

5G 전송망을 위한 고정업무 주파수 이용동향과 시사점

이 상 윤*

초광대역, 초고신뢰성/저지연, 대규모 기기간통신으로 대변되는 5G 이동통신 서비스 구현을 위해 고밀집 스몰셀의 활용이 증가할 것으로 예상되고 있으며 이에 따른 전송망 수요도 증가할 것으로 전망된다. 전송망은 대용량 전송이 필요해 주로 광케이블이 이용되고 있으나 스몰셀 밀집도 증가에 따라 경제적이고 용이한 설치가 가능한 무선 전송망의 역할도 필요할 것으로 예상할 수 있으며 이를 위한 주파수 확보도 필요할 것으로 전망된다. 이에 ITU 등 국제기구, 미국, 영국 등 주요국은 고정업무용 주파수를 활용한 전송망용 주파수 확보방안을 검토하고 있다. 기존에 고정업무로 활용되고 있는 60 GHz 대역, 70/80 GHz 대역의 대역폭을 확대하거나 90 GHz 대역 및 100 GHz 이상 대역의 신규 분배를 검토하고 있으며, 최근 mm파 대역의 5G 이동통신용 신규 지정 시 유연한 주파수 활용을 위해 이동업무와 고정업무를 모두 허용하는 방안이 검토되고 있다. 이에 국내에서도 5G 상용화 진행에 따른 트래픽 증가 추세, 서비스 사업자 수요 등을 고려해 전송망용 주파수 활용을 위한 신규분배, 채널폭 확대, 기술기준개정, 이동/고정 용도 유연화 검토가 필요하다.

목차

- I. 서론 / 2
- II. 무선 전송망의 특징 / 3
 - 1. 이동통신 시스템의 전송망 / 3
 - 2. 무선 전송망 주파수 선택을 위한 고려사항 / 8
 - 3. 무선 전송망 기술발전 동향 / 10
- III. 해외 고정업무용 주파수 확보 동향 / 12

- 1. ITU-R / 12
- 2. 유럽(CEPT) / 14
- 3. 미국(FCC) / 16
- 4. 영국(Ofcom) / 18
- 5. 시사점 / 20
- IV. 결론 / 22

* 한국방송통신전파진흥원 전파자원개발팀 선임연구원, 061)350-1534, sylee76@kca.kr

I. 서론

'18년 6월에 mm파 대역인 28GHz 대역이 5G 주파수 대역으로 할당되어 '19년에 본격적인 서비스 제공이 예정되어 있다. 5G 서비스 시나리오는 크게 초광대역 통신 서비스(eMBB, enhanced mobile broadband), 초고신뢰성/저지연 통신 서비스(uRLLC, ultra-reliable & low latency communication), 그리고 대규모 기기간통신 서비스(mMTC, massive machine type communication)로 구분된다. 특히 eMBB의 경우 사용자당 100 Mbps에서 최대 20 Gbps의 데이터속도를 제공하는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 한정된 주파수 자원을 효율적으로 활용하는 다중안테나 기술(MIMO)과 서로 다른 주파수 대역을 동시에 사용하는 반송파 집성(carrier aggregation) 기술 등이 적용되고, 셀 밀집화(cell densification)를 통한 주파수 재사용은 더욱 가속화될 것으로 전망된다. 이러한 가입자 단말과 기지국간의 통신을 위한 무선접속망 트래픽의 비약적인 증가는 필연적으로 전송망, 즉 기지국과 코어망 사이 구간에서의 트래픽의 증가를 초래하게 된다.

이동통신망에서 전송망은 최종 사용자와 이동통신망과 접속하는 '무선접속망' 이외의 부분으로서, 네트워크 요소간의 정보전달을 위한 연결 또는 연결망으로 정의되며, 이동통신의 경우 백홀(backhaul), 프론트홀(fronthaul), 미드홀(midhaul)로 구분되기도 한다(ITU-R(2016)). 전송망은 여러 가입자의 트래픽이 통합된 대용량 트래픽을 전송하기 때문에 보통 전송 용량이 큰 광케이블 등 유선망으로 구축되며, 무선 전송망의 활용은 주로 도서, 산간 지역 등 유선 전송망을 설치하기 어려운 지역의 전송망 구축에 한정되었다.

앞으로 전개될 5G 시대에서도 전송망 트래픽 증가를 고려할 때 전송망의 매체로서 광케이블의 비중은 지속될 것으로 예상되나, 5G 서비스의 발전방향에 따라 무선 전송망의 역할에도 다소 변화가 있을 것으로 예상된다. 이러한 변화의 가장 큰 원인은 비약적으로 증가하게 될 무선 접속망 트래픽을 수용하기 위한 스몰셀 활용의 증가이다. 셀의 크기를 줄이는 것은 주파수 자원을 효율적으로 활용하기 위한 중요한 방법으로서

이동통신 세대가 거듭될수록 이러한 경향은 더욱 강화되고 있다. 5G 시대에서는 HetNets (heterogeneous networks) 또는 UDN(Ultra Dense Network)으로 발전할 것으로 전망되고 있으며, 스몰셀의 개수는 매크로셀 당 5개에서 20개 정도가 되거나, 인구밀집 지역의 경우 펩토셀을 포함한 스몰셀의 밀도는 km^2 당 1,500개에 달할 것으로 전망되고 있다(M. Jaber, et. al.(2016))¹⁾. 전송망 매체로는 주로 광케이블이 사용될 것으로 전망되고 있으며 전체 전송망 매체에서 차지하는 비율도 증가할 것으로 전망되나, 스몰셀 수의 증가에 따라 광케이블 포설비용이 증가하거나 지형지물 등에 의한 물리적 제약이 발생하는 등 광케이블 이용에 제약이 생길 가능성도 동시에 증가할 것이다. 무선 전송망은 이러한 문제를 해결할 수 있는 대안으로 고려될 수 있다. 무선 전송망 활용이 가능한 경우로는 앞서 언급한 고밀집 스몰셀의 예와 같이 광케이블 설치가 경제적, 기술적으로 어려운 경우, 전송망을 신속하게 설치할 필요가 있는 경우, 기 설치된 광케이블 전송망의 백업망이 필요한 경우 등이 있을 수 있다.

