

5G 버티컬 서비스를 위한 주파수 이용방안과 정책적 시사점*

이 상 윤**

5G 이동통신 기술은 초고속, 초저지연, 초연결을 특징으로 하여, 기존 이동통신과 같은 서비스뿐 아니라 제조, 물류, 의료 등 다양한 버티컬 산업분야에서 5G 기술 활용이 예상되고 있다. 특정 이용자를 대상으로 서비스를 제공하는 자가망은 인더스트리 4.0 시대의 도래와 함께 5G 버티컬 서비스 활성화를 위한 필수 요소로 인식되고 있다. 최근에는 산업 분야의 자가망 서비스에서 요구하는 성능 수준을 만족시키기 위한 새로운 기술개발과 표준화가 진행되고 있으며, 동시에 효율적인 자가망 구축을 위한 방안으로서 공중 이동통신망을 활용하는 방식부터 독립형 망을 구축하는 방식까지 다양한 네트워크 구축 모델이 검토되고 있다. 무선 서비스 제공을 위한 필수 자원인 주파수를 이용하는 방안도 네트워크 구축 모델에 따라 다양한 방식을 검토할 수 있으며, 5G 버티컬 서비스를 위한 자가망 이용이 활성화되기 위해서는 이용자가 다양한 방식으로 주파수를 이용할 수 있도록 주파수 이용방식의 선택의 폭을 확대할 필요가 있다. 이를 위한 구체적 방안으로서 다양한 주파수 이용방식 별로 현행 제도적 한계점과 개선방안을 제안한다.

목 차

I. 서론 / 2

II. 자가망 구현을 위한 핵심기술 동향 / 3

1. 네트워크 슬라이싱(Network Slicing) / 4
2. 시민감 네트워크(TSN)와의 결합 / 5
3. 신뢰성 향상을 위한 5G CoMP 활용 / 5
4. 비면허 주파수 이용 5G 기술(NR-U) / 6

III. 자가 네트워크 구축 모델 / 7

1. 독립형(standalone) 모델 / 7
2. 무선접속망(RAN: Radio Access Network) 공유 모델 / 7

3. 무선접속망(RAN) 및 제어기능(control plane) 공유 모델 / 8

4. 공중 이동통신망 활용 모델 / 8

IV. 자가망 주파수 이용방식 / 9

1. 자가(지역) 면허 / 10
2. 사업자 면허 부분 임대 / 12
3. 비면허(단독모드) / 13
4. 면허-비면허 연계(LAA) / 14
5. 통신사업자 면허 / 14

V. 주파수 정책적 시사점 / 16

* 본 고의 내용은 저자의 개인적인 의견이며, 한국방송통신진흥원의 공식적인 의견이 아님을 밝힙니다.

** 한국방송통신전파진흥원 전파자원관리단 책임연구원, 061)350-1472, sylee76@kca.kr

I. 서론

5G 이동통신 기술은 초고속, 초저지연, 초연결을 특징으로 하여, 기존 이동통신과 같은 B2C 형태의 서비스뿐만 아니라 제조, 물류, 의료 등 다양한 산업분야를 대상으로 B2B 서비스를 제공하는데 활용될 수 있다. 산업분야를 대상으로 제공하는 5G 서비스를 5G 버티컬(vertical) 서비스라고 하는데, 일반적으로 기존 수직 계열화된 산업 분야에 5G의 기능을 적용하여 특화된 서비스를 제공하는 것으로 정의된다(김희천(2019)). 5G 시대에서는 5G 버티컬 서비스로부터 막대한 경제적, 사회적 가치가 창출될 것으로 전망되고 있다¹⁾. 이러한 5G 버티컬 서비스는 가용성, 신뢰성, 상호연동성, 서비스의 질, 보안성 측면에서 높은 성능 수준을 요구하며, 응용 목적에 따라 요구수준이 상이한 특성이 있어, 이러한 요구사항을 효과적으로 만족하기 위해 자가망을 이용하는 방안이 검토되고 있다(Ericsson(2019), Deloitte(2019)). 5G ACIA(2019)는 자가망(non-public network 또는 private network²⁾)을 특정 이용자 조직 또는 조직의 그룹을 대상으로 제공되며, 해당 조직의 정의된 토지 또는 건물(예: 캠퍼스, 공장)에 구축되는 망으로 정의한다. 특정 이용자를 대상으로 하는 통신망이라는 점에서 자가망은 새로 나타난 개념이 아니라 1970년대 전화망을 위한 구내교환시스템(PABX)부터 최근 LTE를 재난안전통신 용도로 활용하기 위한 PS-LTE에 이르기까지 지속적으로 활용되고 있었고, 5G에 이르러 활용 범위가 산업분야로 확대되었다고 볼 수 있다. 특히 5G 버티컬 서비스를 위한 자가망은 인더스트리 4.0 시대의 도래와 함께 산업 경쟁력 확보를 위한 필수적인 요소로 인식되고 있으며, 관련 시장도 급속하게 성장할 것으로 전망되고 있다(McKinsey & Company(2020)).

자가망의 구축과 운용은 공중 이동통신망과 독립적으로 이루어질 수도 있지만, 망 구축

1) KT경제경영연구소는 10개 산업분야에서 2030년까지 약 47.8조원의 사회경제적 가치 유발 전망 (KT 경제경영연구소(2018))

2) Non-public network에 해당하는 네트워크를 문헌에 따라 private network로 표현하기도 하는데, 3GPP의 경우 private network를 공중 이동통신망과 상호작용 없이 단독적으로 구축된 망으로 정의하여 Non-public network와 구분한다(3GPP(2018), 3GPP(2019)).

