

6G 주파수 스펙트럼 전망

황승훈 동국대학교 전자전기공학부 교수, 5G포럼 주파수위원장



1. 머리말

5G와 5G+ 서비스는 여전히 국내외에서 활발하게 보급되며 저변을 넓히고 있다. 그러나 세계적으로 6G 통신 시스템 및 기술에 대한 연구개발이 시작된 상황에서 6G 주파수 스펙트럼(spectrum)에 대해 고찰해보는 것은 의미 있는 작업일 것이다. ITU(International Telecommunication Union)에서 6G 비전 개발이 진행 중인 가운데, 5월에는 삼성전자의 6G 스펙트럼 백서(white paper)가 발간되었고, 6월에는 에릭슨에서 6G 스펙트럼 관련 문서가 블로그에 올라오는 등 주요 기관과 기업의 행보도 본격화되고 있다. 본고에서는 6G 주파수 스펙트럼과 관련하여 진행 중인 이슈들을 소개하고, 향후 6G 주파수 스펙트럼에 대한 전망을 해보고자 한다.

2. 6G 주파수 스펙트럼 동향

주파수 스펙트럼은 한정된 국가의 자원으로 서, 정보 즉 데이터를 한 지점에서 다른 지점으로 전달시키는 무선통신을 가능하게 해주는 인프라이다. 그래서 5G는 기존의 4세대 이동통신인 LTE(Long-Term Evolution)에 비해 방대한 데이터를 아주 빠르게(초고속) 전송하고, 실시간으로(초저지연), 모든 것을 연결(초연결)하는 4차 산업혁명의 핵심 기반 인프라로 정의되고 있다.[1]

주파수 스펙트럼을 통하여 전송되는 데이터의 속도 및 특성에 따라서 제공 가능한 서비스가 결정되므로, 6G 서비스가 도출될 6G 비전 개발 현황부터 살펴볼 필요가 있다. 또한 한정된 자원을 이용해야 함을 고려하면 주파수 스

펙트럼을 효율적이면서 전략적으로 개발하고 활용할 필요가 있을 것이다. 따라서 이러한 점을 염두에 두고 삼성전자와 에릭슨에서 발간된 백서 및 문서를 바탕으로 저/중/고대역의 주파수 스펙트럼에 대한 6G 활용에 대한 생각을 정리해보고자 한다.

2.1 6G 비전의 주파수 동향[2]

본 절에서는 5G포럼 주파수 위원회 워크샵 발표자료 중 6G 비전 개발 현황 중 주파수 스펙트럼과 관련된 부분만 발췌하여 소개하고자 한다. 6G 비전은 2021년 3월 만들어진 ITU-R Working Party(WP) 5D 산하 비전 워킹그룹에서 2023년 6월을 목표로 개발 중이다.

알아두어야 할 점은 IMT 시스템 구현에 요구되는 모든 기준 사항들을 만족하는 유일한 주파수 대역은 없다는 것이다. 5G와 5G+ 서비스를 제공하기 위해서는 저/중/고대역 주파수 대역의 조화로운 조합이 필요함이 주지의 사실이며, 이는 6G 서비스 제공을 위해서도 마찬가지일 것이다. 또한 주파수 스펙트럼 특성에서 비롯된 커패시티(capacity)와 커버리지(coverage)의 균형감 있는 활용에 대한 고려도 필요하다.

주파수 스펙트럼을 새로 발굴하건, 기존 대역에서 사용 가능하게 하건 간에 그 주파수 스펙트럼 대역은 국제적으로 조화를 이뤄야 한다. 따라서 필요한 시기에 6G 주파수를 사용 가능하려면 정부 유관 부서 중심으로 산·연·관·학이 협력하여 미리부터 준비해야 할 것이다. 주요 주파수 스펙트럼 관련 회의인 WRC-23과 WRC-27에 주목할 필요가 있다.

이에 더해 비전에서 개발하고 있는 6G 사용 시나리오(usage scenario)와 이를 지원하기 위해 만족해야 하는 6G 역량(capability) 하의 세

부 유스 케이스(use case)를 고려하면, 주파수 대역과 함께 이를 지원할 수 있는 대역폭 역시 검토해야 한다. 주파수 효율을 개선하는 데 필요한 기술 개발 또한 고려해야 한다.