본고에서는 5G 도입에 따른 무선 전송망의 수요 증가를 고려해 이를 위한 주파수 활용방안을 제시한다. 먼저 2장에서는 무선전송망의 특징으로서 전송망 구조, 주파수 선택을 위한 고려사항, 기술발전 동향을 검토하고, 3장에서 국제기구과 주요국의 주파수 확보 동향과 시사점을 살펴본 후, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 무선전송망의 특징

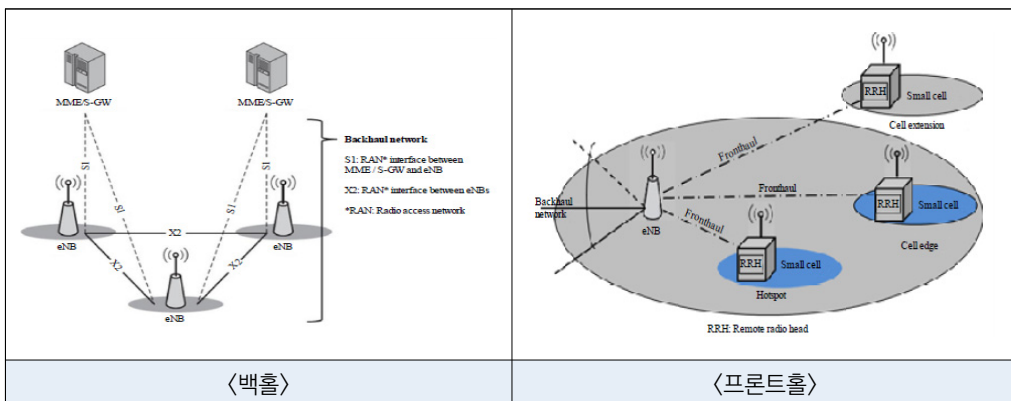
1. 이동통신 시스템의 전송망

전송망은 네트워크 요소간의 정보전달을 위한 연결 또는 연결망으로 정의된다 (ITU-R(2016)). 이동통신의 경우 전송망을 백홀, 미드홀, 프론트홀로 구분하기도 하는

1) 스몰셀 증가에 따른 셀간 간섭 해소를 위해 eICIC, CoMP와 같은 기술이 적용되고 있다(M. Jaber, et. al.(2016)).

데, 백홀은 기지국과 상위 네트워크 요소를 연결하는 것으로, IMT-Advanced 네트워크의 경우 eNB와 MME(mobile management entity), SGW(serving gateway)와의 연결을 의미하며 S1 인터페이스를 사용한다. 일부 표준에서는 기지국간 연결을 '미드홀'로 따로 구분하는데, 일반적으로 매크로셀 기지국과 스몰셀 기지국을 연결하는 용도로 활용된다. IMT-Advanced 네트워크에서 기지국간 연결을 위해 X2인터페이스를 활용한다. 프론트홀은 기지국의 베이스밴드(BBU)와 원격무선장치(RRH)를 연결하는 것으로, IMT-Advanced 네트워크의 경우 eNB의 데이터처리/제어 장치와 RRH와의 연결을 의미하며, CPRI/ORI 인터페이스가 사용된다.

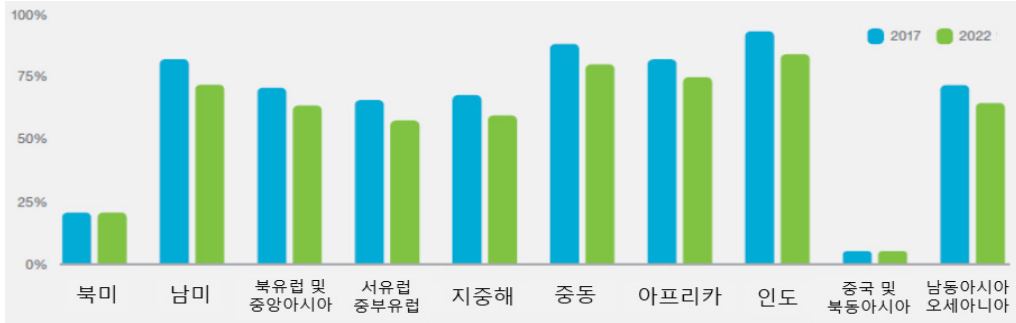
[그림 1] IMT-Advanced 네트워크의 백홀과 프론트홀 구조



자료: ITU-R(2016)

전송망을 위한 매체는 구리선, 광케이블, 무선을 고려할 수 있다. 광케이블 인프라가 잘 갖춰진 국내와 달리 세계적으로 전송망 매체로서 마이크로파(MW) 대역을 이용한 무선전송망의 점유 비율은 중국 및 북동아시아, 북미를 제외한 지역에서 50%이상이다. 최근 광케이블 포설 확대에 따라 이 비율이 낮아지는 추세에 있기는 하지만 운영비용이 낮은 장점이 있어 저개발, 개발도상 국가를 중심으로 광범위하게 사용되고 있다.

[그림 2] '22년 무선(M/W) 전송망 지역별 점유율 변화



자료: Ericsson(2017a)

앞으로 전송망 매체로서 광케이블의 이용이 늘어날 것임에도 불구하고 무선 전송망은 광케이블에 비해 경제적인 망 구축이 가능하고 신속한 설치가 가능한 장점이 있다. 그러나 주파수 자원 제한으로 용량에 한계가 있으며 기후에 의한 영향을 받는다는 단점이 있다.

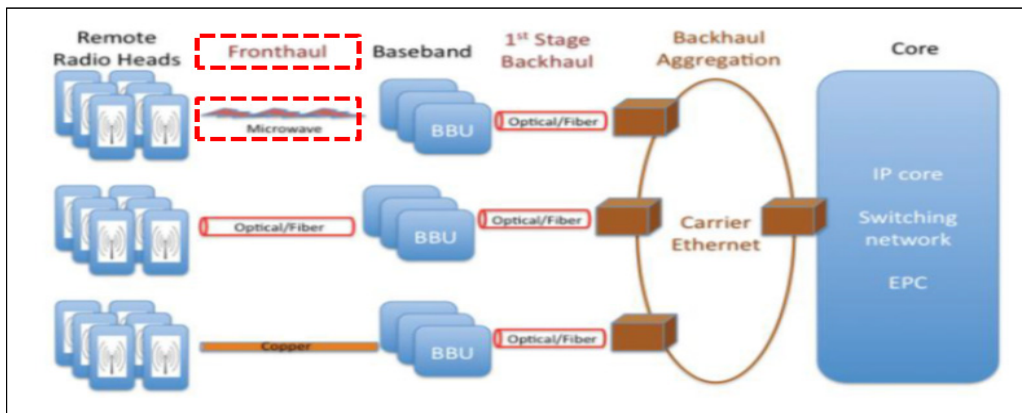
〈표 1〉 전송망 매체로서 무선과 광케이블의 비교

구분	무선	광케이블
용량	• 수 Gbps	• 거의 무한
규제	• 주파수 자원이 필요 • 설치시 외관 고려 필요	• 관로 등 인프라 이용권 필요 • 포설 후 외관복원 공사 필요
전송거리와 비용, 시간과의 관계	• 링크당 비용 증가 (거리에 따라 약간의 비용 추가) • 신속한 설치 가능	• 단위거리(미터)당 비용 증가 • 거리에 따른 포설비용 증가
재활용 가능성	• 장비 철거 후 타지역에서 재활용 가능	• 대부분의 경우 재배치 불가능 • 관로는 재사용 가능할 수 있음
설치가능 지형	• 대부분의 지형에서 이용가능 • 링크 송수신단 사이에 가시성 확보 필요	• 산악, 사막, 암석지대, 정글 지역 포설시 설치비용 증가 • 포설 구간을 따라 차량 접근이 가능해야 함
기후	• 기후에 의한 영향이 있음 • 적응형 변조, 적절한 링크 설계 필요	• 홍수 이외의 기후에 의한 영향을 받지 않음

자료: M. Gunasinghe(2017)

무선 전송망은 전송망의 어느 구간에서도 가능하기는 하나, 무선망의 채널 용량이 유선(특히 광케이블)에 비해 제한적이라는 점과 무선전송망의 설치 용이성, 경제성 등을 고려할 때 다수의 기지국 트래픽이 통합되어 전달되는 백홀 구간보다는 프론트홀 구간이 적합할 것이다. 특히 LTE 이후 이동통신 네트워크에서는 용량 증대 등을 위한 스몰셀 기지국 설치를 용이하게 하기 위해 기지국의 무선처리부(RU 또는 RRH)와 베이스밴드신호처리부(DU 또는 BBU)를 분리하고 이중 BBU를 별도의 장소에 집중화시키는 C(Cloud/Centralized)-RAN 구조를 적용하고 있어 프론트홀의 활용이 커지고 있다²⁾. 앞으로 5G 네트워크가 본격적으로 구축되어 스몰셀의 밀도가 증가하는 UDN 환경에서는 다수의 RRH를 BBU에 연결하는 것이 필요해 프론트홀 구간의 회선과 트래픽 수요가 증가할 것으로 예상된다.

