) and industrial LAN

먼저 스웨덴 키스타(Kista)에 위치한 에릭슨의 스마트 공장은 통신장비 제조 공장으로서 표 5와 같이 3가지의 산업용 로봇 이용 사례를 테스트한다^[14].

특히 이용 사례 1, 2의 경우, 로봇제어는 CCTV를 통한 비전인식으로 상황을 인지하여 모바일 에지클라우드 컴퓨팅을 통해 로봇을 제어하는 방식으로 구현한다. 이를 위해 최대 2 Mbps의 전송속도와 99.99 %의 가용도, 50 ms 이하의 지연성능을 요구한다. 이용 사례 3의 경우, 요구성능은 최대 5 Mbps에 이르지만 가용도와 지연성능은 이용 사례 1, 2에 비해 완화된 성능을 요구한다. 고정 로봇의 경우 복수의 로봇에 장착된 각 단말기의 패킷을 단일 라우터에서 통합하여 5G망으로 연결하거나, 이동로봇의 경우 개별 라우터를 장착하여 5G망과 연결된다. 무선통신 방식은 NSA(non stand alone) 방식을 적용하여 제어는 1.8 GHz 대역의 LTE 기술을 적용하고 데이터는 27.5~27.8 GHz 대역의 5G 기술을 적용하였다. 기지국은 4G, 5G 기지국을 테스트 지역 내에 설치하고, 공장 내에 로컬 5G 코어와 에지 클라우드 플랫폼을 구축하였다.

두 번째 실증 사이트로서 독일 아헨(Aachen)에 위치한 프라운호퍼 생산기술원(Fraunhofer Institute of Production Technology)이 있다. 이 사이트는 제조기술 연구를 위한 연구 시설로서, 표 6과 같이 2가지의 공장 내 설비 이용 사례를 테스트 한다^[15].

이용 사례 4에서 검토하는 음향방출(acoustic sensor, AE) 센서는 공작물과 공정 관련 기계 요소에서 발생하는 초

표 5. 에릭슨 스마트 공장 실증 사례

Table 5. Use cases of Ericsson smart factory.

Use case 1	5G-connected robot and remotely supported collaboration
Use case 2	Machine vision assisted real-time human-robot interaction over 5G
Use case 3	5G-aided visualization of the factory floor

표 6. 프라운호퍼 생산기술원(IPT) 스마트 공장 이용 사례

Table 6. Use cases of Fraunhofer IPT smart factory.

Use case 4	5G for wireless acoustic workpiece monitoring
Use case 5	5G versatile multi-sensor platform for digital twin

음과 신호를 측정하여 공구 파손 여부, 기계 충돌, 재료 비균질성 등을 검출하는 장비이다. AE 센서는 공장기계 내부에 설치되어 케이블 연결이 어려운 경우가 많다. 이를 무선으로 연결하면 손쉬운 장착이 가능하고, 측정 결과를 바탕으로 적절한 제어를 실행할 수 있다. 약 100 Mbps 수준의 전송속도와 문제 발생 시 신속한 대응을 위해 최대한 낮은 지연성능이 필요하다. 따라서 99.999 %의 높은 가용도와 10 ms 수준의 저지연 성능을 요구한다. 이용 사례 5의 경우, 공장 내에 개별적으로 설치된 다양한 센서(가속도, 자이로스코프, 마이크, 온도계 등)를 통합한 멀티 센서 플랫폼을 도입하는 것이다. 수집된 데이터는 공장을 가상화한 실시간 디지털 트윈 구현에 활용된다. 디지털 트윈은 실시간 동기화를 위해 낮은 지연성능을 요구하여, 99.999 %의 높은 가용도와 10 ms 수준의 저지연 성능을 요구한다. 이를 위해 공장 내에 독립형(isolated) 특화망을 구축했다. 코어망 장비를 공장 내에 구축하고, NSA 방식을 적용하여 제어 용도로 2.3 GHz 대역에서 LTE 기술을, 데이터 전송 용도로 3.7~3.8 GHz 대역에서 5G 기술을 사용했다. 이 사이트에서는 실내 커버리지 확보를 위해 분산 안테나 시스템(distributed antenna system, DAS)을 적용했다. 분산 안테나 시스템은 기지국의 RU를 RF 신호 송수신부와 DAC 등 신호처리부로 분리하여 운영하는 것으로, 음영 지역에 RF 신호 송수신부만 추가 설치하면 되므로 비용 효율적인 망 구축이 가능한 장점이 있다.