과 운용의 효율성 측면에서 공중 이동통신망의 자원과 기능을 일정 부분 활용하는 것이 유리할 수 있다. 따라서 버티컬 서비스를 위한 자가망은 독립형 망을 이용하는 방식에서 공중 이동통신망을 활용하는 방식까지 다양한 네트워크 구축 방식이 고려될 수 있다. 예를 들어 이동통신망의 네트워크 슬라이싱 기술을 통해 가상으로 자가망을 구축하거나, 독일, 영국, 일본 등의 일부 국가에서와 같이 국제적으로 조화된 5G 주파수 대역에서 산업체 이용자가 주파수 면허를 받아 직접 독립형 망을 구축·운용하는 것도 가능하다. 따라서 5G 버티컬 서비스를 활성화하기 위해서는 특정한 망 구축·운용 방식만을 허용하는 것이 아니라 다양한 망 구축 모델 중에서 이용자에게 적합한 모델을 선택할 수 있도록 하는 것이 필요하고, 이를 위해서는 무엇보다도 다양한 방식으로 주파수를 이용할 수 있도록 선택의 폭을 확대하는 것이 필요하다고 할 수 있다. 본고에서는 5G 버티컬 서비스를 가능하게 하는 최근 기술 발전 동향을 살펴보고, 자가망 구축을 위한 네트워크 구축 모델과 각 모델별로 적합한 주파수 이용방식을 도출한다. 마지막으로 정책적 시사점으로서 주파수 이용방식별로 현행 제도의 한계점을 도출하고 이를 개선하여 산업분야의 주파수 활용을 촉진할 수 있는 개선방안을 제안한다.

II. 자가망 구현을 위한 핵심기술 동향

버티컬 서비스는 응용 서비스에 따라 높은 수준의 성능을 요구한다. 예를 들어 Motion Control의 경우는 99.9999% 이상의 신뢰성과 0.5~2ms의 지연성을 요구한다. 반면에 가상현실과 같은 경우 1000 Mbps의 고속 전송을 요구한다. 이러한 높은 요구사항을 만족시키기 위한 새로운 기술의 개발과 표준화가 이루어지고 있으며, 대표적인 기술로는 네트워크 슬라이싱, 시민감 네트워크(TSN)와 5G와의 결합, 신뢰성 개선을 위한 5G CoMP, 비면허 주파수 이용 5G 기술(NR-U) 등을 들 수 있다(Heavy Reading(2019)).

〈표 1〉 응용에 따른 요구 성능 예시

구분	응용	신뢰성	지연(ms)	데이터율(Mbps)	확장성(node)
일반 산업 응용	모니터링	≥99.9%	50~100	0.1~0.5	100~1000
	안전 제어	≥99.999%	5~10	0.5~1	10~20
	폐루프 제어	≥99.999%	2~10	1~5	100~150
	운동 제어	≥99.9999%	0.5~2	1~5	10~50
신규 산업 응용	모바일 작업장	≥99.999%	5~10	10~50	50~100
	강화 현실	≥99.99%	5~10	500~1000	10~20
	원격 유지보수	≥99.99%	20~50	1~2	500~1000
	원격 운용	≥99.999%	2~10	100~200	1~5

자료: A. Aijaz(2020)

1. 네트워크 슬라이싱(Network Slicing)

네트워크 슬라이싱은 공통 물리적 네트워크를 응용 서비스별 요구사항에 적합하도록 논리적 네트워크로 분할하는 것을 의미한다. 요구하는 서비스의 질(QoS)이 상이한 여러 응용 서비스를 제공하는 경우, 네트워크 슬라이싱 기술을 통해 각 응용 서비스별 개별 네트워크 구축 없이 하나의 물리적 네트워크로도 서비스 제공이 가능하게 된다. 예를 들어 광대역 전송이 필요한 Mobile Broadband 서비스, 다수의 기기와 연결이 필요한 Massive IoT 서비스, 매우 높은 신뢰성이 요구되는 Mission-critical IoT 서비스가 필요할 경우 각각의 서비스는 상이한 요구사항으로 인해 네트워크 구성이 상이할 수 있는데, 범용 장비를 기반으로 네트워크를 가상화하면 각 서비스를 지원하는 논리적 네트워크(슬라이스)를 구현할 수 있게 된다. 네트워크 슬라이싱 기술은 기존 이동통신 사업자가 구축된 네트워크를 활용하여 버티컬 서비스를 제공하는데 활용할 수 있으며, 이미 일부 사업자는 기업고객을 대상으로 네트워크 슬라이싱을 통한 자가망 서비스를 제공하고 있다 (Vodafone(2019), 《조선비즈》, (2020. 7. 14)).

2. 시민감 네트워크(TSN)와의 결합

시민감 네트워크(TSN: Time Sensitive Networking)는 산업 분야 통신망 활용을 목적으로 기존 이더넷(Ethernet) 표준을 기반으로 보안성, 신뢰성, 실시간성을 개선한 표준 방식으로, IEEE 802.1 작업그룹에서 표준화를 진행 중이다.³⁾ 표준화된 TSN 방식을 통해 현재 산업현장에서 상호 호환되지 않는 개별 방식의 통신망을 이용하는데 따른 비효율성을 개선할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 그러나 무인운반차(AGV), 유연생산라인 등 향후 제조 환경 변화에 대응하기 위해서는 유선 기반의 TSN과 무선통신망과의 결합이 필수적이다. 이를 위해 지난 7월에 완료된 3GPP Release 16 표준에서는 5G 무선망과 TSN을 결합할 수 있는 TSN 어댑터(adapter)를 정의하였다. TSN 어댑터는 이더넷 프레임의 헤더를 압축 헤더(compressed header)로 변환하여 TSN 시스템 설정(configuration)을 5G QoS 체계로 전환시키고, TSN에서 요구하는 정밀한 시간동기를 5G망에서도 구현할 수 있도록 한다.

