

5G 미래 이동 통신	전 해 영
	삼성전자 DMC연구소 글로벌표준팀

I. 서 론

연일 TV 광고에서 LTE, LTE-A, 광대역 LTE, 광대역 LTE-A 등 이동 통신 관련 용어들을 쏟아내고 있다. LTE나 LTE-Advanced는 이동 통신 표준 규격을 제정하는 3GPP(The 3rd Generation Partnership Project)에서 개발한 기술 규격에 해당하는 명칭이지만, 지금은 누구나 사용하는 브랜드가 되었다. 참고로 LTE는 3GPP의 Release-8, 9 규격, LTE-Advanced는 Release-10 및 그 이후 규격에 해당하는 기술을 의미한다. 특히, LTE-Advanced는 Carrier Aggregation 등의 기술을 사용하여, 이론상 최대 전송 속도 1 Gbps 만족을 요구하는 ITU-R(International Telecommunication Union)의 IMT-Advanced 기술로 승인 받은 통신 기술로, 시장에서 흔히 4G 기술로 알려져 있다.

우리가 흔히 부르는 3G, 4G는 각각 ITU에서 제정한 IMT-2000^[1], IMT-Advanced^[2] 표준으로 승인된 기술을 지칭하는 의미로 사용된다. 3G에 해당하는 IMT-2000 표준은 ITU에서 1980년대부터 논의가 시작되어 2000년 첫 규격을 발행하였으며, 2002년 우리나라에서 최초의 상용 서비스를 시작한 바 있다. 4G에 해당하는 IMT-Advanced는 1990년대 말부터 논의가 시작되어 2003년에 4G 이동 통신 기술에 대한 Vision 권고서^[3]가 승인되었고, 2012년 상해 규격이 발행되었다.

1세대부터 4세대까지 이동 통신 기술의 역사를 살펴보면, 대체로 약 10년에 걸쳐 진화를 반복하여 새로운 기술을 내놓고 있으며, 이를 위한 연구 및 논의도 매 10년마다 유사한 패턴으로 반복되고 있다. 이

러한 경험을 바탕으로, 다음 세대 이동 통신, 즉 5G 기술 또한 2020년경 규격 발행과 상용화를 목표로, 이미 많은 연구기관과 산업체, 표준단체 등이 기술 연구와 표준화 논의를 시작하였으며, 그 열기는 점점 뜨거워지고 있다.

II. 5G 연구 동향

앞서 언급한 바와 같이 미래 이동 통신, 즉 5G에 대한 학계와 업계의 고민은 이미 시작되었다. 5G의 정의부터 5G가 추구하는 목표, 요구사항, 후보 기술, 후보 주파수까지 연구가 필요한 것들은 다양하다.

그 대표적인 예로, 각 지역과 국가를 대표하는 5G 연구 프로젝트들을 꼽을 수 있다. <표 1>에서 보는 바와 같이, 전 세계 주요 국가들은 5G 이동 통신 기술 선점을 위하여 이미 천문학적인 연구비를 투입하여, 5G 미래 이동 통신 기술 연구 프로젝트를 가동하였다. 이러한 연구 프로젝트들은 상호 협력 및 경쟁을 통해 5G 기술 주도권 확보를 위해 노력하고 있다.

<표 1> 전 세계 5G 연구 프로젝트

지역/국가	5G 연구 프로젝트/단체
한국	5G Forum
중국	IMT-2020 PG (Promotion Group)
일본	ARIB 2020 and Beyond AdHoc
유럽	5GPPP(Horizon 2020)
영국	5GIC (5G Innovation Center)

그 뿐 아니라, 주요 통신 학회 및 표준 단체들도 앞 다투어 관련 워크샵을 열고, 학회 세션을 개설하는 등 경쟁적으로 5G에 대한 논의의 장을 마련하고 있다. 몇 가지의 예를 들자면, 3GPP Workshop on Rel-12 and beyond('12. 6월)를 비롯하여, IEEE Globecom('13. 12월), ITU Seminar on IMT toward 2020 and beyond('14. 2월), IEEE WCNC('14. 4월), New York University의 Brooklyn 5G Summit('14. 4월), 5G Johannesburg Summit('14. 5월) 등 학계와 산업계의 관련 컨퍼런스와 워크샵이 거의 매달 개최되고 있다. 그만큼 5G는 현재 이동 통신 연구에 있어 가장 뜨거운 주제임에는 틀림이 없다.