[그림 3] 전송망 구간에 따른 전송매체 활용



자료: ISaC(2017)

2) 기지국에서 DU가 분리되면 RU는 단순히 무선신호를 DU에 전달하는 역할만 수행한다. RU는 안테나와 증폭기 등으로만 구성된 단순한 형태가 되어 설치가 간단하고 가격이 저렴해 스몰셀 구성이 용이해진다.

유럽의 RSPG보고서는 무선전송망의 요구 용량이 도심지역 스몰셀 기준으로 '20년까지 수백 Mbps, 5G 서비스가 본격화되는 '20년 이후 수십 Gbps에 달할 것으로 전망하고 있다. 따라서 '20년 이후에는 스몰셀 당 최소 수 GHz폭의 주파수가 필요할 것으로 예상할 수 있다.

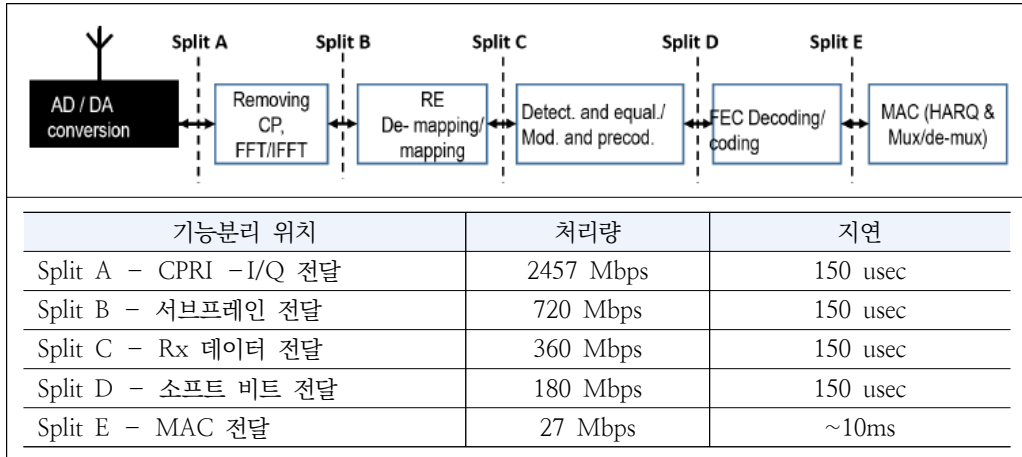
〈표 2〉 무선 전송망(백홀) 주요 요구사항

시기	용량		전송거리	
	도심지역	교외 지역	도심지역	교외 지역
~'20년	수 Gbps (매크로셀) 수십~수백 Mbps (스몰셀)	수백 Mbps	200m~ 1km	~15km
'20년~	수십 Gbps (스몰셀)		더 감소	

자료: EC(2015) 재구성

이동통신 시스템에서 전송망의 요구 용량은 전송망 구성방식에 따라 변할 수 있다. 무선망을 적용할 수 있을 것으로 예상되는 프론트홀 구간의 경우, 현행과 같이 RRH에서 무선신호를 샘플링한 I/Q신호를 BBU로 전달하는 방식에서는 데이터율이 정보량보다 커지기 때문에 무선 전송이 어려울 수 있다. 예를 현행 CPRI 인터페이스를 통해 전달되는 데이터율은 2.457 Gbps인데, 무선접속망 트래픽 증가가 예상되는 5G 시스템의 경우 수십 Gbps에서 수 Tbps까지 증가할 수 있으며, 이는 광케이블 용량으로도 처리가 어려울 수 있다. 그래서 프론트홀의 트래픽을 줄이기 위해 BBU 기능의 일부를 RRH로 이전시키는 BBU-RRH의 기능 분리(functional split) 방안이 검토되고 있다 (M. Jaber, et. al.(2016)). 예를 들어 프론트홀의 데이터율은 기존 CPRI 인터페이스(아래 그림에서 split A에 해당)에서는 2.5 Gbps가 되지만, RRH-BBU 기능분리를 하면 분리방식에 따라 최고 27 Mbps 수준까지 감소될 수 있다.

[그림 4] RRH-BBU 기능 분리 방식에 따른 데이터율 및 지연 변화



자료: M. Jaber, et. al.(2016)

2. 무선 전송망 주파수 선택을 위한 고려사항

무선 전송망은 이용 주파수에 따라 무선접속망과 동일한 대역을 사용하는 in-band 방식과, 무선 전송망을 위한 별도의 대역을 사용하는 off-band(또는 out-band) 방식으로 구분할 수 있다. 먼저 in-band 방식의 경우 가입자가 이용하는 접속망 주파수 대역을 사용하기 때문에 별도의 주파수 확보가 필요 없다는 장점이 있으나 가입자와 동일한 주파수를 사용하기 때문에 간섭회피 기술적용이 필요하고, 가입자 서비스를 위한 트래픽 용량이 감소되는 단점이 있다. Off-band 방식에서는 무선 전송망을 위해 고정업무용으로 분배된 별도의 주파수 대역을 사용한다.

Off-band 방식에서는 일반적으로 고정업무용으로 분배된 주파수 대역을 사용할 수 있다. 주파수 대역 선택을 위한 가장 중요한 고려사항은 전파특성과, 가용 대역폭량이다. 먼저 전파특성에 영향을 미치는 요인으로는 강우감쇄와 대기흡수 손실을 들 수 있다. 강우감쇄는 지역적 기후 특성에 따라 달라질 수 있으며, 대기흡수는 주로 산소 흡수에 영향을 받으며 60 GHz 근처에서 흡수가 크게 나타난다. 전파 손실이 클 경우

장거리 전송에 적합하지 않을 수 있지만, 스몰셀과 같은 단거리 전송을 위해서는 오히려 고손실 대역이 간섭 관리 측면에서 더 유리할 수 있다. 다음으로는 고용량 전송 요구사항을 고려해 가용 대역폭이 중요하다. 백홀 트래픽 용량이 수십 Gbps에 이를 것으로 전망됨에 따라 채널 대역폭도 수십 MHz에서 수 GHz폭이 필요할 수 있다.