3. 신뢰성 향상을 위한 5G CoMP 활용

버티컬 서비스 응용에 따라 최대 99.9999%의 신뢰성과 밀리초(millisecond) 이하의 지연성능 등 기존의 무선통신 방식으로는 달성하기 어려운 성능 수준을 요구하는 경우가 있다. 그러나 실제 산업현장은 복잡한 구조물로 인해 전파 음영지역이 발생하기 쉬운 환경으로 현장의 이동단말(로봇, AGV 등)과의 무선연결 신뢰성 확보가 어렵다고 할 수 있다. 현재 5G 표준에서는 무선 연결의 신뢰성을 향상하기 위해 공간 다이버시티(spatial diversity)와 CoMP(Coordinated Multi-Point) 기술을 적용하는 방안이 고려되고 있다. 즉 현장에 다수의 무선 송수신점(TRP: Transmission Reception Point)을 설치하여 다수의 전파경로를 구성해 전파 음영지역을 최소화하고(공간 다이버시티), 이동통신망에서

3) TSN상용화를 위한 표준은 2021년 중반 완성 예정이며, 2022년부터 실제 산업현장에 적용될 것으로 전망되고 있다(《Techworld news》, (2020. 4. 10.)).

셀간 경계지역에서 발생하는 간섭을 경감시키는 기술인 CoMP를 적용하여 다수의 송수신 점 이용에 의해 발생하는 간섭을 최소화할 수 있게 된다.

4. 비면허 주파수 이용 5G 기술(NR-U)

비면허 주파수는 면허를 받을 필요가 없고 무료로 사용할 수 있어, 광대역폭을 요구하는 응용 서비스를 제공하고자 하는 경우 추가적인 주파수 자원 확보의 부담 없이 서비스 제공이 가능하다는 장점이 있다. 이동통신 기술로 비면허 주파수 대역을 이용하는 것은 4G 이동통신 표준인 3GPP Release 13 부터 LTE-LAA(License Assisted Access)라는 방식으로 도입된 바 있다. 그러나 이 방식은 이동통신사업자의 면허 주파수를 제어 용도로 활용하면서 데이터 트래픽만 비면허 대역을 이용하는 방식으로서, 주로 이동통신망의 데이터 트래픽을 비면허 대역으로 분산하는 목적으로 활용되었다. 5G 표준인 3GPP Release 16에서도 비면허 대역에서 5G 이동통신 기술을 사용할 수 있는 NR-U(New Radio-Unlicensed) 방식이 도입되었는데, NR-U는 LTE-LAA과 같이 면허 대역과 비면허 대역을 동시에 사용하는 LAA NR-U 방식뿐만 아니라 통신사업자의 네트워크와 면허 주파수에 의존하지 않고 비면허 주파수만으로 독립형 네트워크를 구성할 수 있는 standalone NR-U 방식이 추가되었다. 따라서 standalone NR-U를 사용하면 산업체가 이동통신 사업자에게 의존하거나, 별도 주파수 허가를 받지 않고도 자가 5G 망을 구축하는 것이 가능하다. 또한 NR-U에서는 비면허 대역에서 다수 이용자간 공존이 효율적으로 이루어지도록 하는 동기 모드가 제공되어 저지연 성능을 개선하고 CoMP와의 원활한 연동을 통해 가용성을 개선하는 등 버티컬 서비스의 요구사항을 충족시킬 수 있는 여건이 개선되었다고 할 수 있다.

Ⅲ. 자가 네트워크 구축 모델

5G ACIA(2019)⁴⁾는 산업분야 활용을 목적으로 5G 기반의 자가망을 구축하는 방법으로 공중 이동통신망과 네트워크 자원을 공유하는 정도에 따라 4가지의 네트워크 구축 모델을 제시하고 있다.

1. 독립형(standalone) 모델

공중 이동통신망과 독립된 네트워크를 구성하는 방식이다. 따라서 모든 데이터 흐름과 사용자 영역(user plane)⁵⁾, 제어 영역(control plane)⁶⁾의 네트워크 기능이 이용자의 사업장(공장, 창고 등) 내에서만 이루어진다. 만약 공중 이동통신망과의 연동이 필요한 경우 방화벽을 통한 연동도 가능하다. 독립형 모델에서도 무선접속망(RAN)과 코어망(5GC)의 구축 위치(로컬 또는 원격)에 따라 다양한 구축 모델이 고려될 수 있다(A. Rostami(2019)).

2. 무선접속망(RAN: Radio Access Network) 공유 모델

네트워크 자원 중 무선접속망(기지국, 주파수)을 공중 이동통신망과 공유하는 방식이다. 코어망과 같은 다른 네트워크는 개별적으로 구축하므로 모든 데이터 흐름은 독립형 모델과 같이 사업장 내에서 이루어지고 독립적인 망 운영이 가능하지만, 이동통신망 사업자와의 협약이 필요하다. 여기서 고려할 수 있는 RAN 공유방식으로는 MORAN(Multi-Operator Radio Access Network)과 MOCN(Multi-Operator Core Network)이 있다.

4) 5G-ACIA(5G Alliance for Connected Industries and Automation)는 5G 기술을 산업 분야에 적용하는데 필요한 기술, 규제, 비즈니스 측면의 문제를 해결하기 위해 산업분야와 ICT분야 업체, 학계 등으로 구성된 단체

5) 네트워크 개체들 간 음성 또는 데이터가 전달되는 평면으로 5G NF(network function) 중 UPF(user plan function)를 처리한다(정보통신기술협회(2020)).

6) 네트워크에서 통신 연결을 설정하고 유지하며 해제하는 것을 제어하는 신호가 흘러 다니는 개념적인 평면으로, 5G NF(network function) 중 AMF(access and mobility management function)과 SMF(session management function)를 처리한다(정보통신기술협회(2020)).

두 방식 모두 기지국을 공유하지만 주파수 이용방식에서 차이가 있는데, MORAN에서는 별도의 주파수 대역을 사용하지만 MOCN은 동일한 주파수 대역을 사용한다⁷⁾. 국내의 경우 재난망, 철도망, 해상망이 700MHz대역을 공동사용하기 위해 MOCN방식을 사용을 고려하고 있다(김동찬(2019)).