또한, ITU-R Working Party 5D(WP5D)에서는 세계 각국을 대표하는 이동 통신 정책 및 기술 담당자들이 모여 IMT-Advanced 이후의 미래 이동 통신에 대한 비전 권고서^[4]를 개발 중이다. 4G IMT-Advanced 개발에 앞서 IMT-Advanced의 비전을 정하였던 M.1645^[3] 권고서에 해당하는 본 문서는, 2020년경 상용화를 목표로 하는 미래 이동 통신 기술의 정의, 목표 기능, 표준화 및 상용화 일정 등에 대한 ITU의 권고를 포함하고 있기에 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있다. 본 권고서는 '15년 6월 최종 완료 후 '15년 10월 승인을 목표로 하고 있다.

주요 통신 제조업체들은 기술 데모를 통해 5G의 연구 방향을 제시하기도 한다. 삼성전자는 2013년 5월, 세계 최초로 28 GHz 대역 고주파 기술과 antenna array 기술을 활용하여, 2 km 거리에서 1 Gbps 이상의 속도로 데이터를 전송하는 5G 데모 결과를 공개한 바 있다. 본 데모는 그간 수십 GHz 고주파 대역은 이동 통신 용도로 활용이 불가능하다는 업계의 선입견을 깬다. 동시에, 통신 업계가 고주파 또는 밀리미터 웨이브를 활용한 이동 통신 기술에 관심을 갖고 관련 연구에 적극적으로 뛰어들도록 만드는 계기가 되었다. 그 결과, 스웨덴의 통신 장비 강자인 Ericsson은 2014년 7월, 실내에서 15 GHz 대역을 활용하여 5

Gbps 전송 속도를 시연하기도 하였다. 이러한 사례들은 비록 초기 수준의 기술 시연이고, 5G의 다양한 후보 기술 중 일부만을 보여주는 것이지만, 이미 5G를 위한 기술 개발의 첫발을 성공적으로 내디뎠음을 뜻하기에 그 의미가 크다.

III. 5G Vision

5G가 정확히 무엇인가에 대해서 누구도 아직 정확히 답하기는 어렵다. 업체별로, 국가별로 그 목표에 차이가 있고, 아직은 이에 대한 합의를 이루어 가는 과정에 있기 때문이다. 하지만, ITU-R에서 현재 활발히 진행 중인 미래 이동 통신 비전 권고서^[4] 개발 현황을 참고한다면 다소 힌트를 얻을 수 있다.

ITU-R이 개발 중인 “IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond”는 ITU 회원국과 업체들이 2012년 7월부터 논의를 시작하여 2015년 6월 완료를 목표로 개발 중인 권고서로서, IMT-Advanced 이후의 미래 이동 통신 기술에 대한 비전을 제시하고, 향후 5G 이동 통신 기술 표준화 및 상용화의 가이드라인 역할을 한다. 참고로, 본 권고서는 미래 이동 통신에 대한 접근을 기존의 IMT-2000(3G) 기술과 IMT-Advanced(4G) 기술의 연속적인 진화(Evolution) 기술과, 기존의 시스템과 호환성을 보장하지 않는 새로운 혁신(Revolution) 기술의 조합으로 보고 있으며, 미래 이동 통신이 추구해야 할 주요 기능 및 성능 목표, 표준화 및 상용화 일정 등에 대하여 다음과 같은 내용을 포함하고 있다.

3-1 주요 기능 및 성능 목표

ITU-R은 미래 이동 통신의 Framework 설정을 위하여 주요 기능 및 성능 목표에 대한 제안을 받은 후, 각각의 항목에 대한 협의 과정을 거쳐, 비전 권고서에 반영할 항목에 대한 일정 수준의 합의에 도달하

였다. 각각의 항목 별로 목표 값을 어느 수준으로 설정할 것인가에 대해서는 아직 더 논의가 필요하지만, 현재 논의 중인 기능 및 성능 항목과 협의 중인 수준 값만으로도 ITU가 5G 미래 이동 통신 개발을 위하여 어떠한 방향을 설정하고 있는지를 확인할 수 있다.

3-1-1 Peak Data Rate

Peak data rate은 가장 최적의 환경에서 도달할 수 있는 셀 내의 이론적 최대 전송 속도를 의미하며, 새로운 이동 통신 기술의 목표를 정의할 때 언제나 주요 성능 지표로 설정하는 요소이다. 참고로, IMT-Advanced 기술의 framework을 설정할 당시 ITU-R은 1 Gbps를 목표로 설정한 바 있으며, 현재 ITU-R은 5G의 목표 값으로 이보다 10~50배 높은 10~50 Gbps 수준을 논의 중이다.

3-1-2 User Experienced Data Rate

다소 생소한 개념인 User experienced data rate은 사용자 위치와 무관하게, 어느 위치에 있더라도 보장할 수 있는 최소한의 전송 속도이다.