마지막 실증 사이트로서 독일 로이틀링겐(Reutlingen)에 위치한 보쉬(Bosch) 반도체 공장이 있다. 이 사이트는 반도체 제조 공장으로서 표 7과 같이 2가지의 이용 사례를 테스트한다¹⁾.

이용 사례 6에서는 이동로봇 제어를 중앙 데이터센터

표 7. 보쉬 반도체 스마트 공장 이용 사례
Table 7. Use cases of Bosch semiconductor factory.

Use case 6	Cloud-based mobile robotics
Use case 7	TSN/industrial LAN over 5G

연결 없이 공장 내부에 구축된 클라우드를 통해 구현하는 것으로, 낮은 지연시간과 높은 가용도 성능이 요구된다. 이용 사례 7의 경우 시민망 네트워크(TSN)의 성능을 테스트한다. TSN은 표준 이더넷 네트워크(LAN)에서 확정적 메시지 전송(특히 정해진 시간 내)을 구현하기 위한 표준으로서 주로 산업 분야에 적용된다. 이용 사례로서 산업용 제어장치 간 무선 통신, 공장 내 산업용 기계(반도체 웨이퍼 검사 장비)와 서버 간 무선연결을 테스트하였다. 특히 이용 사례 7에서 테스트한 TSN은 매우 높은 수준의 가용도(99.999 %)와 4~10 ms 수준의 초저지연 성능을 요구하여 독립형(isolated) 망을 구축했다. 5G 코어장비를 공장 내에 구축하고, SA 방식을 적용하여 제어신호와 데이터를 모두 3.7~3.8 GHz 대역으로 통신한다. 커버리지 확보를 위해 실내용 분산 안테나 시스템을 적용하고(셀 2개, 안테나 16개), 셀 경계에는 인접 셀 간 간섭을 줄이기 위해 지향성 안테나를 적용했다. 아울러 보안성을 위해 산업용 보안 기준을 적용했다.

Ⅲ. 국내 이음5G 제도 현황

3-1 이음5G 개념과 도입 방식

이음5G는 특정 구역(토지, 건물 등)에 한하여 사용할 수 있는 수요자 맞춤형 네트워크로서, 기존 ‘5G 특화망’이라는 이름으로 사용되었지만 5G의 초고속(eMBB), 초저지연(URLLC), 초연결(mMTC)의 특징과 5G를 통해 사물과 사회를 이어준다는 의미를 반영하여 작년 말에 ‘이음(e-UM) 5G’로 명칭을 정했다¹⁾.

이음5G를 이용할 수 있는 방식은 망 운영 주체와 서비스 대상에 따라 총 3가지의 유형으로 구분된다(표 8)¹⁾.

Type 1은 자가망 운영에 해당하는 경우로서, 수요처가 자가망 설치자 신고를 한다는 것은 자가전기통신설비의 설치를 신고하는 것을 의미한다. 이를 위해 설치자는 설치공사 시작 21일 전까지 관할 지자체에 신고서를 제출해야 한다. 수요처는 주파수 지정을 통해 주파수를 이용할 수 있다. 주파수 지정은 무선국 개설 시 이용할 특정

1) 이음5G는 이용자 스스로 망을 구축·운영한다는 점에서 ‘자가 5G(private 5G)’와 유사하며, 이용범위가 특정 구역으로 제한된다는 점에서 일부 국가를 중심으로 ‘지역 5G(local 5G)’라는 용어도 사용된다. 공중 이동통신망과 구별하기 위해 ‘비공중망(non-public network)’이라는 용어가 사용되기도 한다. 본 논문에서는 이들 용어를 혼용하여 사용한다.

표 8. 이음5G 도입유형

Table 8. e-Um 5G deployment types.