3. 무선접속망(RAN) 및 제어기능(control plane) 공유 모델

무선접속망과 네트워크 기능 중 제어영역 기능을 공중 이동통신망과 공유하는 방식이다. 따라서 사용자 데이터는 사업장 내에 존재하지만 네트워크 제어 기능은 이동통신망 사업자가 수행한다. 이 모델은 논리적으로 독립된 망을 구현하는 네트워크 슬라이싱 또는 트래픽 전달을 특정 네트워크로 제한하는 방식(APN: Access Point Name)으로 구현할 수 있다.⁸⁾ 네트워크 슬라이싱으로 구현할 경우 DU, 사용자 영역 코어 등이 에지 클라우드 사업장에 구축되고 제어 영역 코어는 공중 이동통신망의 코어 클라우드를 활용하는 방식을 고려할 수 있다(Netmanias(2015)).

4. 공중 이동통신망 활용 모델

무선접속망과 네트워크 기능을 모두 공중 이동통신 사업자와 공유하는 방식이다. 따라서 자가망 이용자는 실질적으로 이동통신망 가입자라고 할 수 있으며, 자가망 사용자 데이터 흐름은 공중 이동통신망에서 이루어지므로 이동통신망과의 연동이 쉬운 특징이 있다. 자가망 이용자에 대한 원활한 서비스 제공을 위해서 네트워크 슬라이싱 기술을 사용하거나 APN 기능을 사용할 수 있다.

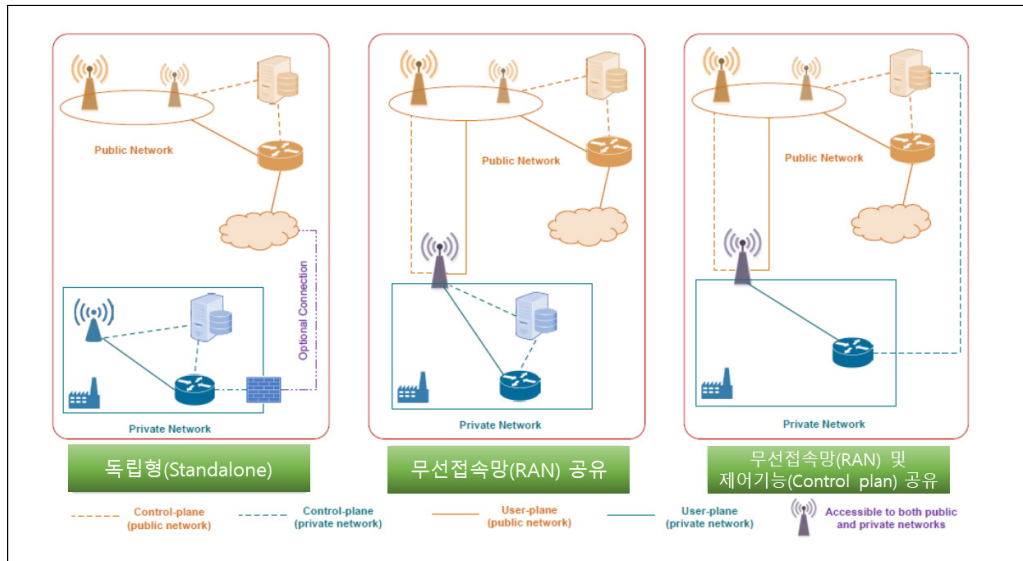
각 네트워크 구축 모델은 서비스 특성(기기 연결성, 서비스의 질, 운영관리, 보안)에 따

7) MOCN에서는 동일한 주파수 대역을 사용하므로, PLMN(Public Land Mobile Network)을 통해 이 용자가 공중 이동통신망 가입자인지, 자가망 사용자인지를 구별한다.

8) RAN과 제어영역을 공유하는 방식에서 제어 영역에는 무선자원(주파수, 시간, 공간)을 할당하는 기능도 포함되므로, RAN 공유 방식으로는 기지국과 주파수를 모두 공유하는 MOCN방식이 적합할 것이다.

라 지원 가능 수준에 차이가 있어, 자가망을 통해 제공하고자 하는 서비스에 따라 적합한 네트워크 구축 모델을 선택할 수 있다(5G ACIA(2019)).

[그림 1] 5G-ACIA의 자가 네트워크 구축 모델



자료: A. Aijaz(2020) 재구성

IV. 자가망 주파수 이용방식

주파수 이용 방식은 크게 허가를 받고 사용하는 면허방식과 허가 없이 사용하는 비면허 방식⁹⁾으로 구분된다. 면허방식은 면허 주체가 기간통신사업자 등인 사업자 면허(국내의 경우 ‘할당’에 해당)와 그 외 일반 시설자인 자가 면허(국내의 경우 ‘지정’에 해당)로 구분될 수 있다. 사업자 면허를 이용하고자 하는 경우 해당 사업자로부터 통신서비스를 제공받거나 주파수를 임대하는 방식도 고려할 수 있다. 비면허 방식의 경우 무선기기(국내의 경우 ‘신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비’에 해당)의 기술기준 적합성

9) 비면허방식의 경우 ‘신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비’를 이용하는 방식에 해당한다.

인증만으로 주파수 관련 허가 없이 주파수를 이용하는 방식이다. 비면허 대역 이용 방식은 면허대역과의 연동여부에 따라 면허 연동형과 독립형으로 구분할 수 있다.