4G IMT-Advanced 기술은 최대 전송 속도 1 Gbps를 목표로 하지만, cell edge에서 사용자가 보장 받을 수 있는 전송 속도는 매우 낮은 수준이어서 멀티미디어 등 고속 전송 속도를 요구하는 서비스를 정상적으로 이용하기는 어렵다. 특히, ITU-R 보고서^[5]에 따르면, microcell edge에서 하향 링크의 주파수 효율은 0.075 bps/Hz로, Peak spectral efficiency 15 bps/Hz와 큰 차이를 보인다. 즉, Peak data rate 1 Gbps를 만족시킨다고 하더라도, cell edge에서는 5 Mbps 수준 밖에 제공하지 못한다는 것을 뜻한다. 하지만, 주파수 대역과 밴드 플랜이 제한적인 상황에서, LTE-Advanced 상용 서비스의 peak data rate이 1 Gbps에 한참 못 미치는 것을 고려할 때, 현실적으로 cell edge에서 사용자가 보장받을 수 있는 전송 속도는 Kbps 수준이 될 가능성이 높다.

따라서 ITU-R은 사용자들이 어떠한 상황에서도 높은 QoS 서비스를 이용할 수 있도록, 미래 이동 통신 기술이 cell edge 등 열악한 상황에서 최소한의 data rate을 제공할 것을 권고하고 있다. 현재 ITU가 논의 중인 값은 약 100 Mbps~1 Gbps 수준으로, 실질적으로 user experienced data rate이 5G 이동 통신 기술이 추구하고자 하는 가치를 가장 잘 나타낸다고 볼 수 있다.

3-1-3 Latency

Latency는 실시간 사용자 경험을 위하여 중요한 요소 중의 하나이며, 높은 신뢰성을 요구하는 서비스를 위해서도 낮은 latency는 매우 중요한 성능 지표로 판단된다. 따라서 ITU-R 미래 이동 통신 권고서는 단순히 data rate을 증가시키는 것 외에도 latency를 줄이고자 하는 목표도 함께 포함하고 있는데, 현재 50 ms 수준인 End-to-End latency는 5 ms 수준으로, 현재 10 ms 수준인 air interface latency는 1 ms 수준으로 약 10배 향상시키는 것을 목표로 하고 있다.

한편, Latency 감소는 air interface 기술 외에도 core network 기술의 진화를 요구하는 성능 지표이다.

3-1-4 Connection Density

M2M, Smart Home, Internet of Things(IoT) 등이 미래의 중요한 서비스로 부각되면서, 이동 통신 기술도 이를 지원하기 위하여 기존과 차별화된 성능 지표를 필요로 하게 될 것으로 보인다. 즉, 사용자들이 직접 사용하는 휴대용 기기뿐 아니라, 사람의 조작 없이도 스스로 데이터를 주고받는 다양한 기기들이 네트워크에 연결되어야 하기에, 미래 이동 통신 기술은 현재 기술보다 훨씬 더 많은 수의 connection을 관리할 수 있어야 한다.

아직 구체적인 목표 값은 합의되지 않았으나, 다양한 기기에 대한 connectivity 제공은 미래 이동 통신 기술의 핵심 지표 중 하나가 될 것이다.

3-1-5 Energy Efficiency

에너지 효율성은 이동 통신 기술의 오래된 숙제이자 목표이다. 특히, 수많은 기지국을 운영하는 사업자와 에너지를 관리하는 정부 입장에서는 기지국의 에너지 효율성을 높이는 것이 언제나 큰 관심사이다. 또한 사용자 입장에서 단말기의 에너지 효율을 높여 배터리 사용 시간을 증가시키는 것이 중요하다. 따라서 ITU-R은 5G 기술의 단위 전송 데이터 당 에너지 소모량 목표를 크게 개선함으로써, 향후 기하급수적인 데이터 소비량 증가로 인한 에너지 소모량의 급격한 증가를 방지하고자 단위 데이터 당 에너지 소모량 기준으로, 현재 기술 대비 약 50~100배 효율 향상을 목표로 설정하고 있다.

3-1-6 Spectral Efficiency

에너지 효율과 마찬가지로, 주파수 효율 향상 또한 이동 통신 기술이 지속적으로 추구하는 목표라 할 수 있다. 특히, 유한한 자원인 주파수가 다양한 서비스로 인하여 고갈 위기에 처해 있고, 새로운 서비스를 위한 주파수 확보가 어려운 상황에서, 이동 통신 뿐 아니라 모든 서비스들이 지속적으로 주파수 효율을 높이기 위한 연구를 할 필요가 있다. 그러나 단일 채널에서의 이론적인 주파수 효율은 더 이상 향상시키기 쉽지 않은 것이 사실이다. 따라서 한정된 주파수로 더 많은 데이터를 전송하기 위해서는 FD-MIMO, cell sector의 다분화, Narrow beamforming 기술 등을 활용하여 공간 재활용과의 조합을 통한 주파수 효율 향상 방법 등을 고려할 필요가 있다.