고정업무용 주파수의 대역별 특성은 다음과 같다(ITU-R(2017)). 3 GHz 이하대역은 전파특성이 우수해 도달거리가 50 km를 초과함에 따라 원격지, 도서지역에서 주로 사용된다. 대역폭이 비교적 협소해 소중용량 채널만 가능하고 채널 수도 적어 정부가 이용을 특정 용도로 규제하기도 한다. 채널폭 한계로 광대역폭이 필요한 전송망이용은 상위 대역으로 이전하는 추세이다. 3~10 GHz 대역은 전파특성이 양호해 50 km 이상 전송이 가능하여 장거리 전송, 도서지역 통신, 이동통신망의 전원지역 백홀망 등으로 사용된다. 채널폭도 40 MHz폭 까지 이용 가능해 이동통신 백홀 등으로 중요성이 증가하는 대역이다. 10~57 GHz대역의 도달거리는 10~20 km 수준으로서, 이동통신 백홀망이 주로 사용하고 있고, 주요국에서 이용이 지속적으로 증가하고 있다. 57~66 GHz대역 범위는 대기 흡수가 커(10 dB/km 이상) 도달거리가 짧아 주파수 재사용 효율이 높아 스몰셀의 전송망에 적합하다. 특히 동대역은 우리나라를 포함한 미국, 영국 등 주요국에서 비면허용으로 사용되고 있다³⁾. 71~76 GHz/81~86 GHz 대역은 대기 흡수가 60 GHz대역에 비해 적고, 광대역폭 전송이 가능해 고용량 전송에 적합하다. 특히 E밴드로 불리는 동 대역은 대역폭이 5 GHz폭으로 Gbps급의 전송이 가능하고 10 Gbps 전송이 연구 중에 있어 Gbps급 전송이 필요한 용도에 활용될 가능성이 높다. 92~95 GHz대역은 2013년대부터 활용이 시작되었으며, 전파특성을 고려할 때 용도는 70/80 GHz대역과 유사하나 총대역폭이 3 GHz폭으로 좁아 충분한 용량 확보가 어려운 단점이 있다.

최근 WRC-19에서 6 GHz 이상 고정업무 대역을 중심으로 신규 IMT대역 지정이 논의되고 있고, 미국의 경우 일부 대역을 이미 이동/고정 이용이 가능한 Upper Microwave Flexible Use Service(UMFUS)용으로 분배하는 등 기존 고정업무용 대

3) 국내의 경우 용도미지정으로 분배되었다.

역의 이동업무용 활용이 검토되고 있어, 고정 업무를 위한 가용 주파수 대역이 줄어들고 있는 추세에 있다. 따라서 주파수 대역 선택 시 이러한 장기적 규제 동향을 고려할 필요가 있다.

도심지역 이동통신 스톱셀을 구축하는 경우 지형지물에 의해 장애물이 가시권(LOS) 확보가 어려울 수 있다. 일반적으로 NLOS 환경에서는 10 GHz 이하 대역이 적합한 것으로 알려져 있으나, 가용 대역폭이 부족해 원하는 대용량 전송이 불가능한 단점이 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로는 고이득 안테나를 사용하거나⁴⁾, 고대역에서 멀티홉(hop) 중계방식을 적용하는 것이 필요하다.

3. 무선 전송망 기술발전 동향

무선 전송망에서 이용하는 점대점 전송기술도 이동통신과 마찬가지로 전송효율을 증가시키면서 채널 특성, 망 구조 등에 유연하게 적응할 수 있는 방향으로 발전하고 있다. 먼저 변조 기법과 관련해서는 스펙트럼 효율성을 증가시키기 위해 변조 수준을 현행 128 QAM 수준에서 4096 QAM 까지 증가시키는 추세에 있으며⁵⁾, 전파 환경에 따라 변조 수준을 변경할 수 있는 적응형 변조방식(adaptive modulation)을 적용하고 있다. 또한 동일 주파수 채널에서 편파 다중화로 전송용량을 2배로 증가시킬 수 있는 XPIC(cross-polarization interference cancelling) 기술이 이미 적용되고 있으며, 이동통신에서 널리 사용되고 있는 MIMO 기술의 적용도 확대될 것으로 전망된다⁶⁾.

동일 대역 또는 서로 다른 대역의 2개 이상의 채널을 동시에 사용하는 채널 결합(channel bonding 또는 channel aggregation) 기술은 전송 용량을 늘리면서 채널 환경 변화에 좀 더 유연하게 대응할 수 있는 장점이 있다. 특히 전파특성이 열악하지만

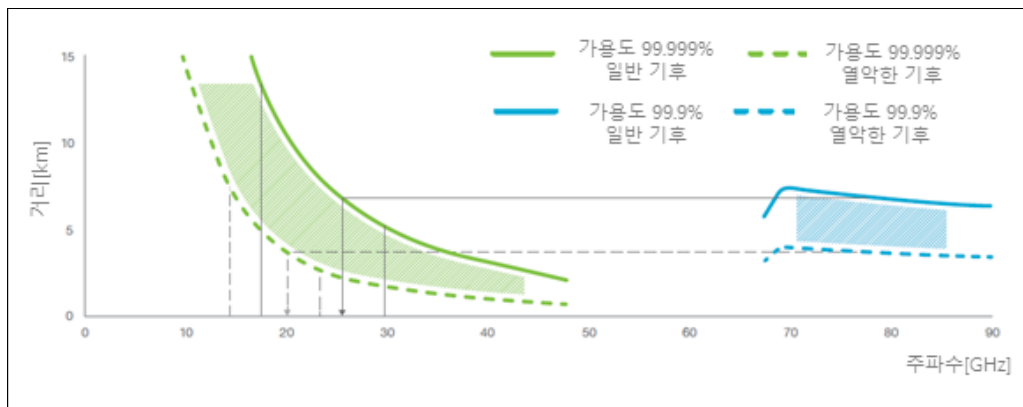
4) 20 GHz 이상 대역에서도 유사한 성능을 보이는 것으로 알려져 있다(Ericsson(2017b)).

5) 4096 QAM 이상에서는 스펙트럼 효율성(bps/Hz) 개선 정도가 크지 않아 변조 수준이 더 증가하지 않을 것으로 전망된다.

6) 이동통신과 달리 직진성이 높은 고정 전송의 경우 MIMO 적용에 의한 이득이 크지 않을 수 있어 LOS MIMO 기술을 적용한다.

광대역폭을 이용할 수 있는 고대역(예를 들어 80 GHz 대역)과 전파특성은 우수하지만 대역폭이 협소한 저대역(예를 들어 18 GHz 대역)을 결합하여 고대역은 고속 데이터 전송용으로, 저대역은 높은 가용성을 요구하는 데이터 전송으로 사용하면 기후 조건에 따른 강우감쇄 등으로 채널 상태가 악화되더라도 안정적인 통신 성능 보장이 가능하다는 장점이 있다.