1. 자가(지역10) 면허

기존 자가 주파수 이용방식과 마찬가지로 시설자가 개별적으로 면허를 받아 이용하는 방식이다. 대부분의 국가에서 선착순(first come, first serve) 방식으로 공급되며, 규제기관이 정한 주파수 이용 대가를 지불하도록 하고 있다. 규제기관이 간섭 조정 결과에 따라 배타적 이용 권리를 부여하므로 타 이용자로 인한 혼간섭 발생 가능성이 낮고, 비면허 대역에서와 같이 복수의 이용자가 주파수 자원을 공유함에 따라 발생할 수 있는 성능저하 우려가 없다는 장점이 있다. 또한 자가 면허를 통해 독립형 망을 구축할 경우 공중 이동통신 사업자의 개입 없이 시설자가 원하는 기능과 성능을 구현할 수 있어 망 구축·운영 측면에서 시설자의 자유도가 크다는 장점이 있다. 또한 시설자의 설비에서 발생하는 데이터가 외부 망으로 유출될 우려가 없어 보안 측면에서도 유리한 장점이 있다. 그러나 면허 취득과 유지, 직접 망 구축운영에 따른 경제적, 시간적 비용이 소요된다는 단점이 있다.

해외 주요국은 '19년부터 5G 버티컬 서비스 활성화를 목적으로 산업 부문 시설자의 지역적 주파수 이용이 가능하도록 면허 제도를 개선하여 5G 기술 활용이 가능한 주파수 공급을 추진하고 있다. 먼저 독일의 경우 3.7~3.8 GHz의 100 MHz폭의 주파수를 공장 자동화, 농업 등에 활용할 수 있도록 Regional/Local 5G 주파수로 공급했다. 해당 면허는 규제기관(독일연방통신위원회(BnetzA))이 신청자격, 간섭 영향 등을 검토하여 부여한다.¹¹⁾ 일본은 '19. 12월에 28.2~28.3 GHz 대역에서 지역 5G 면허를 발급한 바 있으며, '20년에는 4.6~4.8 GHz와 28.3~29.1 GHz 대역으로 확대할 계획이다.¹²⁾ 영국은 제조,

10) 전국 단위의 이동통신 면허와 달리 지역 단위로 부여될 수 있다는 점에서 '지역(local) 면허'라는 표현이 사용되기도 한다. 그러나 자가 면허가 항상 지역 면허일 필요는 없다. 예를 들어 공공안전용 주파수의 경우 경찰, 소방 관련 기관이 사용하는 전국 단위의 자가 면허로 볼 수 있다.

11) Bosch, Siemens, Daimler 등 제조업체가 스마트 공장 구축 용도로 주파수 면허를 신청하였다.

12) 산업체(후지쯔, NEC 등), 통신사업자(NTT 동일본, 주피터 텔레콤 등), 위성·케이블 TV 업체, 도쿄도

물류, 농업, 헬스케어 등 다양한 산업 분야에서 5G 무선통신 기술과의 접목이 보다 손쉽게 이루어질 수 있도록 5G 이동통신 생태계 활용이 가능한 주파수 대역에서 공유접속면허(shared access license)를 부여하기로 하였다(Ofcom(2019)). 공유접속면허에는 저전력(low power) 면허와 중전력(mid power) 면허가 있는데, 특히 저전력 면허의 경우 반경 50m의 구역단위로 발급되며, 해당 구역 내에서는 별도의 무선국 허가 없이 자유로운 무선국 설치가 가능한 장점이 있다. 이동통신 할당 대역인 1.8 GHz / 2.3 GHz / 3.8-4.2 GHz / 하위 26 GHz 대역 등은 지역접속면허를 통해 지역적 공동사용이 가능하다.

〈표 2〉 주요국 자가(지역) 면허 주파수 확보공급 사례

국가	주요 내용
미국	'20. 1월, 3.5 GHz CBRSD대역 GAA 이용 시작, '20년 8월 PAL 면허 경매
독일	'19. 12월, 3700~3800 MHz 지역 5G 네트워크용 주파수 할당
영국	'19. 7월, 3800~4200 MHz, 24.25~26.5 GHz 대역 지역면허 할당
프랑스	'19, 9월, 2575~2615 MHz 대역 사업용 이용 발표
벨기에	'19, 12월, 3800~4200 MHz 대역 지역 자가망 확보계획 발표
네덜란드	'26년까지 3400~3450, 3750~3800 MHz 지역/자가망용 확보 계획
룩셈부르크	'19, 5월, 3700~3800 MHz 지역 응용 할당 검토
일본	'19. 12월, 28.2~28.3 GHz 대역 지역 5G 면허 발급, 향후 4.6~4.8 GHz, 28.3~29.1 GHz 확대 계획
홍콩	'19. 6월, 27.95~28.35 GHz 지역 무선광대역 이용계획 발표
말레이시아	'20. 1월, 26.5~28.1 GHz 지역/자가망 용도 할당계획 발표

자료: GSA(2020) 재구성

독일, 영국, 일본 등 주요국에서 자가 면허 방식의 주파수 공급을 추진하고 있지만, 일부 이동통신 사업자는 자가망 시장 규모가 작아 생태계 활성화가 어렵고, 파편화된 주파수 이용으로 주파수 낭비를 초래할 수 있다는 점을 들어 반대하고 있다(Heavy Reading (2019)). 특히 Vodafone(2019)은 별도의 주파수 대역을 자가망 용도로 공급하는 것이 산업 정책 측면과 주파수 정책 측면에서 모두 정당화되기 어렵다고 주장한다. 즉 현행 주

(都), 도쿄대학 등이 주파수 면허를 신청하였다.

파수 이용체계로도 산업계의 요구사항(혁신성, 규모, 보안성, 커버리지 등)을 만족시킬 수 있으며, 현행 시장기반 공급방식이 자가망 용도로 부적절하다거나, 현행 면허 방식을 대체할 수 있는 저비용의 대안이 존재한다는 근거가 없다는 입장이다.