3-1-7 Mobility

세계 각국들은 자국의 차세대 초고속 열차 개발 계획 등을 기반으로, 초고속 열차에서 서비스를 이용할 수 있는 수준의 mobility를 목표로 잡고 있으며, 현재 약 500 km/h 수준의 목표를 논의 중이다.

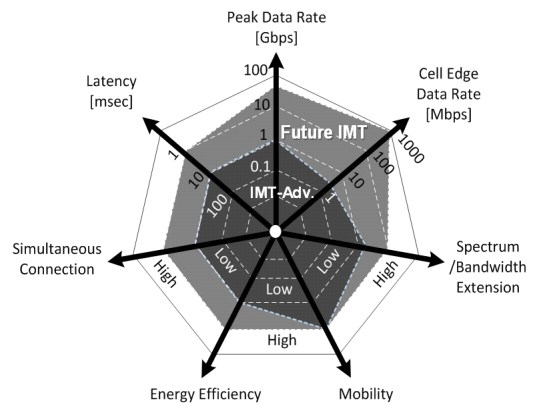
앞서 언급된 성능 지표들은 <그림 1>과 같은 Spider-

web 형태의 도식으로 Vision 권고서에 포함되어, 기존의 IMT-Advanced 및 IMT-2000 대비 새롭게 제시하는 미래 이동 통신의 성능 목표를 보여주게 된다. 참고로 <그림 1>은 한국이 ITU에 제안한 성능 지표들로서, 7가지 항목은 용어의 차이가 다소 있기는 하지만 앞서 언급된 7가지 기능 목표와 일치한다.

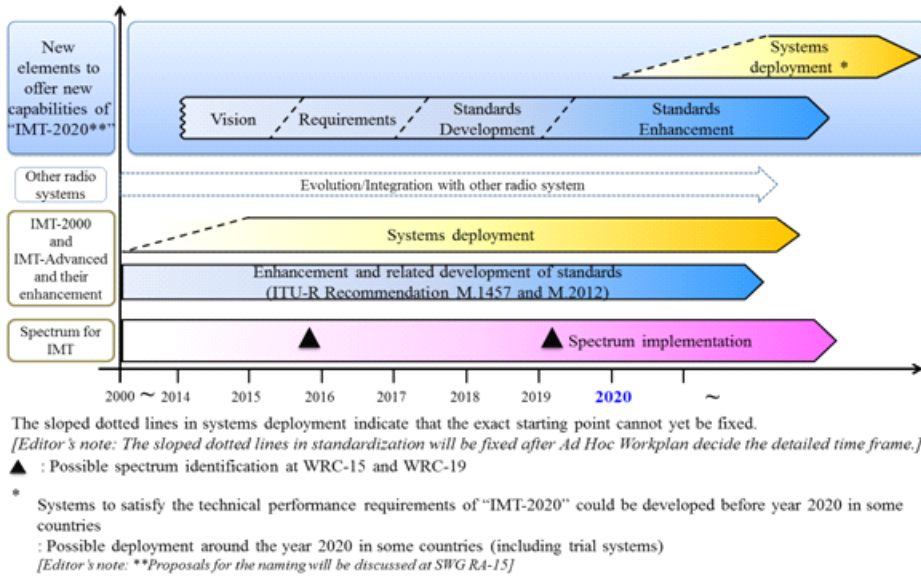
3-2 표준화 및 상용화 목표 일정

ITU-R WPSD는 '14년 2월과 6월, 두 차례 회의를 통해 5G 미래 이동 통신 기술 표준화 및 상용 서비스 목표 일정을 논의하였다. 그 결과, <그림 2>와 같이, 상용화 시작 시점을 2020년으로 설정하되, 일부 국가에서는 그 이전에 상용화 할 수도 있음을 포함하는 내용의 합의를 이루었다. 또한, 전체적인 프로세스는 기존 IMT-Advanced 표준화 프로세스와 같이, Vision 개발 → 요구사항 정의 → 기술 규격 제정 → 시스템 구축 및 상용화의 순서로 진행하고, 각 단계별 개략적인 일정도 정의하였다.