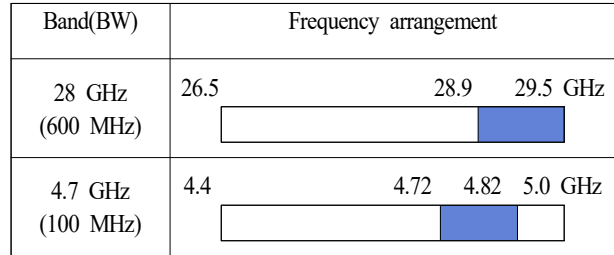
Type	Network operator	Service user	Entitlement	License
1	Private service user	Private service user only	Installers of private telecommunications equipment and facilities	Frequency designation for radio station
2		Private service user and others (e.g. visitors)		
3	3rd Party		Telecommunications business operator	Spectrum assignment

주파수를 정해주는 것으로서, 관할 지역 전파관리소에 신청 가능하다. Type 2, 3은 수요처 또는 제3자 등이 수요처 뿐만 아니라 협력사, 방문객 등을 대상으로 서비스를 제공하는 것이다. 수요처(Type 2) 또는 제3자 등(Type 3)이 위탁받아 타인의 통신을 매개하므로 기간통신사업자로 등록해서 주파수를 할당받아야 한다. 정부, 지자체의 경우 기간통신사업자 등록이 불가하므로 Type 1 방식으로 도입할 수 있다^[18].

기간통신사업자가 주파수 할당을 받고자 할 경우 신청자는 이음5G 이용 구역의 건물·토지 소유주, 임차인 또는 위탁받은 제3자여야 하고, 이용 기간은 2~5년 범위에서 수요 기업이 선택할 수 있다. 할당 조건으로 할당 이후 1년 내에 무선국을 개설해야 하고, 주파수 할당공고에 제시된 주파수 공동사용 지침을 준수해야 한다^[19]. 자가망 설치자도 마찬가지로 이음5G 이용 구역 건물·토지 소유주, 임차인이고 이용기간은 무선국 허가 기간으로 통상 5년 주기로 갱신된다. 주파수 공동사용 지침 준수가 필요하며 무선국 허가 시 별도의 조건이 부과될 수 있다.

3.2 이음5G 주파수 이용방식

주파수 대역은 28 GHz 대역과 4.7 GHz 대역을 이용할 수 있으며, 대역별 채널배치는 그림 1과 같다. 28 GHz 대역은 n257 대역에 해당하는 26.5~29.5 GHz에서 28.9~29.5 GHz 범위의 600 MHz폭을 이용할 수 있으며 50 MHz 블록 12개로 구성된다. 4.7 GHz 대역은 n79 대역에 해당

그림 1. 한국의 이음5G 주파수 배치^[19]Fig. 1. e-Um 5G spectrum arrangement in Korea^[9].

하는 4.4~5.0 GHz에서 4.72~4.82 GHz 범위의 100 MHz 폭을 이용할 수 있으며 10 MHz 블록 10개로 구성된다^[19].

이음5G 주파수는 지역적 공동 사용 방식으로 이용하므로 공동사용 지침을 준수해야 한다^[19]. 이음5G는 해당 주파수 대역 내에서 운용 중인 다른 용도(고정업무 등)의 무선국에 간섭을 주지 않아야 한다. 또한, 지역적으로 인접하여 위치한 다른 이음5G망과 간섭이 발생할 경우, 상호 협의를 통해 서비스 영역은 보호하면서 조정대상 영역을 조정하는 방식으로 간섭 조정을 해야 한다. 여기서 서비스 영역이란, 원활한 서비스를 제공하는 영역으로 우선적으로 보호되어야 하며 RSRP(reference signal received power) 기준으로 -105 dBm 이상인 영역에 해당한다. 조정대상 영역의 경우 간섭 조정여부를 판단하는 구역으로서 RSRP 기준으로 -115 dBm 이상인 구역에 해당한다. 예를 들어 그림 2^[20]와 같이 B구역에서 주파수를 할당받아 이용하고 있는 상태에서 A구역에서 이음5G 서비스를 이용하고자 하는 새로운 이용자가 주파수 할당을 신청한다면, B구역 이용자는 A구역에 전파간섭을 주지 않도록 출력을 낮추거나 안테나 위치 변경 등을 통해 조정가능영역을 줄이는 방식으로 전파간섭 조정이 필요할 수 있다.

동 대역은 TDD 방식으로 운용되므로 인접 이음5G 간 크로스 링크 간섭을 방지하기 위해서는 이음5G망 상호간에 상하향 링크 방향이 동기화되어야 한다.