[그림 5] E밴드와 20GHz대역의 전송가능 거리 비교



자료: Ericsson(2017)

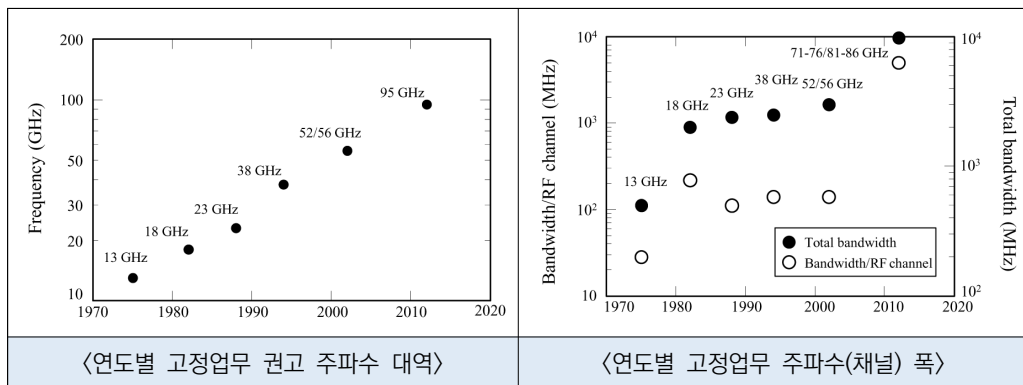
무선전송망의 용량을 늘리는 방안으로서 동일 채널에서 송수신을 동시에 할 수 있는 Full Duplex Radio 기술의 연구가 진행되고 있다. 일반적인 무선통신 시스템은 송수신 신호간 간섭을 피하기 위해 주파수(FDD) 또는 시간적(TDD)으로 분리하여 전송하는데 반해, Full Duplex Radio 기술은 간섭제거를 통해 동일 주파수와 시간에서 송수신을 동시에 수행하여 송신용 수신용 주파수 또는 시간을 별도로 둘 필요가 없으므로 상용화될 경우 채널 용량을 최대 2배까지 증가할 수 있을 것으로 기대된다.

Ⅲ. 해외 고정업무용 주파수 확보 동향

1. ITU-R

ITU-R에서 고정업무에 관한 권고와 보고서를 개발하고 있는 WP5C는 최근 이동통신을 위한 무선 전송망 등 광대역 고정업무 주파수 수요가 증가함에 따라 새로운 주파수 대역을 지속적으로 발굴하고 있으며, 광대역 전송 수요에 맞춰 채널 폭도 확대하고 있다. ITU-R이 연도별로 신규 권고하는 주파수는 상향하는 추세에 있어 2010년 이후에 95 GHz대역까지 상향되었으며, 채널 대역폭은 5 GHz폭까지 확대되었다 (ITU-R(2017)).

[그림 6] 연도별 고정업무 권고 주파수 대역 및 채널폭 증가 추이



자료: ITU-R(2017)

ITU-R은 최근 이동통신 기술 진화에 따른 단거리, 고용량의 무선 전송망 수요 증가 추세로 인해 고정업무 주파수를 이동통신 전송망 용도로 적용하는 방안을 연구했다 (ITU-R(2016)). 무선 전송망으로 활용 가능한 주파수와 관련해서 고정업무용 권고 대역이 모두 활용 가능하다고 보고 있으나, 대역별 특성과 채널 용량을 고려해 이용환경에 적합한 대역을 선정할 필요가 있다. 먼저 11 GHz 이하 대역은 전파특성이 우수해

20 km 이상의 장거리 링크용으로 사용하거나 NLOS 환경에서도 활용이 가능한 장점이 있으나 대역폭이 약 100 MHz 이하로 제한되어 있어 대용량 전송이 어려운 단점이 있다. 11~23 GHz 대역은 8~15 km의 중거리 링크에서 활용 가능하여 도시 외곽지역에서 활용 가능하다. 23 GHz 이상 대역이 이동통신 백홀용으로 현재도 주로 활용되고 있는 대역이며, 특히 70/80 GHz 대역의 경우 채널 대역폭이 5 GHz 까지 활용 가능해 대용량 전송이 필요한 도심 지역 스몰셀용으로 적합하다.

〈표 3〉 고정업무 대역별 특징 및 무선 전송망 적용방안

구분	대역(GHz)	채널 대역폭	특징
11GHz 이하	2, 4, 6, 7, 8, 10	~112MHz	<ul style="list-style-type: none"> • 장거리 링크(통상 20km 이상) • 전원, 원격지 또는 비가시성 지역
11~23GHz	11, 13, 14, 15, 18, 23	~220MHz	<ul style="list-style-type: none"> • 중거리 링크(통상 8~15km) • 도시 외곽지역 (교외, 산업단지 등)
23GHz 이상	27, 31, 32, 38, 42, 52, 57, 70/80, 94	~4750MHz	<ul style="list-style-type: none"> • 단거리 링크(통상 7km 이하) • 밀집 도심, 고용량 전송 가능

자료: ITU-R(2016) 재구성

WRC-19 의제로 검토 중인 6 GHz 이상의 IMT 후보대역 중 20 GHz 이상대역의 상당 부분이 고정업무용 주파수와 중복되고 있다. 특히 미국, 유럽, 중국, 일본 등 주요국은 고정업무 대역인 24.25~29.5 GHz대역을 5G용으로 우선적 검토하고 있으며, 37~42.5 GHz 대역 등이 일부 국가에서 검토되고 있다. 따라서 WRC-19의 신규 IMT 대역 결정에 따라 고정업무용 가용 주파수에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 그러나 미국의 사례와 같이 동일 대역을 고정/이동 업무용으로 유연하게 활용할 수 있도록 허용한다면, 이동통신용으로 할당된 대역이라도 고정용으로 활용하는 것이 가능하고, 기술적으로도 self-backhauling 기술을 통해 가능할 것으로 전망된다.

〈표 4〉 ITU-R 권고 고정 주파수(24GHz 이상)와 IMT후보대역

(단위: GHz)

ITU-R 권고 고정업무 주파수		IMT 후보대역 (WRC-19)	주요국 5G 검토
대역	용도 예시		
24.25~25.25/ 25.25~27.5/ 27.5~29.5	전송, 매크로 및 스몰셀, 이동 백홀, FWA	24.25~27.5	24.25~27.5 (유럽) 24.75~27.5 (중국) 24.25~25.25 (미국) 26.5~29.5 (한국) 27.5~28.35 (미국) 27.5~29.5 (일본)
31.0~31.3	전송, 이동백홀	31.8~33.4	
31.8~33.4	전송, 이동백홀, FWA		
36.0~40.5	매크로 및 스몰셀, 이동백홀, FWA	37~43.5	37~40(미국) 37~42.5(중국)
40.5~43.5	전송, 트렁크 망, 매크로· 스몰셀, 이동백홀, ENG, FWA		
51.4~52.6	전송, 매크로 및 스몰셀, 이동 백홀	50.4~52.6	
55.78~57/ 57~66	전송, 매크로 및 스몰셀, 이동 백홀		64~71(미국, 영국, 비면허)
71~76/ 81~86	전송, 매크로 및 스몰셀, 이동백홀	66~76/ 81~86GHz	
92.0~94.0/ 94.1~95	전송, 매크로 및 스몰셀, 이동백홀		