특히, 아직 상세한 표준화 일정까지 최종 합의에 도달한 상황은 아니지만, 2020년까지 표준화를 완료한다는 목표 일정에 합의하였고, 이를 위하여 '16~'17년에 기술 요구사항과 평가 방법을 개발하고 '18



[그림 1] 한국이 ITU-R에 제안한 미래 이동 통신의 성능지표 목표^[4]



[그림 2] ITU-R의 미래 이동 통신 표준 개발 및 상용 서비스 일정^[4]

년을 중심으로 기술 제안을 받은 후, '19~'20년에 제안 기술에 대한 평가와 최종 규격 개발 완료를 목표로 설정하였으며, 관련 내용을 유관 표준단체에 Liaison을 통해 공유하였다.

이에 따라, 3GPP 등 이동 통신 표준화 단체들은 '18년에 중점적으로 이루어지는 기술 제안을 목표로 기술 및 규격 개발을 추진할 것으로 예상되며, 그보다 앞서 2016~2017년 요구사항 및 평가 방법에 의견을 반영하기 위해서는 늦어도 내년부터는 관련 연구를 시작해야 할 것으로 판단된다.

IV. 미래 이동 통신 후보 기술

앞서 언급한 바와 같이, 현재 ITU-R에서 논의 중인 미래 이동 통신 비전을 만족시키기 위해서는 다양한 기술 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 특히 지금보다 10~100배 수준으로 향상된 Peak data rate과 user experienced data rate 만족을 위한 air interface 기술이나 새로운 주파수 대역을 활용하기 위한 기술을

비롯하여, latency 감소를 위한 Core network 기술 등의 개발이 필요하다. 특히, 그 중에서 많은 업체들로부터 공통적으로 언급되고 있는 주요 후보 기술 분야는 다음과 같다.^[6]

4.1 고주파 대역 활용 기술

Data rate을 높이는 방법으로는, 동일한 주파수 대역을 사용하면서 주파수 효율을 높이는 방법과 더 넓은 주파수 대역을 활용하는 방법이 있다. 그러나 더 이상 주파수 효율을 획기적으로 높이는 것은 쉽지 않기 때문에, 더 넓은 주파수 대역을 활용하는 것이 효과적이다. 다만, 현재 이동 통신 용도로 활용 중인 수백~수 GHz 주파수 부근 대역에서는 5G의 전송 속도 목표 달성을 위한 수백 MHz 이상의 넓은 주파수 대역을 확보하기가 쉽지 않다. 따라서 넓은 주파수 대역 확보가 상대적으로 덜 어려운 6 GHz 이상 고주파 대역 활용 기술이 향상된다면 획기적으로 data rate을 향상시킬 수 있을 것이다.

고주파 활용 기술에는 여러 가지가 있을 수 있으

나, 특히 Power Amp와 Mixer 등 RF 기술과 Antenna 기술뿐 아니라, 초광대역에 적합한 새로운 air interface 기술 등이 5G의 중요한 후보 기술이 될 수 있다.

4-2 Advanced MIMO & Beamforming 기술

MIMO와 Beamforming 기술은 그 자체로도 셀 용량과 전송 속도를 향상시키는 역할을 한다. 그 뿐 아니라, 앞서 언급한 고주파 대역을 활용하기 위해서도 Beamforming 기술은 반드시 필요하다.

고주파 대역의 높은 path loss를 극복하고, 이동 통신 용도로 사용하기 위해서는, 송신기와 수신기 간 최적의 경로로 송수신 에너지를 모아주는 antenna array 및 Beamforming 기술이 반드시 필요하며, 또한 이동하는 대상과의 통신을 위해서는 이러한 송수신 간의 빔 방향을 실시간으로 조정하는 Dynamic beam tracking 기술이 반드시 필요하다. 즉, Beamforming과 Dynamic Beam Tracking 기술은 고주파 대역 활용을 전제로, 미래 이동 통신의 핵심 후보 기술이라 할 수 있다.

4-3 Advanced Small Cell 기술

현재 3GPP에서 기술 개발 중인 Small cell 기술과 그 진화 기술은 단위 면적당 데이터 전송량을 증가시켜 주고, cell edge 등 성능이 열화되는 지역을 회색시키거나 궁극적으로 제거함으로써, user experienced data rate를 향상시켜 주는 역할을 한다. 또한, 셀의 크기를 줄임으로써 단위 면적당 데이터 전송량을 증가시킬 수 있는 기술이다.