결론적으로 6G 서비스와 애플리케이션을 제 공함으로써 6G 비전을 궁극적으로 실현 가능하 려면, 그 제공 수단인 주파수 스펙트럼이 기반 인프라로서 시기적절하게 준비되어야 할 것이다.

2.2 대역별 6G 주파수 동향[3],[4]

본 절에서는 대역별 6G 주파수 동향을 소개 한다. 6G 주파수 관련하여 발간된 삼성의 6G 주파수 백서[3]와 에릭슨의 6G 주파수 블로그 문서[4]를 위주로 하여 정리하고자 한다. 용어나 정의가 다른 부분은 독자의 편의를 위해 임의적 으로 통일하였음을 밝혀둔다.

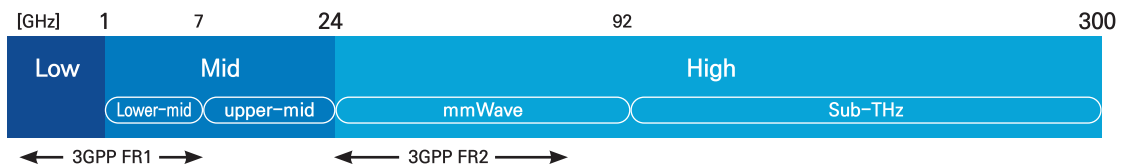
2.2.1 저대역 (Low-band)

1GHz 이하의 대역을 보통 저대역이라고 부 른다. 침투력이 좋고 감쇄가 덜한 우수한 전 파 특성으로 인해 실내까지 커버하며 넓은 커 버리지를 보장할 수 있다. 하지만 다양한 통신

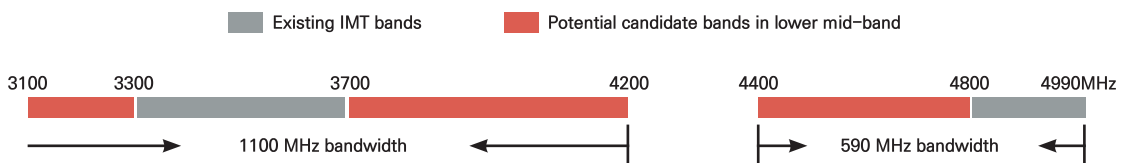
서비스에 이미 오래전부터 활용되고 있어 넓 은 대역폭을 활용하기가 쉽지 않다. 대표적으로 600MHz, 700MHz, 800MHz 주파수 대역이 이에 해당된다. 해당 주파수 특성을 가장 잘 활 용할 수 있는 서비스나 애플리케이션에 적용하 는 것이 가장 바람직하겠으나, 넓은 대역폭 확보 가 어렵다면 스펙트럼 공유 기술을 통해 함께 사용하거나 다른 대역과 함께 사용하는 방법을 고려할 필요가 있다.

2.2.2 중대역(Mid-band)

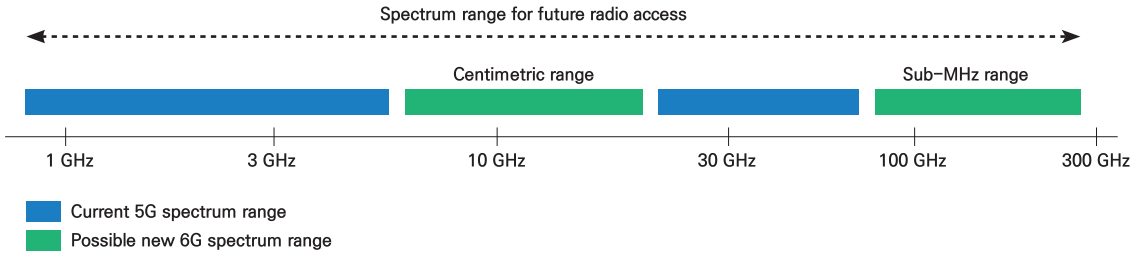
5G까지는 중대역이라고 하면 보통 sub-6GHz를 지칭했다. 예를 들어 3.5GHz, 4.5GHz, 6GHz 등 이다. 특히 3GPP에서는 FR(Frequency Range)1 이라 하여 450MHz~6GHz 대역을 이야기했다.[5] 그런데 FR1은 [그림 1]과 같이 sub-7GHz로 대역 이 다소 확장되었다. 이는 커버리지와 커패시티 를 적절히 균형 있게 제공할 수 있는 주파수 대역 으로, 현재 5G의 대표 주파수로 자리매김하고 있 다. 1-7GHz는 lower-mid 대역으로 불리는데, [그 림 1~7]과 같이 기존 IMT 대역에 후보 주파수 대역 을 추가하여 고려한다면 최대 1100MHz 대역폭과