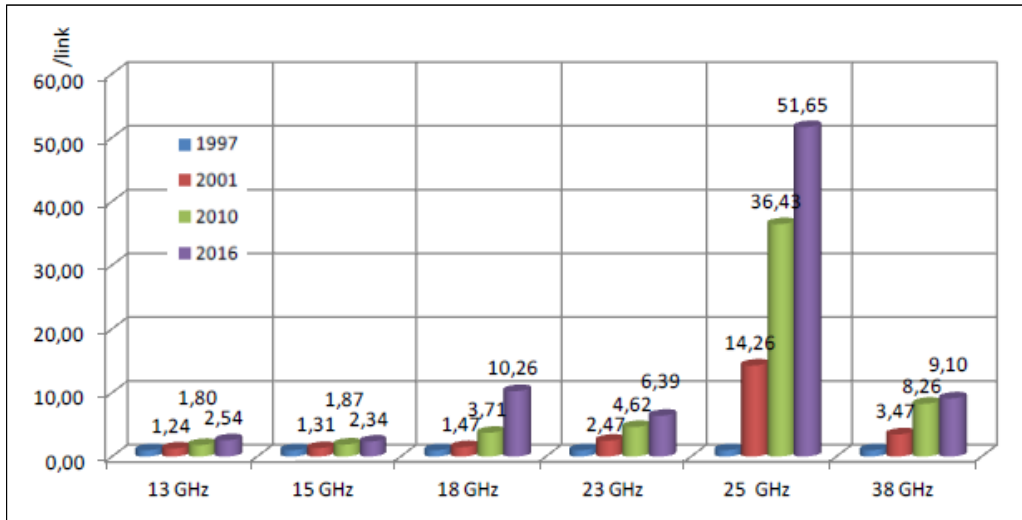
자료: ITU-R(2016), Huawei(2017) 재구성

2. 유럽 (CEPT)

광케이블 인프라가 상대적으로 부족한 유럽의 경우 이동통신 네트워크에서 무선 전송망 이용이 증가하는 추세로 5G 도입 이후 무선백홀 주파수 활용이 더욱 증가할 것으로 전망하고 있다. 반면에 점대점 또는 점대다점 네트워크로 최종 이용자(end-user)에

계 공중전화망(PSTN) 접속과 같은 무선 서비스를 제공하는 형태의 고정무선접속(FWA) 서비스 시장은 정체하거나 감소할 것으로 전망되고 있다).

[그림 7] 유럽의 고정링크 대역별/연도별 증가 추이(2017년을 1로 정규화)



자료: ECC (2018)

5G 서비스 도입에 따른 무선접속망 트래픽 증가로 광케이블에 비해 설치가 간편하고, 저렴한 무선 전송망 활용이 증가할 것으로 전망하고 있다. 주파수 대역은 현재 이용이 많지 않은 38GHz 이상 대역을 고려하고 있으며, 특히 스펙트럼과 같은 고용량의 밀집셀 용도로 적합한 E밴드(71~76 GHz/81~86 GHz)와 중장기적으로 D밴드(130~170 GHz) 이용도 고려하고 있다. 도심지역의 비가시성(NLOS) 링크를 위해 10GHz 이하 대역 사용이 필요하나, 해당 대역의 가용 주파수가 부족해 접속망 주파수를 전송망에 활용하는 In-Band Backhaul 기술 적용이 필요한 것으로 검토하고 있다.

7) ECC(2018) pp. 47~48 참고

〈표 5〉 유럽의 5G 백홀 활용전망 대역

대역	주요 내용
17GHz 이하	<ul style="list-style-type: none"> • 전원지역 장거리 전송용 활용 • 10GHz 이하는 도심지역 비가시성(NLOS) 링크용도
38GHz	<ul style="list-style-type: none"> • 전원지역 고용량 전송
E밴드(71~76GHz/81~86GHz)	<ul style="list-style-type: none"> • 5G 스몰셀과 같은 고용량 밀집셀 전송망용 활용
D밴드(130~170GHz)	<ul style="list-style-type: none"> • 중장기적으로 5G 스몰셀 용도 활용 전망

자료: ECC (2015) 재구성

3. 미국 (FCC)

FCC는 5G 활성화를 위해 고정, 위성 등으로 이용 중인 24 GHz 이상 대역을 고정/이동용으로 확보하는 Spectrum Frontiers 계획을 추진하였다. Spectrum Frontiers 계획의 일환으로 '16. 7월에 24 GHz 이상의 4개 대역을 5G 이동/고정 이용이 가능한 Upper Microwave Flexible Use Service(UMFUS)용으로 분배했으며, '17. 11월, 24 GHz, 47 GHz대역을 UMFUS용으로 추가로 분배하였다. 먼저 27 GHz대역의 경우 국내에서 5G 이동통신용으로 할당된 대역 범위에 해당하는 대역이며, 37 GHz대역의 경우 WRC-19의 IMT 후보대역으로서 기이용 중인 공공 이용자와 DSA를 적용한 공동사용을 추진한다. 64~71 GHz대역의 경우 기존 비면허 대역인 57~64 GHz대역⁸⁾과 인접한 대역으로 57~71 GHz의 총 14 GHz폭을 비면허로 이용할 수 있도록 하였다. '17. 11월에 분배한 24 GHz대역의 경우 WRC-19의 IMT 후보대역으로 유럽이 지지하고 있는 대역으로 '18. 11월 이후 경매 예정이다.

8) 57~64GHz 대역의 경우 고속 무선백홀 활용을 위해 최대 출력 허용기준을 43 dBm EIRP 에서 82 dBm EIRP로 완화

〈표 6〉 미국 Upper Microwave Flexible Use 분배 대역

주파수(폭)	면허방식	주요 내용
27.5~28.35GHz (850MHz)	면허	• 425MHz폭 2개 블록('18. 11월 경매예정)
37~38.6GHz (1600MHz)	면허	• 37~37.6GHz대역 공공-민간 공동사용(DSA 적용)
38.6~40GHz (1400MHz)	면허	• 블록 단위는 200MHz폭
64~71GHz (7040MHz)	비면허	• 기존 비면허 대역(57~64GHz)과 결합해 14GHz폭 이용
24.25~24.45GHz/ 24.75~25.25GHz (700MHz)	면허	• 100MHz폭 7개 블록('18. 11월 이후 경매예정)
47.2~48.2GHz (1000MHz)	면허	• 425MHz폭 2개 블록

자료: FCC(2016), FCC(2017) 재구성

미국의 사례에서 특이할 만한 사항은 IMT 후보대역으로 검토 중인 대역의 상당부분을 이미 분배한 것뿐만 아니라 이동업무와 함께 고정업무용으로도 사용할 수 있도록 허용했다는 점이다. 이동/고정업무용으로 이용이 가능하므로 이동통신용 무선접속망뿐만 아니라 백홀 등 전송망용으로 동시에 사용할 수 있다. 따라서 이동통신 무선접속망과 동일한 주파수와 기술방식으로 스몰셀 등과의 연결을 위한 백홀 기능을 제공할 수 있는 Self-backhauling 기술이 활용될 것으로 전망되고 있다(S. Greaves(2017)).

아울러, FCC는 '18. 2월에 혁신적인 무선 서비스 이용을 위해 95 GHz 이상 대역을 새로 발굴하는 Spectrum Horizons 계획을 통해 최근 무선 전송망용으로 관심이 증가하고 있는 70/80 GHz 대역의 E밴드를 비롯해 90 GHz 이상의 W밴드의 일부 대역을 비면허로 분배하고, 110 GHz 대역 이상 D밴드를 실험용으로 활용하는 방안을 검토하고 있다.