2. 사업자 면허 부분 임대

이동통신 사업자의 전국 면허 주파수 대역에서 일부 주파수 또는 일부 지역에 대한 이용 권리를 일정 기간동안 임대하는 방식이다. 이용자는 별도의 주파수 면허 없이 생태계가 잘 구축된 주파수 대역에서 자가망을 구축할 수 있으며, 사업자도 매출 발생이 저조한 지역에서 수익을 발생시킬 수 있다는 장점이 있다. 그러나 장기간 이용시 임대료 비용이 증가할 수 있고, 자가 면허와 마찬가지로 직접 망 구축·운영에 따른 경제적, 시간적 비용이 소요된다는 단점이 있다. 주파수 임대 제도는 2차 시장을 통해 주파수 이용효율을 개선할 수 있는 방법으로 주요국에서 도입하고 있으나, 거래에 소요되는 거래비용(시간, 노력 등)이 과다한 문제 등으로 활성화되지 못하고 무전기 등 일부 용도에 제한적으로 적용되었다(M. Cave, W. Webb (2019)). 영국도 마찬가지로 주파수 임대가 활성화된 상황은 아니었고 특히 이동통신용 주파수의 임대는 불허하고 있었으나, 최근 지역접속면허 제도를 도입하면서 이동통신용으로 기 할당된 대역에서도 미저이용 지역에서는 해당 사업자와의 합의를 통해 공동사용할 수 있도록 허용함으로써 사실상 이동통신 대역에 대한 주파수 임대가 가능하게 되었다(Ofcom(2019)). 이러한 조치에 따라 영국의 StrattoOpencell社의 경우 '19. 10월, Vodafone으로부터 2.6GHz대역을 임대하여 공중 이동통신 서비스 이용이 저조한 Cornwall지역을 대상으로 이동통신 서비스를 제공하는데 활용하고 있다(Vodafone(2019)).

3. 비면허(단독모드)

비면허 대역만을 이용하는 방식으로서, 비면허 5G 기술(NR-U)로 독립형 자가 네트워크를 구축하는 경우에 사용될 수 있다. 비면허로 이용하므로 면허 취득을 위한 경제적 부담이 없다는 장점이 있으나, 다른 이용자와 공평하게 주파수를 공유하여 사용해야 하는 특성으로 인해 경우에 따라 주파수 이용 기회가 제한될 수 있고 이로 인해 서비스의 질(전송용량, 지연성능)을 확보하기 어려울 수 있다. 또한 비면허 기술은 간섭 보호를 위해 대부분 출력을 낮은 수준으로 제한하고 있어 넓은 커버리지 확보가 어려운 단점이 있다. 따라서 실시간성을 요구하지 않거나, 일부 데이터 유실이 용인되는 응용 등을 목적으로 하는 경우에 대해서만 제한적으로 비면허 주파수 단독 이용을 고려할 수 있을 것이다. 그러나 최근 6 GHz 대역에서 1,200 MHz폭(유럽은 6 GHz 대역 하위 500 MHz 폭)의 신규 비면허 주파수가 추가 공급되는 추세에 있어 가용 주파수폭이 확대되고 있고(FCC(2020), Ofcom(2020)), 지연성능 개선을 위한 동기식(synchronous¹³) 전송 방식이 표준에 반영되어 비면허 대역 이용에 따른 서비스의 질 저하 우려는 다소간 해결될 가능성이 있는 것으로 판단된다. 또한 향후 DB접속 방식 기반의 간섭 회피 기능을 적용하여 출력 전력을 상향할 수 있게 된다면¹⁴, 서비스 커버리지 확장이 가능해 응용 범위도 다양화할 수 있을 것으로 전망된다. 현행 비면허 주파수 기술기준으로 단독형 망을 구축하더라도, 사용 범위가 공장, 창고와 같이 차폐된 공간으로 한정된 경우라면 타이용자와 주파수를 공유할 가능성이 낮아 성능 저하 우려 없이 활용 가능할 것이다.

13) NR-U에서는 기존 Wi-Fi와 같은 LBT(listen before talk)방식 기반의 비동기 모드(asynchronous)와 함께 동기 모드(synchronous)도 지원하는데, 동기 모드에서는 다수의 이용자간 시간동기를 맞춰 저지연 성능을 개선하고 CoMP와의 연동이 원활해 가용도를 높일 수 있는 장점이 있다(Heavy Reading(2019)).

14) 미국의 경우 표준출력(standard power) 기준으로 4W EIRP까지 허용하고 있다.

4. 면허-비면허 연계(LAA)

이 방식은 자가 또는 이동통신 사업자의 면허 주파수를 이용하는 시설자가 트래픽 용량 확대를 목적으로 면허 대역과 연계하여 비면허 대역을 사용하는 방식이다. 배타적 이용 권리가 보장되는 면허 주파수는 제어용도로 사용하고, 대역폭 확장이 자유로운 비면허 대역은 트래픽 전송 용도로 활용하는 방식이다. 따라서 면허 주파수와 비면허 주파수의 단점을 보완할 수 있는 장점이 있다. 그러나 면허 대역과 비면허 대역을 동시에 처리할 수 있는 장비를 사용해야 하므로 망 구축 비용이 다소 증가할 수 있다.

5. 통신사업자 면허

이동통신 사업자가 할당받은 주파수를 사용하는 방식으로, 일반적으로 네트워크 슬라이싱을 통해 이용자가 원하는 수준의 서비스를 보장받을 수 있게 된다. 이동통신망을 이용하기 때문에 자가망으로 서비스를 제공하고자 하는 지역이 광범위하거나, 이동통신망 가입자와의 연동이 빈번한 경우라면, 자가 면허를 획득하여 자가망을 구축하는 것 보다 이동통신사업자의 면허 주파수 대역과 전국 망을 활용하는 것이 비용 효율적일 것이다. 그러나 망 운영을 전적으로 이동통신 사업자에게 의존하기 때문에 자가망 이용자의 요구 사항을 완전히 반영하는 것이 어려울 수 있고, 공중 이동통신 망에 장애가 발생할 경우 자가망에도 영향을 미칠 수 있다는 단점이 있다. 이동통신 사업자 주파수를 사용하여 자가망을 구축한 사례는 아래 표와 같다.