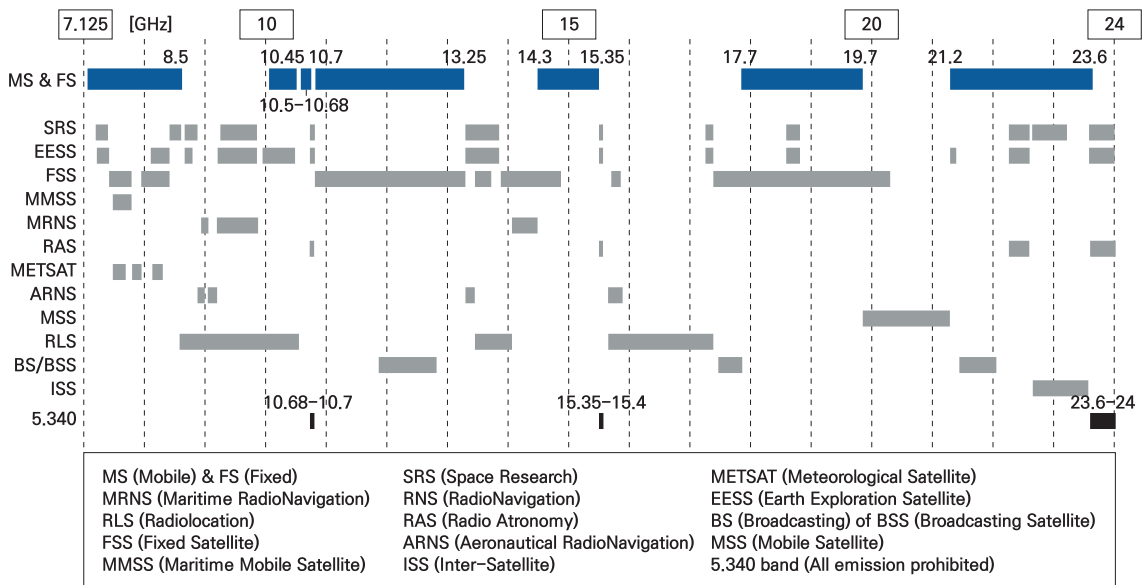
[그림 1] 6G 주파수 대역 [3]



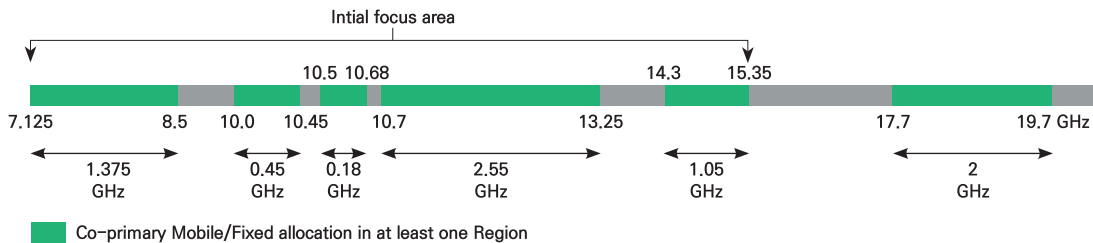
[그림 2] lower-mid 대역 6G 후보 주파수 대역 [3]



[그림 3] 5G 및 6G 후보 주파수 대역 [4]



[그림 4] 7-24GHz 주파수 대역 [3]



[그림 5] ITU-R radio regulation 7-20GHz 주파수 대역 [4]

590MHz 대역폭을 고려할 수 있다.