4-4 Advanced D2D 기술

기지국을 통하지 않고 기기들 간에 직접 데이터를 주고받는 D2D 기술은 기존의 기지국 중심의 이동 통신 네트워크를 보완함으로써, 주어진 공간에서의 주파수 효율과 data capacity를 높여주는 기술로 평가받고 있다. 또한, 좁은 지역에 밀집된 많은 device들이 서로 간의 connection을 구성하여 massive connectivity

를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

4-5 Flat Networking 기술

5G 이동 통신이 요구하는 네트워크 단의 End-to-end latency를 줄이기 위해서는 device와 서버 간의 경로를 최대한 단순화하기 위한 기술 연구가 필요하다. 예를 들면, 사용자가 필요로 하는 contents가 위치한 서버로 직접 연결하기 위한 기술이나, 사용자가 필요로 하는 contents를 미리 사용자와 가장 가까운 기지국 단으로 배치하는 기술 등은 latency 감소뿐 아니라, 네트워크 구조 단순화를 통한 비용 효율화에도 기여할 수 있다.

4-6 Mobile SDN 기술

SDN(Software Defined Network)은 기존 하드웨어 중심의 네트워크를 소프트웨어 기반으로 전환시키는 개념으로서, 기하급수적으로 다양화 되어가는 서비스 환경에 맞추어 유연한 구조의 네트워킹 기술을 뜻한다. 예를 들어, 주요 행사 지역이나 운동 경기장 등 특정 기지국에 순간적으로 트래픽 사용량이 폭증하는 경우, 네트워크가 스스로 가용 자원을 재배치함으로써 네트워크 운영 효율화를 최대로 끌어올릴 수 있다.

이러한 모바일 SDN 기술은 미래 이동 통신 기술에 있어 주요 네트워크 진화 기술로 부각될 전망이며, 이러한 기술은 단위 면적당 massive connectivity 제공 및 비용 효율화 등에 기여할 것으로 전망된다.

V. 고주파 이동 통신 기술

앞서 언급한 후보 기술 중에서도 현재 가장 많은 관심을 받고 있는 기술을 꼽자면, 고주파 활용 기술과 이를 위한 Beamforming, Beam Tracking 기술을 꼽을 수 있다. 왜냐하면, 다른 후보 기술들은 대부분 지금껏 활용되었거나 논의되었던 기술의 진화에 가깝

지만, 고주파 기술과 아날로그 Beamforming, Dynamic Beam Tracking 기술은 지금껏 이동 통신용으로 사용을 시도하지 않았던 새로운 시도이자 혁신 기술로 볼 수 있기 때문이다.

그렇다면, 왜 지금껏 고주파 대역은 이동 통신 용도로 고려하지 않았을까? 대표적인 두 가지 이유를 꼽자면, 고주파 대역에서는 path loss가 크기 때문에 수신 파워가 낮고 커버리지가 좁아 이동 통신 용도로 사용이 어렵다는 인식이 강했고, 고주파 하드웨어 기술이 성숙하지 못하여 RF SoC 등 칩 솔루션의 성능이 낮은 반면, 비용은 높은 문제점들을 들 수 있다.

그러나 최근 이러한 인식에 변화가 감지되고 있다. 안테나 기술 발전으로 antenna array 및 beamforming 기술 적용이 가능하고, 안테나의 송수신 방향을 실시간 조정해 주는 dynamic beam tracking 기술이 발전으로 인하여 고주파 대역에서의 높은 path loss를 상당 부분 보상해 줄 수 있다. 또한, 전통적인 셀 개념에서 small cell 등 점차 셀의 크기가 작아지는 방향으로 진화하고 있는 것도 고주파 활용을 가능하게 하는 요인이 되고 있다. 즉, 고주파 대역을 활용하여 전송 속도와 셀 용량을 증가시키고자 하는 곳은 주로 사용자가 밀집되어 있는 도심 지역인데, 이러한 곳일수록 셀의 크기가 작기 때문에 고주파의 좁은 커버리지는 큰 문제가 되지 않는다.

RF 하드웨어 기술에 있어서도, 최근 60 GHz WiFi (WiGig) 기술의 상용화를 눈앞에 두고 있을 정도로 상용 칩 솔루션들을 시장에서 쉽게 구할 수 있는 수준으로 발전하였다. 물론 아직 더 발전이 필요한 여지는 많이 남아 있으나, 적어도 고주파 RF 솔루션이 상용 솔루션으로 경제성을 확보할 수 있음을 보여준다.

실제로 최근 다양한 연구기관 등에서 고주파를 활용한 채널 측정 실험 결과들을 발표하고 있다.^{[7]~[11]} Beamforming과 beam tracking 기술 적용을 가정한 채널 측정 결과, 수백 미터 이내 범위에서 path loss exponent가 약 2.0(LoS) 수준에서 약 3~4.5(NLoS) 수준

으로, 이동 통신으로 활용 가능성을 확인하였다. 또한, 이러한 연구 결과에 힘입어, ITU-R에서도 고주파 대역의 이동 통신 활용 타당성을 연구 중이며, 이에 대한 기술 보고서 개발을 진행 중이다^[12].