〈표 3〉 통신사업자 면허 주파수를 활용한 자가망 서비스 제공 사례

국가	이용업체	분야	서비스 내용
독일	e.GO	제조	네트워크 슬라이싱을 전기차 제조 공정
이탈리아	ABB	제조	3D비전 활용 공정분석 등 공장 자동화
네덜란드	Shell	제조	공장 유지보수를 위한 로봇감시, 원격 제어 등
오스트리아	빈 국제공항	운송	네트워크 슬라이싱을 공항 안전관리

국가	이용업체	분야	서비스 내용
독일	독일축구리그(DFL)	스포츠	볼프부르크 경기장 관중 대상 경기 데이터, AR 서비스 등 제공
스웨덴	Boliden	광업	네트워크 슬라이싱 활용 원격지 제어
핀란드	Finnavia	운송	공항 안전, 고객 서비스 로봇(Tellu)
영국	NBEC	연구개발	5G 네트워크 기반 비가시권 드론 제어
에스토니아	Ericsson	제조	자율운반차, AR, 환경감시 등
핀란드	Steveco	운송	LTE 자가 망을 통해 항만 업무 자동화
스페인	Emilio Moro	농업	협대역 IoT를 통한 스마트 와인 양조장

자료: Vodafone(2019) 재구성

앞서 살펴본 네트워크 구축 모델에 따라 해당 모델별로 적합한 주파수 이용방식을 정리하면 <표 4>와 같다. 먼저 독립형 모델의 경우 자가 주파수 면허를 취득하거나 사업자 면허 중 특정 지역 또는 주파수 대역을 일정기간 임대하여 사용하는 것을 고려할 수 있다. 비면허 대역을 이용하고자할 경우 면허 주파수를 활용하고 있다면 비면허 대역을 해당 주파수와 연동하여 사용하는 것이 가능하고, NR-U와 같은 기술을 사용하여 독립형 망을 구축할 수도 있다. 무선접속망 공유 모델 중 공중 이동통신망과 별도의 주파수를 사용하는 MORAN 방식의 경우 독립형과 같이 자가면허 대역을 이용하거나 사업자의 면허대역 중일 부분을 임대하여 사용하는 방안을 고려할 수 있다. 비면허 대역은 면허 대역과 연동하여 사용할 수 있다. MOCN 방식에서는 공중 이동통신 사업자의 주파수 대역을 공유하므로 사업자면허 대역을 사용하거나 면허대역과 비면허대역과 연동하는 방식을 고려할 수 있다. 무선접속망 및 제어기능 공유 모델과 공중 이동통신망 이용 모델도 MOCN 방식을 이용하는 무선접속망 공유 모델과 마찬가지로 공중 이동통신망을 활용하므로 주파수 이용 방식도 동일하다고 할 수 있다.

〈표 4〉 자기망 구축 모델에 따른 주파수 이용방식

구분		면허			비면허	
		자가 면허	사업자 면허임대	사업자 면허	면허연동형 (LAA)	독립형 (SA)
독립형		○	○		○	○
무선접속망 공유	MORAN	○	○		○	
	MOCN			○	○	
무선접속망(MOCN) 및 제어기능 공유				○	○	
공중 이동통신망 활용				○	○	

V. 주파수 정책적 시사점

세계 주요국에서 자국의 산업 경쟁력 강화 수단으로서 5G 기술과 버티컬 산업분야와의 결합을 적극적으로 추진하고 있는 점을 고려해, 국내에서도 국제적 흐름에 맞춰 다양한 산업분야와 이용자의 선호에 따라 주파수 이용방식 선택의 폭을 확대할 수 있도록 제도적 개선이 필요한 상황이라 할 수 있다. 자기망 구축모델에 따라 다양한 주파수 이용방식이 적용될 수 있음을 고려해 각 주파수 이용방식이 활성화될 수 있도록 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있다.

먼저 자기망 이용자가 독립형 자기망을 구축할 수 있도록 5G 기술 이용이 가능한 주파수 대역을 확보하고 동 대역에서 자가 면허 방식으로 주파수를 공급하는 방안을 고려할 필요가 있다. 5G 주파수 대역을 자가 면허 방식으로 공급할 경우 기존 이동통신 사업자의 사업영역과 충돌할 가능성이 있으며, 앞서 살펴본 바와 같이 일부 사업자는 이에 대해 반대하는 입장이다.¹⁵⁾ 그러나 버티컬 5G 서비스를 조속히 활성화하기 위해 다양한 망 구축, 주파수 이용 방식을 허용하는 차원에서, 기존 이동통신 사업자 주파수를 사용함과 동시에 자가 면허 방식의 주파수 이용을 허용하는 방안도 동시에 고려할 필요가 있다.

15) 이용자가 직접 독립형의 자기망을 구축·운영하더라도 실제 구축·운영은 이동통신사업자가 위탁받아 수행하는 방식도 가능하므로 이동통신사업자의 이해와 상충하지 않을 수 있다(Kearney(2020)).