〈표 7〉 미국 Spectrum Horizons 검토 대역

주파수(폭)	면허방식	특징
70/80/90GHz대역 (10.2GHz)	면허	• 고정 점대점 링크 (간이면허(등록) 검토)
95GHz 이상 (15.2GHz)	비면허	• 비면허 검토 (122~123GHz, 244~245GHz 등)
95GHz~3THz	면허	• 실험용 이용 검토

자료: FCC(2018) 재구성

4. 영국 (Ofcom)

'18년 7월, 영국은 고정 무선링크용 주파수에 관한 5년 계획을 수립했다. 5G 도입에 따라 이동통신 백홀 등의 활용 용도가 늘어날 것으로 예상하면서 고정업무 대역별 향후 5년간의 정책계획을 수립했다.

먼저 20GHz 이하 대역의 경우 전파특성으로 인해 정거리 전송용으로 지속 사용할 것으로 전망하고 있다. 20-45 GHz 범위는 이동통신 백홀 용도로 많이 사용되고 있는 대역이나 5G 서비스 도래로 고용량 확보를 위해 60 GHz 이상 대역 이용이 증가할 것으로 전망했다. 글로벌 5G 대역으로 관심을 끌고 있는 26 GHz 대역의 경우 향후 도입을 위한 시험을 장려하고 있는 입장이다.

특히 밀집 스몰셀의 전송망, 라스트 마일(last mile) 고정 무선접속망용 수요 증가가 예상되는 57-66 GHz 대역(V 밴드)의 이용방식을 대폭 변경했다. 먼저 다양한 실외 이용을 고려한 공통 기술기준을 적용할 수 있도록 현재 간이 허가(light licensing)와 비면허로 이원화된 57-66 GHz 대역의 면허방식을 비면허로 일원화하였다. Ofcom은 이러한 비면허 방식에서의 일원화로 인한 간섭영향이 크지 않을 것이라는 입장이다. 기술기준과 관련해서는 현재 CEPT에서 고려되고 있는 장비기준(40 dBm EIRP⁹⁾, 최

9) 등가등방복사전력(EIRP: Equivalent Isotropic Radiated Power): 최대 세기 방향으로 복사되는 전력의 정량적으로 표현하는 방법 중 하나로서 안테나 공급전력과 안테나 절대이득(dBi)를 곱하여 구할 수 있다.

소 안테나 이득 13 dBi)를 고려해 최소 안테나 이득 기준을 기존 30 dBi에서 20 dBi로 완화하고 EIRP 40 dBm 이하의 기기에 대해서는 최소 안테나 이득 기준을 적용하지 않기로 했다. EIRP가 40 dBm이고 최소 안테나 이득이 13 dBi인 경우 출력전력은 27 dBm이 되므로 FCC가 정한 기준과 동일하게 되므로 Ofcom은 이를 통해 글로벌 조화에 도움을 줄 것으로 기대하고 있다.

66-71 GHz 대역은 57-66 GHz 대역과 유사한 기술기준으로 비면허 사용을 허용할 방침이다. 동대역은 유럽의 5G 우선순위 대역이며(EC(2016)), 영국은 5G 비면허 대역으로 정한 바 있다(Ofcom(2018a)). 또한 WRC-19 의제로 IMT 지정이 검토되고 있다.

최근 고용량 이동통신 백홀 용도로 관심이 증가하고 있는 71~76 GHz/81~86 GHz 대역의 경우 각 대역에 있는 250 MHz폭의 보호대역을 줄이는 방안을 검토하여 2~3년 내에 마련할 계획이다. 마지막으로 92 GHz 이상의 92~114.5 MHz(W 밴드)와 130-174.8 GHz (D 밴드)를 5G 백홀 용도로 확보하는 방안을 3~5년 내에 마련할 계획이다.

〈표 8〉 영국의 향후 5년간 고정 주파수 대역별 이용계획

대역	주요 내용
20GHz 이하	• 전원, 부도심 등의 장거리 링크용으로 지속 이용
20-45GHz	• 이동백홀용 중심 대역 ※ 고용량 백홀용으로는 60GHz 이상 대역 사용 증가 전망. • 경매를 통한 할당 대상 대역 증가 전망 ※ 26GHz 대역 5G 시험 촉진
45GHz 이상	• 향후 5년간 60/65 GHz대역에 대한 관심 증가 예상 • 고용량 전송을 위한 92 GHz 이상 대역 관심 증가 전망

자료: Ofcom(2018b) 재구성

[그림 8] 영국의 5년간 고정 주파수 이용정책 검토 일정



자료: Ofcom(2018b)

5. 시사점

ITU를 비롯한 세계 주요국은 5G 시대 도래에 따른 전송망 트래픽 증가를 예상하고 이에 대응하기 위한 방안을 마련하고 있다. 전송망 매체로는 광케이블이 주로 사용될 것으로 예상하고 있으나, 망 구축 비용, 시간 등 측면에서 유리한 무선 전송망도 일부 활용될 것으로 예상하고 있다. 무선 전송망은 고용량 트래픽을 처리하기 어려운 문제가 있는데, mm파 대역의 이동통신 이용에 따라 고정 업무용 가용 주파수는 줄어들 가능성이 높은 상황이다. 이에 90 GHz 이상 대역의 W밴드, D밴드의 활용이 검토되고 있다. 또는 기존 비면허로 사용되고 있는 60 GHz대역의 미국과 영국은 대역폭을 확장하고 기술기준을 완화해 실외에서 고정업무용으로 활용할 수 있도록 했다.

국내의 경우 광케이블 인프라가 충분해 현재에는 무선 전송망 수요가 크지 않지만 5G 시대 도래로 스펙트럼의 밀집도가 비약적으로 증가하는 상황에서는 무선 전송망도 부분적으로 역할이 필요할 것으로 전망된다. 따라서 국제적 추세에 발맞춘 주파수 활용 방안에 대한 검토가 필요하다.

먼저 71~76/81~86 GHz 대역의 경우 고정점대점통신용으로 분배되어 있어 전송망 용 이용이 가능하나, 최대 채널 대역폭이 1 GHz폭으로 제한되어 있어 고용량 전송에 부족할 가능성이 있다. 현재 ITU-R 권고 F.2006은 채널폭을 최대 5 GHz폭까지 들 수 있도록 하고 있고, 1 GHz폭 이상을 사용할 수 있는 장비가 상용화되어 있음을 고려해 채널폭을 늘리는 방안을 검토할 필요가 있다. 다만 특정 이용자에게 주파수가 과도하게 배분되는 상황을 방지하기 위해 채널폭 상한을 적정 수준으로 제한하는 것이 필요하다¹⁰⁾.

고정점대점통신용 주파수 상한을 90 GHz 이상으로 상향하는 방안도 검토할 필요가 있다. 현재 ITU-R은 ITU-R 권고 F.2004를 통해 94 GHz 대역(92.0-94 GHz / 94.1-95 GHz)까지를 권고하고 있으므로 이를 국내 분배에 반영하는 방안을 검토할 필요가 있다. 또한 94 GHz 대역은 대역폭이 협소해 대용량 수용이 어렵다는 점을 고려해 중장기적으로 92~114.5 MHz (W 밴드)와 130-174.8 GHz (D 밴드)의 활용도 검토할 필요가 있다. 동대역은 넓은 대역폭을 이용할 수 있는 장점이 있어 LOS MIMO 등의 기술을 적용하여 최대 100 Gbps급 전송이 가능하고, 전송 거리도 1~2 km가 가능해 도심 스몰셀 용도로 활용 가능할 것으로 전망되고 있다(Ericsson(2017b)).