기지국, 이동국 등 무선설비 기술기준의 일부 내용은 표 9와 같다. 대역폭의 경우 28 GHz 대역은 최소 50 MHz 폭, 4.7 GHz 대역은 최소 10 MHz 폭 단위로 이용 가능하다. 구체적인 기술기준은 전기통신사업용 무선설비의 기술기준에서 제4조(이동통신용 무선설비) 제9항(28 GHz 대역)과 제10항(4.7 GHz 대역)에 제시되어 있다^[21].

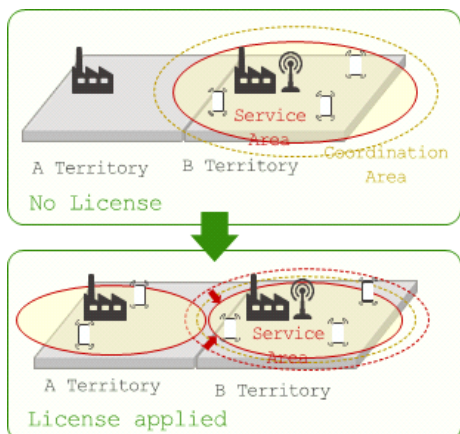


그림 2. 이음5G 주파수 공동사용을 위한 간섭조정^[20]
Fig. 2. Interference coordination for spectrum sharing^[20].

표 9. 이음5G 무선설비 기술기준(일부)^[21]
Table 9. e-Um 5G radio facility technical requirements (part)^[21].

Category	28 GHz (28.9~29.5 GHz)		4.7 GHz (4,720~4,820 MHz)	
	Base station	Mobile station	Base station	Mobile station
Bandwidth	50 / 100 / 200 / 400 MHz		10 / 20 / 30 / 40 / 50 / 60 / 70 / 80 / 90 / 100 MHz	
Total radiated power	Occupied bandwidth (MHz)× 0.005 (W/MHz)	Below 200 mW	Below value of antenna tap supplied power plus 9 dB	Below 200 mW (antenna supplied power)
Adjacent channel leakage ratio	Over 28 dB	Over 17 dB	Over 45 dB	Over 30 dB

IV. 이음5G 생태계 활성화 방안

이음5G는 이동통신 시장을 활성화시킬 수 있는 서비스로 주목받고 있으며, I 장에서 제시된 바와 같이 여러 시장전망 기관은 낙관적으로 시장을 전망하고 있다. 그러나 성장 초기단계로서 본격적인 성장을 위해 생태계 활성화가 필요하다. 본 장에서는 수요와 공급 측면에서 생태계 활성화 요인과 장애 요인을 검토하고 이를 통해 생

태계 활성화 방안을 도출한다.

4-1 이음5G 활성화 요인과 장애 요인

수요 측면에서 활성화 요인은 산업분야에서 비용절감과 운영 효율성 제고를 위해 디지털 전환 실현을 위한 무선망 수요가 증가하고, 특히 5G의 초고속, 초저지연, 초연결 성능은 이러한 수요를 충족시킬 수 있다는 점이다. 5G 도입을 위해 기존 공중 이동통신망 서비스를 활용하는 것도 가능하지만, 보안 문제가 있을 수 있고, 자사 데이터에 대한 제어 권한을 가지려는 수요가 크다. 또한 커버리지, 속도 등 기술적 개선도 요구하고 있다. 컨설팅 업체인 The Economist가 '21년에 미국, 영국, 독일, 일본 소재 216개 기업의 정보화 담당 전문가를 대상으로 한 설문에 따르면(표 10), 현재 운용 중인 통신망의 문제점으로 네트워크 보안, 데이터 제어, 커버리지 및 속도 등으로 조사되었다^[22]. 5G 기반의 자가 통신망 도입을 통해 이러한 문제 해결이 가능하다는 점에서 활성화 요인이라 할 수 있다.

그러나 수요 측면의 장애요인도 존재한다. 기존 설비를 운용하고 있는 수요 기업의 경우 해당 설비에 5G 장비를 통합하는 것이 어려울 수 있다. 특히 설비 교체주기가 긴 산업 분야의 경우 기존 설비에 5G 통신망을 설치하는 것이 더 어려울 수 있다. 이음5G 수요 기업은 대부분 5G 기술에 익숙하지 않아 망 구축과 운영 측면에서 어려움이 있을 수 있다. 또한 망 구축에 소요되는 부담도 클 수 있다. 앞서 언급한 설문에 따르면 수요기업의 장애요인으로 표 11과 같이 기존 설비와 통신망에 5G를 통합하는 것의 어려움, 망 구축과 운영의 복잡성, 비용 등으로 조사되었다^[22].