VI. 5G와 주파수 정책

이동 통신 서비스에 있어서 주파수는 필수불가결한 요소이다. 특히 새로운 이동 통신 기술 적용을 위해서는 그 기술을 적용하기 위한 주파수 확보가 반드시 선행되어야 한다. 이는 신도시 개발을 위한 토지를 가장 먼저 확보하는 것과 같은 이치이다. 큰 도시를 계획할수록 더 넓은 토지가 필요하다.

특히, 최근의 이동 통신 서비스는 글로벌 로밍 서비스 제공과 공통의 밴드 플랜 적용을 통한 휴대폰 수급 활성화가 매우 중요한 요소이기 때문에, 신규 주파수 정책 수립 시 국제 표준에 근거한 공통의 주파수 대역 적용이 매우 중요하다.

국제 주파수 표준은 WRC(World Radiocommunication Conference)에서 정하는 전파 규칙(Radio Regulation)을 통해 이루어진다. ITU 회원국들이 3~4년마다 모여 약 4주간의 회의를 거쳐 합의를 도출하여 결정하는 전파 규칙에는 각 주파수 대역별 허용 서비스와 서비스 적용 시 지켜야 할 전파 규칙들이 정의되어 있다. 따라서 특정 주파수 대역을 국제 공통으로 5G 이동 통신 용도로 활용하고자 한다면 WRC를 통해 해당 대역을 모바일 서비스로 할당을 받고, 이동 통신 용도로 지정 받아야 한다. 2020년 이전에는 2015년과 2019년, 두 차례의 WRC 회의가 예정되어 있기 때문에, 이 두 번의 회의를 통해 미래 이동 통신에 필요한 추가 주파수를 확보하여야 한다.

ITU는 단계적인 접근 방법을 통해 2015년에는 6 GHz 이하 대역에서 추가 주파수를 확보한 후, 2019년에는 6 GHz 이상 고주파 대역을 추가로 할당받을 것을 추진하고 있다. 그러나 이미 다양한 서비스들

이 거의 모든 주파수 대역을 사용 중이므로, 미래 이동 통신 용도로 새로운 주파수를 할당받기 위해서는 기존의 서비스와 주파수 공유가 가능한지, 또는 주파수 재배치가 가능한지 등의 공유 연구 및 정책 연구를 통해 최종적으로 WRC에서 합의를 도출해야 한다.

그러나 이동 통신, 위성, 방송, 과학 등 각국의 주요 산업 구조가 상이한 상황에서, 많은 국가들이 자국의 산업 보호 및 육성을 위하여 주파수 대역 별로 서로 다른 의견을 주장하기 때문에, 이들 국가들이 합의된 대역을 발굴하기란 매우 어렵다.

예를 들어, WRC-15에서 이동 통신 용도의 추가 주파수 대역 지정을 위하여 470~6425 MHz의 광범위한 대역 내에서 후보 대역이 논의되고 있으나, 그나마 추가 지정 가능성이 있는 대역으로는 1.452~1.492 GHz, 3.4~3.6(약 90여 개국은 기 지정), 3.6~3.8, 3.8~4.2 GHz 등을 꼽을 수 있다. 이 대역 중 얼마나 WRC-15에서 이동 통신 용도로 지정 받을 수 있을지는 알 수 없으나, 할당 받은 대역은 Supplementary Down-Link, Small cell 등 미래 이동 통신 기술의 적용 대상이 될 가능성이 높다.

또한, 5G 미래 이동 통신의 가장 유력한 후보 기술로 언급되고 있는 고주파 기술 적용을 위해서는 6 GHz 이상의 고주파 대역에서의 광대역 확보가 필요하며 WRC-19에서 주파수 확보가 필요하다. 이를 위해서는, 우선 WRC-15에서 ‘고주파 추가 지정 연구’ 아이템을 WRC-19 회의 의제로 반영하여야 한다.

한국 정부를 비롯하여 아시아, 유럽 등의 주요 국가들이 지역 준비 기구를 통해 WRC-19 의제에 고주파 연구 의제 반영을 위한 활동을 이미 진행 중이다. 특히, 아시아 태평양 지역에서는, 우리나라가 미래부, 국립전파연구원 등을 중심으로, 2014년 6월 APT의 WRC 준비 기구인 APG 회의에서 이동 통신용 고주파 추가 지정을 위한 WRC 연구 의제를 제안하고, 관련 논의를 주도하고 있다. 또한, 유럽에서는 영국, 스웨덴, 독일 등 이동 통신 강국들과 주요 업체들이

CEPT의 WRC 준비 기구인 CPG에 이동 통신을 위한 고주파 연구 의제를 제안하여 관련 연구가 집중적으로 진행 중이다. 이러한 연구 의제 제안서는 각 지역 기구별로 협의와 승인 과정을 거쳐, WRC-15에서 최종적으로 WRC-19 의제로 반영할 것인지 여부를 결정하게 된다.