또한 6G에서는 중대역을 24GHz까지 확장하여 [그림 1]의 upper-mid 대역으로 구분하는 경우도 있으며[3], 센티메트릭(centimetric) 대

역이라 하여 7~20GHz를 고려하기도 한다.[4] 20~24GHz 사이의 차이가 나지만 upper-mid 대역과 센티메트릭 대역은 동일한 대역을 지칭한다고 생각해도 무방하다.

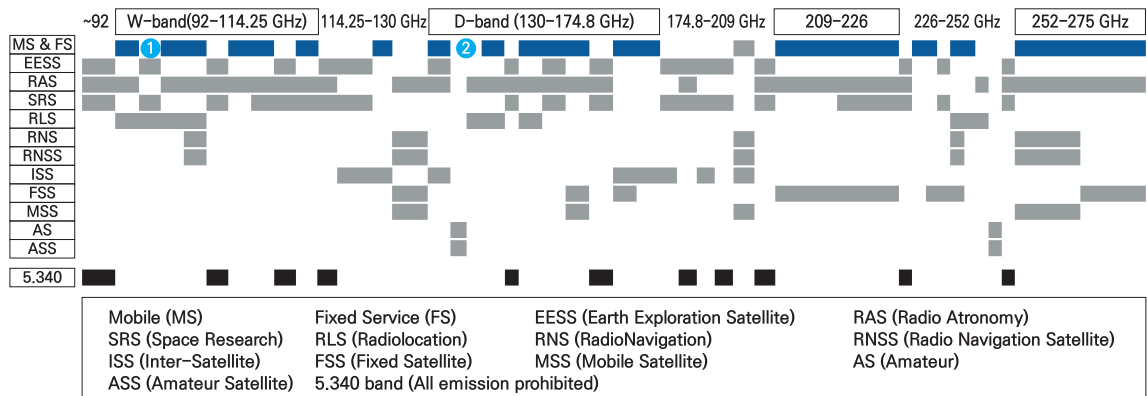
[그림 1]과 [그림 3]에서 보듯이 본 대역은 신규 6G 주파수 대역으로 고려 가능한데, 해당 주파수 대역은 [그림 4]와 [그림 5]와 같다. [그림 5]를 보면 해당 주파수 대역에서 1.375GHz, 0.45GHz, 0.18GHz, 2.55GHz, 1.05GHz, 2GHz의 연속적인 대역폭이 고려 가능함을 알 수 있다. 그런데 이들은 이동 및 고정용 서비스에 할당되어있는 주파수들이라 공유 기술에 대한 고려가 필요하다 할 수 있다.

2.2.3 고대역(High-band)

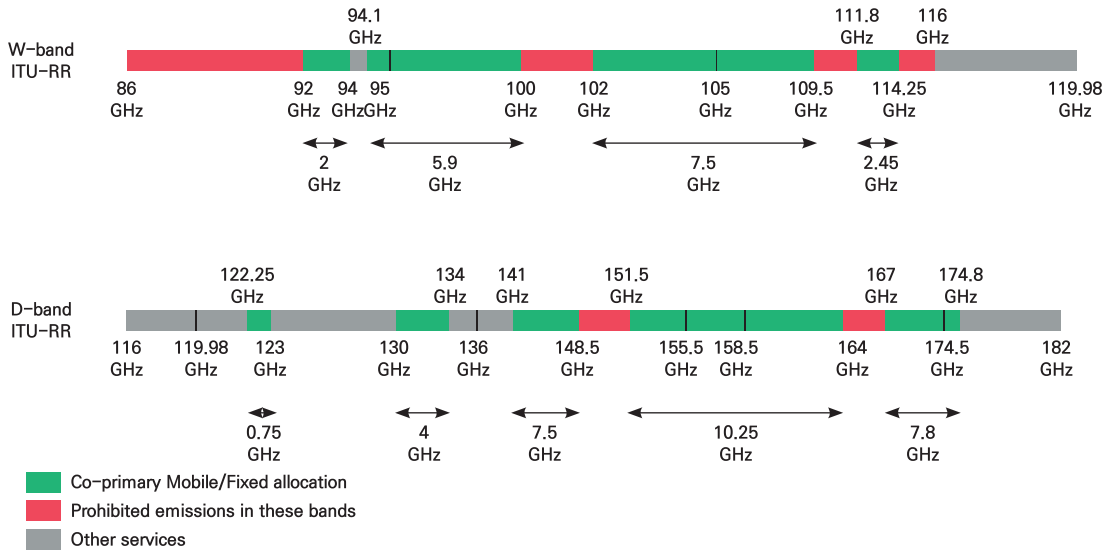
고대역은 보통 밀리미터파라고 불리는 대역이다. 예를 들어 26GHz, 28GHz 또는 40GHz 대역을 말한다. 3GPP에서는 FR2라고 하여 24.25GHz에서 52.6GHz로 정의한 바 있다.[5] [그림 1]과 같이 밀리미터파 대역을 24~92GHz 대역으로 확장하여 정의할 수 있으며, 이 때 92GHz부터 300GHz까지를 sub-테라헤르츠 (THz) 대역이라 부르기도 한다. 고대역의 경우 넓은 대역폭을 확보할 수 있어서 높은 커패시티를 제공할 수 있다. 또한 초고속 데이터 전송이 가능하여 낮은 지연과 높은 신뢰성을 제공하는