60GHz대 비면허 대역(51~66 GHz)은 전파도달거리가 짧지만 광대역 이용이 가능해 스몰셀 전송망 활용에 관심이 모아지고 있는 대역이다. 또한 비면허 대역이라 주파수 취득을 위한 부담이 적고 다양한 혁신적인 용도로 활용 가능하다는 장점이 있다. 미국, 영국은 동대역의 이용 범위를 71 GHz까지 확장해 최대 14 GHz폭까지 사용할 수 있도록 하고 있도록 하고 실외 고정링크용으로 활용할 수 있도록 최대 출력 전송기준을 완화하고 있다. 비면허 대역 장비는 대부분 국제적으로 통용된다는 점을 고려하면 국내에서도 대역폭 확장, 기술기준 완화 검토가 필요할 것으로 생각된다¹¹⁾.

마지막으로 제도적 사항으로서 고정업무 대역을 이동통신 등 이동업무용으로 활용

10) 이용자간 공평한 이용을 보장하기 위해 채널당 2.5 GHz폭이 적정하다는 의견이 있다(Ericsson (2017a)).

11) 국내의 60 GHz 비면허 주파수 대역 확대 계획은 '17년에 발표된 「K-ICT 스펙트럼 플랜」에 반영되었다.

한다하더라도 현행과 같이 이동업무용으로만 사용하는 것이 아니라 무선 전송망 활용 등을 위해 이동/고정업무용으로 동시에 활용할 수 있는 방안을 검토할 필요가 있다. 5G 이동통신망에서는 고밀집 스몰셀 구축에 따라 무선 전송망용 주파수 수요가 증가할 가능성이 있고, 이동통신용 대역을 이용해 백홀 등 고정업무용으로 사용하는 인밴드 백홀이 기술적으로 가능하기 때문에 주파수 활용의 유연성을 확대하는 차원에서 미국이 24GHz 이상 대역을 이동/고정용 활용이 가능한 Upper Microwave Flexible Use Service (UMFUS)용으로 할당한 것과 같이 이동통신 주파수 할당 시 고정 백홀용 사용을 허용하는 방안의 검토가 필요할 것으로 보인다.

IV. 결론

초광대역(eMBB), 초고신뢰성/저지연(uRLLC), 대규모 기기간통신(mMTC)으로 변되는 5G 이동통신에서는 트래픽량이 비약적으로 증가할 뿐만 아니라 센싱, 제어 등을 위한 사물과의 통신으로의 확대가 예상되고 있어 다양한 서비스 시나리오가 현실화 될 것으로 전망된다. 따라서 망 구축 방식도 넓은 커버리지의 매크로 기지국 중심에서 스몰셀로 변화할 것이며, 기지국은 가로등, 신호등과 같은 도시 구조물 전반에 설치될 것으로 예상되고 있다. 이러한 상황에서 광케이블을 포설하지 않고 경제적인 망 구축을 가능하게 하는 무선전송망의 역할이 커질 것으로 전망된다.

5G 서비스의 상용화를 앞두고 ITU, 3GPP 등 국제 표준화 기구와 주파수 관리기관은 충분한 무선접속망 주파수를 확보, 공급하기 위한 노력해왔으나, 5G 상용화 이후에 전개될 서비스 및 망 구축 시나리오를 고려할 때 무선전송망을 위한 주파수 확보방안도 검토할 필요가 있다. 이를 위해 ITU와 같은 국제기구를 비롯해 미국, 영국 등 세계 주요국은 5G 상용화에 대비해 고정업무용 주파수 활용방안을 마련하고 있다. 구체적으로는 기존에 고정업무로 활용되고 있는 60 GHz 대역, 70/80 GHz 대역의 대역폭을 확대하거나 90 GHz 대역 및 100 GHz 이상 대역을 전송망용으로 활용할 수 있도록

신규 분배를 검토하고 있으며, 최근 mm파 대역의 기존 고정업무용 주파수를 5G 이동통신용으로 신규 지정하는 방안이 검토됨에 따라 유연한 주파수 활용을 위해 이동업무와 고정업무로 모두 허용하는 방안이 검토되고 있다.

국내의 경우 광케이블 인프라가 잘 구축되어 있어 전송망용 주파수 수요가 당장 증가하기보다, 5G 상용화를 위한 스몰셀 구축이 확산됨에 따라 광케이블 인프라가 부족한 사업자부터 주파수 수요가 발생할 것으로 전망된다. 따라서 향후에 신규 주파수 분배 또는 기술기준 정비를 할 수 있도록 5G 트래픽 및 스몰셀 증가 추이 등을 모니터링할 필요가 있고 적절한 시점에 주파수가 공급될 수 있도록 주요국 정책동향과 관련 산업체의 동향을 분석하여 국내 적용방안을 마련할 필요가 있다.

참고문헌

- Ceragon(2016), White paper: What you need to know about 5G wireless backhaul, Feb. 2016.
- EC(2015), RSPG report on spectrum issues on wireless backhaul, June, 2015.
- EC(2016), RSPG Strategic roadmap towards 5G for Europe, Nov. 2016.
- ECC(2014), ECC Report 173, Fixed service in Europe current use future trends post 2016, April, 2018.
- Ericsson(2016), Microwave outlook report, Oct. 2016.
- Ericsson(2017a), Microwave outlook report, Oct. 2017.
- Ericsson(2017b), Ericsson Technology Review: Microwave backhaul beyond 100 GHz, 2017.
- FCC(2016), FCC 16-89, Report and order and further notice of proposed rulemaking, July, 2016.
- FCC(2017), FCC 17-152, 2nd report and order, 2nd further notice of proposed

- rulemaking, order on reconsideration, and memorandum opinion and order, Nov. 2017.
- FCC(2018), FCC 18-17, Notice of proposed rule making and order, Feb. 2018.
- Huawei(2017), 5G Spectrum: Public policy position, 2017.
- ISaC(2017), “Wireless backhaul for 5G,” *APT South Asian Telecommunication Regulators’ Council Workshop on Spectrum*, Aug. 2017.
- ITU-R(2016), Report ITU-R F.2393-0, Use of fixed service for transport of traffic, including backhaul, for IMT and other terrestrial mobile broadband systems, Nov. 2016.
- ITU-R(2017), Report ITU-R F.2323-1, Fixed service and future trends, Nov. 2017.
- M. Gunasinghe(2017), “Wireless Backhaul - Spectrum, technology and policy,” *APT South Asian Telecommunication Regulators’ Council Workshop on Spectrum*, Aug. 2017.
- M. Jaber, et. al.(2016), “5G backhaul challenges and emerging research directions: A survey,” *IEEE Access*, vol. 4, pp. 1743-1766, May. 2016.
- Ofcom(2018a), Enabling 5G in the UK, Mar. 2018.
- Ofcom(2018b), Review of spectrum used by fixed wireless services, July. 2018.
- S. Greaves(2017), “The future of mmWave wireless backhaul,” *Applied Wireless Technology*, pp. 62~63, Mar. 2017.