이동통신 주파수 대역의 경우 5G 장비 생태계 활용이 가능한 장점이 있으나 인구밀도가 낮거나 격오지에서는 주파수 이용이 저조한 경우가 있다. 그러나 산업·생산 시설은 대도시 외곽지역에 위치한 경우가 있어 버티컬 서비스 주파수 수요는 해당 지역에서 발생할 가능성이 있다. 따라서 저이용 지역에서 이동통신 주파수를 산업 용도로 활용할 수 있도록 주파수 임대를 허용하는 방안을 검토할 필요가 있다. 현행 국내 전파법에서는 할당 주파수를 임대할 수 있는 근거 조항은 있으나, 할당 주파수의 활용 용도가 기간통신사업, 종합유선방송사업, 전송망사업으로 제한되어 있어 다양한 버티컬 산업 분야 이용자가 주파수를 임차하는 것이 불가능한 상황이다. 따라서 임대 주파수를 기존 할당 주파수 용도 이외의 용도로도 사용할 수 있도록 임대의 용도와 이용자 자격 요건을 완화하는 방안도 검토할 필요가 있다. 또한 이동통신 주파수를 일정 기간 동안 공동 사용할 수 있도록 하여 사실상 임대할 수 있도록 한 영국의 지역접속면허(local access licence)와 같이, 할당 주파수 면허권자와 협의만 되면 간소한 승인 절차만으로 면허를 받을 수 있도록 하는 방안도 검토할 필요가 있다.

비면허 주파수는 활용 용도를 확장할 수 있도록 주파수 공급을 확대하고 출력제한을 완화할 필요가 있다. 비면허 대역은 비면허 대역만으로 단독 망을 구축할 수 있을 뿐만 아니라 면허 대역과 연계하여 활용하는 다양한 방식이 개발되고 있어 향후 활용이 확대될 것으로 전망된다. 이러한 측면에서 최근 국내에서 6 GHz 대역을 비면허 용도로 개방한 바 있으나¹⁶⁾, 광대역 이용이 가능하도록 개방 대역폭을 확대하고, 중장거리 응용에 활용될 수 있도록 출력 전력도 지속적으로 상향하는 등 비면허 주파수 이용여건을 지속적으로 개선할 필요가 있다. 특히 출력 상향에 따른 간섭 영향이 없도록 중장기적으로는 미국이 6 GHz 대역에 적용하도록 하고 있는 AFC(automated frequency coordination)와 같은 DSA(dynamic spectrum access) 기반의 간섭 회피기술 개발·적용하는 것이 필요하다(FCC(2020)).

16) 과학기술정보통신부 공고 제2020-384호, 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 일부개정안 행정예고, 2020년 6월 26일.

마지막으로 지역 기반의 자가 주파수 이용이 수요가 증가할 경우 통신사업자가 특정 지역 산업체를 대상으로 산업용 5G 서비스를 제공하는 것이 효율적일 수 있다. 이러한 서비스는 기존 이동통신서비스 사업자가 제공하거나, 기업용 통신서비스 제공을 전문으로 하는 사업자가 등장할 수도 있을 것이다. 따라서 주파수 할당방식을 현행과 같이 전국 서비스 제공을 전제로 배타적 이용권을 부여하는 방식이 아닌 지역 기반 서비스를 제공할 수 있는 방식으로 범위를 확장하는 방안도 검토가 필요할 것이다.

〈참고문헌〉

국내문헌

김동찬(2019), “통합공공망 주파수 공유 및 상호연동 요구사항”, TTA Journal, vol. 181, pp. 60-69, 2019년 1월.

김희천(2019), “5G 버티컬 시장 동향과 주파수 정책적 시사점”, KISDI Premium Report, 2019년 11월.

정보통신기술협회(2020), 정보통신용어사전. <http://terms.tta.or.kr/main.do>

KT경제경영연구소(2018), “5G의 사회경제적 파급효과 분석”, 2018년 7월.

Netmanias(2015), “5G 핵심기술 - E2E Network Slicing”.

<https://www.netmanias.com/ko/post/blog/8292/5g-data-center-iot-network-slicing-sdn-nfv/5g-and-e2e-network-slicing>

M. Cave, W. Webb (2019). 스펙트럼 관리(이상윤 옮김). 흥릉과학출판사.

《조선비즈》, (2020. 7. 14), “KT, ‘5G 기업망 슬라이스’ 개발 완료”.

《Techworld news》, (2020. 4. 10.) “차세대 산업용 네트워크 통합 표준, TSN”.

해외문헌

3GPP(2018), 3GPP TS 22.261 version 15.5.0 Release 15 (2018-07): Service

- requirements for next generation new services and markets.
- 3GPP(2019), 3GPP TR 23.734 version 16.2.0 (2019-06): Study on enhancement of 5G System (5GS) for vertical and Local Area Network (LAN) services.
- 5G ACIA(2019), “5G Non-public networks for industrial scenarios”, Jul. 2019.
- A. Aijaz(2020), “Private 5G: The future of industrial wireless”, to be published in *IEEE Industrial Electronics Magazine*.
- A. Rostami(2019), “Private 5G networks for vertical industries: deployment and operation modelss”, *Proceeding of 2019 IEEE 2nd 5G World Forum (5GWF)*, Dresden, Germany, 2019, pp. 433-439.
- Deloitte(2019), “Private 5G networks”, *Deloitte Insights: Technology, media, and telecommunications predictions 2020*, pp. 30~44, 2019.
- Ericsson(2019), “Critical capabilities for private 5G networks”, Dec. 2019.
- FCC(2020), Unlicensed Use of the 6 GHz Band; Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum Between 3.7 and 24 GHz (R&O and FNPRM), FCC-2-51, April, 2020.
- GSA(2020), “Private LTE & 5G network report, Feb. 2020.
- Heavy Reading(2019), “Private 5G mobile networks for industrial IoT” July, 2019.
- Kearney(2020), “The 5G network for private industrial use: hype or hope?” 2020.
- McKinsey & Company(2020), “The 5G era: New horizons for advanced electronics and industrial companies”, Jan. 2020.
- Ofcom(2019), “Enabling wireless innovation through local licensing: Shared access to spectrum supporting mobile technology (statement)”, July, 2019.
- Ofcom(2020), “Improving spectrum access for Wi-Fi: Spectrum use in the 5 GHz and 6 GHz bands (statement)”, July, 2020.
- Vodafone(2019), “An industrial 5G spectrum policy for europe”, Nov. 2019.