데 사용될 수도 있다. 하지만 전파 특성상 커버리지가 작으므로 광역 서비스보다는 B2B 서비스처럼 특정 지역에 한정된 상황에서 고려될 가능성이 높다. 밀리미터파 대역을 활용한 서비스가 활성화되지 않은 상황이라 sub-THz의 서비스를 논의하기는 어렵지만, 밀리미터파 대역의 서비스를 진일보한 6G 서비스 제공에 활용할 수 있을 것이다. 또한 저/중/고대역의 조화로운 조합이 필요한 경우 저/중대역과 함께 6G 서비스를 제공할 수 있을 것이라 생각된다.

[그림 6]은 92-275GHz 주파수 대역을, [그림 7]은 그 중에서도 W대역과 D대역 위주로 보여 준다. 주파수가 매우 높은 sub-THz 대역의 경우, 대기에 의한 감쇄나 빔방울에 의한 감쇄가 상당히 크다. 상대적으로 이러한 감쇄가 작은 W대역과 D대역이 고려될 수 있는 것이다. 그런데 [그림 7]에서 보듯이 W대역은 2GHz, 5.9GHz, 7.5GHz, 2.45GHz의 연속적인 대역폭이 고려 가능하며, D대역은 0.75GHz, 4GHz, 7.5GHz, 10.25GHz, 7.8GHz의 대역폭이 고려될 수 있다. [그림 6]의 ①과 ②가 사용 가능하다면 대역폭은 확장될 수 있을 것이다.



[그림 6] 92-275GHz 주파수 대역 [3]