Ⅶ. 앞으로 할 일

5G 미래 이동 통신에 대한 연구는 이제 막 시작 단계라고 할 수 있다. 그만큼 앞으로 연구 개발, 표준화, 주파수 정책 등의 분야에 있어 2020년까지 해야 할 일이 산적해 있다. 이러한 연구 개발 및 표준화 논의를 진행해 감에 따라, 아직은 다소 추상적인 5G의 실체도 점차 구체화 될 것으로 기대된다.

연구 개발 분야에 있어서는 산업계와 학계, 연구 기관들이 5G 후보 기술 연구를 통해 성능 개선 및 신규 기술을 발굴하는 노력이 필요하며, 표준화에 있어서도 2020년 상용화 목표에 차질이 없도록 표준 단체들이 5G 표준 개발 로드맵을 수립하고, 적기 표준화 완료를 위한 노력이 필요하다. 또한 주파수 분야에 있어서도, WRC-15에서의 저주파 대역 추가 확보 및 ‘고주파 대역 추가 지정 연구’의 WRC 의제 반영이 필요하며, WRC-19에서 주파수 추가 지정을 위하여, 2020년 이후 요구되는 주파수 소요량 예측과 고주파 대역에서의 후보 대역 발굴, 후보 대역에 대한 채널 모델 개발, 채널 모델을 활용한 기존 서비스와의 공유 연구 등의 연구 활동이 필요하다.

과거, 새로운 세대의 이동 통신 기술이 개발될 때마다 그 발원지는 대부분 유럽이었으며, 그에 따라 주도권도 유럽이 상당 부분 차지하였다. 이제 서서히 그 중심을 아시아로 이동시켜야 할 때이다. 5G 미래 이동 통신에 대한 연구 개발, 표준화, 주파수 정책 등에 있어, 한국을 중심으로 중국, 일본 등과 함께 협력을 강화하여 국제무대에서 한 목소리를 내고, 관

련된 개발 및 표준화 성과를 낼 수 있다면 5G의 발원지는 한국과 아시아로 기억될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] "Recommendation ITU-R M.1457: Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000)", *ITU-R*, May 2002.
- [2] "Recommendation ITU-R M.2012: Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications-Advanced (IMT-Advanced)", *ITU-R*, Jan. 2012.
- [3] "Recommendation ITU-R M.1645: Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000", *ITU-R*, Jun. 2003.
- [4] "Working document toward preliminary draft new Recommendation ITU-R M.[IMT.VISION]: IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond", *ITU-R WP5D*, Jun. 2014.
- [5] "Report ITU-R M.2134: Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface (s)", *ITU-R*, Nov. 2008.
- [6] Wonil Roh, "Vision and key features for 5th generation communications", *IEEE WCNC Keynote Talks*, Apr. 2014.
- [7] J. N. Murdock, E. Ben-Dor, Y. Qiao, J. I. Tamir and T. S. Rappaport, "A 38 GHz cellular outage study for an urban outdoor campus environment", *Wireless Communications and Networking Conference(WCNC)*, IEEE, 2012.
- [8] T. S. Rappaport, E. Ben-Dor, J. N. Murdock and Y. Qiao, "38 GHz and 60 GHz angle dependent propagation for cellular & peer-to-peer wireless communications", *International Conference on Communications(ICC)*, IEEE, 2012.
- [9] Y. Azar, G. N. Wong, T. S. Rappaport, et al, "28 GHz propagation measurements for outdoor cellular communications using steerable beam antennas in New York City", *Submitted to IEEE International Conference on Communications(ICC)*, Jun. 2013.
- [10] H. Zhao, R. Mayzus, T. S. Rappaport, et al, "28 GHz millimeter wave cellular communication measurements for reflection and penetration loss in and around buildings in New York City", *Submitted to IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Jun. 2013.
- [11] RWS-120021, *3GPP Workshop*, Jun. 2012.
- [12] "Working document towards a preliminary draft new report ITU-R M.[IMT.ABOVE 6 GHz]: The technical feasibility of IMT in the bands above 6 GHz", *ITU-R*, Jun. 2014.

≡ 필자소개 ≡

전 해 영



1998년 2월: 서울대학교 전기공학부 (공학사)

2000년 2월: 서울대학교 항공우주공학과 (공학석사)

2006년 2월: 서울대학교 기계항공공학부 (공학박사)

2006년 3월~현재: 삼성전자 DMC연구

소 글로벌표준팀