공급 측면의 활성화 요인은 다음과 같다. 공중 이동통신망 기술이 6G로의 이전을 앞두고 시장이 정체되어 있

표 10. 기업 통신망 문제점 설문조사 결과^[22]

Table 10. Survey result on problems with currently using enterprise communication service^[22].

(Unit: %)	Security of network	Control of data	Coverage and speed	Response time of service provider
Germany	63	56	60	35
Japan	69	46	19	33
UK	69	45	45	41
US	76	44	48	50

표 11. 이음 5G 도입 장애요인 설문조사 결과^[22]Table 11. Survey result on barriers to adaption of private 5G^[22].

(Unit: %)	Integration 5G technology with legacy system and network	Complexity around the infrastructure to deploy 5G	Lack of technical skill and expertise to manage 5G networks	High upfront cost (e.g. CAPEX)
Germany	35	25	32	33
Japan	39	48	35	15
UK	47	33	26	28
US	56	43	26	35

는 과도기적인 상황에서, 이음5G와 같은 B2B 서비스는 디지털 전환 추세에 맞춰 새로운 성장의 기회로 인식되고 있다. 영국, 독일, 일본 등 주요국 정부는 5G 기술과 다양한 산업과의 융합을 촉진하기 위해 비통신 기업이 이용할 수 있는 전용 주파수를 공급하고 있다. 비공중 네트워크(non-public network, NPN)를 위한 기술 표준화도 활발히 진행되고 있다. '20년 7월에 승인된 3GPP Rel-16 표준에는 향상된 초고신뢰 초저지연 통신(eURLLC), 비공중 네트워크를 위한 시스템 구조, 공장 자동화 네트워크 등을 위한 시민감 네트워킹(time sensitive networking, TSN) 기능 등을 지원한다^{[23],[24]}. '22년 3월에 승인된 3GPP Rel-17 표준은 강화된 비공중망, 산업IoT, 초저지연 기능을 지원한다^[25].

공급 측면의 장애요인은 다음과 같다. 다양한 산업 분야에서 망 구축 수요가 예상되나, 수요 분야와 규모를 파악하기 어렵고, 산업 분야별 또는 개별 사이트 단위별로 요구사항이 상이한 소량 다품종 시장으로서 수익성 확보가 어려울 수 있다. 클라우드 사업자, SI 사업자, CATV 사업자 등 다양한 사업자가 이음5G 서비스 사업자로 등장하고 있어 성장 초기단계에는 경쟁이 심화될 수 있다. 미국, 일본에서와 같이 통합 솔루션 제공 형태의 사업이 등장할 경우, 기술력 확보를 통해 타 분야 업체와의 협력이 필요할 수 있다.

4-2 이음5G 활성화 방안

수요와 공급 측면의 장애요인과 해외 주요국 사례를 고려했을 때, 다음과 같은 생태계 활성화 방안을 고려할 수 있다. 먼저 기설치된 설비 또는 통신망과 5G와의 원활한 통합을 위한 게이트웨이 등의 장비 개발, 보급이 필요하고, 특히 3GPP Rel-16, Rel-17 표준에 반영된 TSN 등 산

업통신용 기능을 시급히 상용화하는 것이 필요하다. 또한 5G망 구축이 용이한 설비와 통신망 등 인프라를 갖춘 사이트에 우선 구축하는 것이 효율적일 수 있다. 예를 들어 제조업의 경우 중소벤처기업부 지원을 통해 보급 확산되고 있는 스마트 공장을 대상으로 이음5G를 우선 도입하는 것을 고려할 수 있다^[26].

5G 기술에 익숙하지 않은 수요기업이 네트워크 설계, 장비 도입, 운용방안 등에 대해 전문기업으로부터 컨설팅을 받을 수 있도록 컨설팅 바우처(이용권)를 제공하거나, 산업분야별 유즈 케이스의 개념 실증(proof of concept, PoC)을 수행할 수 있는 테스트 베드를 구축하는 방안을 고려할 수 있다.

수요기업의 5G망 운영 부담을 완화하기 위해서 주요 장비 업체들은 운영 및 유지보수 서비스를 제공하고 있으나, 많은 수요기업은 관리형 서비스(managed service)를 원하고 있다. The Economist에 따르면 표 12와 같이 설문 대상 기업의 38 %가 관리형 서비스를 선호하는 것으로 조사되었다.