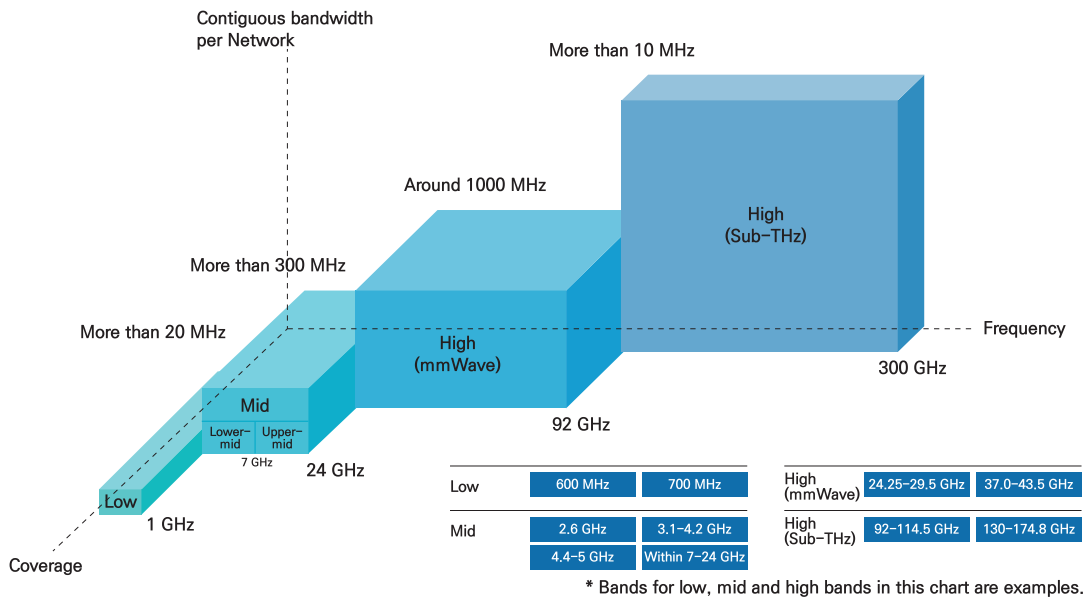


[그림 7] ITU-R radio regulation W와 D 주파수 대역 [4]

2.2.4 전체 대역(Low-to-High-band)

[그림 8]은 커버리지 및 연속적인 대역폭 관점에서의 6G 주파수 대역을 보여주고 있다. 위에서 정리한 삼성전자의 주파수 백서 내용과 에릭슨의 주파수 블로그 문서의 내용을 생각하면서

보면 의미가 있을 것이다. 다만 이 그림에는 커패시티가 고려되어 있지 않으며 역량도 드러나지 않았다. 따라서 향후 6G의 사용 시나리오와 유스 케이스, 주파수 대역 및 대역폭에 대한 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다.



[그림 8] 커버리지 및 연속적인 대역폭 관점에서의 6G 주파수 대역 [3]

3. 맺음말

본고에서는 삼성전자의 6G 주파수 백서와 에릭슨의 6G 주파수 블로그 문서를 바탕으로 6G 주파수 스펙트럼 동향을 정리해 보았다. 삼성전자와 에릭슨 문서에서 가장 자주 사용된 단어들은 possible/realizing, timely/available들이다. possible/realizing은 6G 비전을 실현하고 6G 서비스를 가능케 한다는 관점에서 주파수의 인프라적 필수성을 드러내고자 했다고 생각된다. 또한 timely/available란 단어는 해당 서비스들을 제공하고자 할 때, 즉 해당 정보를 무선으로 송수신하고자 했을 때, 시기적절하게 주파수가 준비돼야 한다는 주파수의 인프라적 중요성을 말한다고 생각한다. 결론적으로 6G

상용화가 예상되는 2030년까지는 6G 서비스를 제공 가능하도록 시기적절하게 주파수 대역 및 대역폭이 준비되어 있어야 한다는 뜻이다. 물론 글로벌 조화는 기본적으로 고려되어야 할 것이다.

통신 방식은 세대별로 진화되어 간다. 진화의 과정에는 기존 방식의 개선과 새로운 방식의 도입이 공존하게 된다. 6G에서 기존 서비스의 개선과 신규 서비스의 도입을 위한 기존 주파수 및 신규 주파수의 활용 방안을 생각해 보면, 중대역과 고대역이 기본적으로 고려될 것으로 예상된다. 마지막으로 5G까지 진화해 오면서 무선통신이 가진 이동통신으로서의 장점, 즉 통신 중 이동이 자유롭다고 하는 특성을 간과한 적은 없는지 생각해 본다. TTA

참고문헌

- [1] <https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148863556>, 대한민국 정책브리핑
- [2] ITU-R Working Party 5D 동향, 최형진수석, 삼성전자, 5G포럼 주파수 위원회 워크샵, 2022.07.07.~07.08.
- [3] https://cdn.codeground.org/nsr/downloads/researchareas/2022May_6G_Spectrum.pdf, Samsung 6G spectrum white paper, May 2022
- [4] <https://www.ericsson.com/en/blog/2022/6/6g-spectrum-why-its-fundamental>, Realizing the 6G vision-why is spectrum fundamental?, June 2022
- [5] 5G NR, Erik Dahlman, Stefan Parkvall, and Johan Skold, Academic press, 2018