관리형 서비스는 월 사용료 기반으로 제공될 수 있어 수요기업의 장비도입, 운용 등에 소요되는 초기 투자 부담을 낮출 뿐만 아니라, 미국과 일본의 사례와 같이 5G 무선망에 클라우드 서비스를 결합한 서비스형 플랫폼(platform as a service, PaaS) 또는 여기에 특화 응용을 결합한 서비스형 소프트웨어(software as a service, SaaS) 형태로 제공하므로 수요기업이 기술적 전문성이 부족하더라도 서비스 이용이 가능해 이음5G 도입을 촉진하는 역할을 할 것으로 예상된다. 따라서 수요 기업에게 관리형 서비스 비용을 지원하거나, 관리형 서비스 사업자가 등장할 수 있도록 클라우드, 전용회선 등의 인프라를 활용할 수 있도록 지원하는 방안도 고려할 필요가 있다.

표 12. 산업분야별 수요기업의 5G 서비스 유형 선호도 조사 결과^[21]Table 12. Survey result on private 5G deployment preference^[21].

(Unit: %)	Standalone private network	Outsourced private network to a managed service provider with service-level-agreements(SLAs)	Outsourced private network to a mobile network operator	Hybrid or shared private network (network is leased from a mobile network operator via dedicated or network slicing)
Automotive/manufacturing	10	54	13	23
Energy	17	35	13	35
Healthcare/pharma and life science	12	32	17	40
Retail	33	19	14	33
Transportation	17	42	14	28
Total	16	38	14	31

관리형 서비스를 이용하면 투자비용을 절감할 수 있지만, 관리형 서비스 대신 보안성 등의 측면에서 단독망 구축을 희망하는 수요기업을 위해서 경량화된 저렴한 장비를 개발, 보급하는 것이 필요하다.

마지막으로 수요, 공급 기업체를 연계할 수 있는 협의체를 구성하고, 이음5G 적용 우수사례 발굴, 이음5G 경제성 분석 등 기초 연구도 필요하다^[27].

V. 결 론

이음5G는 최근 제조, 물류, 의료, 공공안전 등 다양한 산업분야에서 추진되고 있는 디지털 전환을 실현시키기 위한 핵심 인에블러(enabler)로 여겨지고 있다. 이음5G는 5G 기술로 산업 분야에서 요구하는 성능을 충족시키면서, 자가망 구축을 통해 보안성을 확보하면서 데이터 통제가 가능한 장점이 있다. 그러나 5G 기술에 익숙하지 않은 수요기업의 이음5G 도입을 촉진하기 위해서는 수요기업의 기운용 설비에 5G 기술을 손쉽게 통합할 수 있는 기술을 상용화하고, 망 구축 운영에 필요한 비용과 기술 전문성 부담을 경감시키기 위해 망 구축 컨설팅과 PoC 지원 및 관리형 서비스가 도입될 수 있도록 서비스 이용자와 사업자 대상의 지원을 고려할 수 있다. 단독망 구축을 희망하는 수요 기업의 망 구축 비용 경감을 위해 저렴한 장비의 개발, 보급도 함께 고려할 필요가 있다.

References

[1] GSA, "Private mobile networks February 2022-Member report," 2022. Available: <https://gsacom.com/technology/p>

ivate-mobile-networks/

- [2] S. Y. Lee, "Status and forecast of local 5G service," *TTA Journal*, vol. 194, pp. 20-27, Mar. 2021.
- [3] J. Blackman, "Private 5G to outrun public 5G for spend and spectrum-But it will take 15 years," 2020. Available: <https://enterpriseiotinsights.com/20200717/channels/news/private-5g-to-outrun-public-5g-for-spend-and-spectrum>
- [4] GSA, "LTE, 5G&3GPP IoT chipsets: Member report-Market status," 2021. Available: <https://gsacom.com/paper/lte-5g-and-3gpp-iot-chipsets/>
- [5] GSA, "Mid-band spectrum October 2021-Summary," 2021. Available: <https://gsacom.com/paper/mid-band-spectrum-october-2021/>
- [6] GSA, "High-band spectrum: Global licensing and usage for 5G," 2021. Available: <https://gsacom.com/paper/mmwave-summary-december-2021-spectrum-update/>
- [7] Qualcomm, "Qualcomm collaborates with microsoft to transform enterprise connectivity with end-to-end 5g private network solution," 2022. Available: <https://www.qualcomm.com/news/releases/2022/02/28/qualcomm-collaborates-microsoft-transform-enterprise-connectivity-end-end>
- [8] AWS, "AWS private 5G." Available: <https://aws.amazon.com/private5g/>
- [9] A. Phadke, "Announcing private network solutions on Google Distributed Cloud Edge," 2022. Available: <https://cloud.google.com/blog/products/networking/announcing-private-network-solutions-on-google-distributed-cloud-edge>
- [10] NTT East, "Provides managed local 5G service Gigaraku 5G," 2022. Available: <https://www.ntt-east.co.jp/release/>

- detail/20220301_01.html
- [11] GrapeOne, "Service Introduction" Available: <https://www.grapeone.co.jp/service/>
- [12] Acuver, "National local 5G map" Available: <https://5gmap.acuver.jp/index-graph-detail.php/>
- [13] *Study on Communication for Automation in Vertical Domains(CAV)*, TR 22.804, Jul. 2020.
- [14] 5G-Smart, "Deliverable D2.1: Design of 5G-based testbed for industrial robotics," 2020. Available: <https://5gsmart.eu/wp-content/uploads/5G-SMART-D2.1.pdf>
- [15] 5G-Smart, "D3.1: Report on industrial shop floor wireless infrastructure," 2019. Available: <https://5gsmart.eu/wp-content/uploads/5G-SMART-D3.1.pdf>
- [16] 5G-Smart, "D4.1: Report on design and installation of the 5G trial system in Reutlingen," 2020. Available: <https://5gsmart.eu/wp-content/uploads/5G-SMART-D4.1-v1.0.pdf>
- [17] Ministry of Science and ICT, "Local 5G policy," 2021. Available: <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3179846>
- [18] Ministry of Science and ICT, Korea Communications Agency, "Local 5G guideline," 2021. Available: <https://www.kca.kr/fileDownload.do?action=fileDown&mode=&boardId=NOTICE&seq=3485969&fileSn=1>
- [19] Ministry of Science and ICT, "Notice no. 2021-0895: Notice of local 5G spectrum allocation," 2021. Available: <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=123&mPid=122&bbsSeqNo=96&nttSeqNo=3179397>
- [20] T. W. Park, "Local 5G spectrum policy," *KIEES Spectrum Policy and New Radio Technology Workshop*, Seoul, Nov. 2021.
- [21] Radio Research Agency, "Notice no. 2021-34: Technical requirements for telecommunications business," 2021. Available: <https://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000212388>
- [22] The Economist Group, "Private 5G here and now: Perspectives on industry adoption," 2021. Available: <https://services.global.ntt/ja-jp/insights/private-5g-here-and-now>
- [23] Y. W. Yoon, S. H. Jeong, and S. J. Kim, "Radio access technology for local 5G service," *TTA Journal*, vol. 194, pp. 40-51, Mar. 2021.
- [24] M. K. Shin, J. H. Seong, S. H. Lee, and Y. H. Kang, "Network technology for local 5G service," *TTA Journal*, vol. 194, pp. 52-61, Mar. 2021.
- [25] 3GPP, "Release 17." Available: <https://www.3gpp.org/release-17>
- [26] Ministry of SMEs and Startups, "Introduction of smart factory" Available: <https://www.smart-factory.kr/smartFactoryIntro>
- [27] 5G-Smart, "D1.2: Analysis of business value creation enabled by 5G for manufacturing industries," 2021. Available: <https://5gsmart.eu/wp-content/uploads/5G-SMART-D1.2-v1.0.pdf>

이 상 윤 [한국방송통신전파진흥원/팀장]

<https://orcid.org/0000-0003-3018-5918>



2000년 2월: 홍익대학교 전파공학과 (공학사)

2002년 2월: 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 (공학석사)

2002년 3월~2006년 9월: LG전자 MC사업부 선임연구원

2006년 9월~현재: 한국방송통신전파진흥원

원 책임연구원

2013년 6월~현재: 한국 ITU 연구위원회 ITU-R SG5 연구위원
[주 관심분야] 주파수 정책, 스펙트럼 공학, 주파수 이용현황 조사·평가, 재난안전통신, 이음5G, 국제 표준화 등