

## 28GHz 기술동향 및 이슈사항 (5G 스몰셀 관점에서)

| 작 성 | ETRI 나지현 실장 ([jhna@etri.re.kr](mailto:jhna@etri.re.kr)),  
ETRI 좌혜경 책임연구원 ([hkjwa@etri.re.kr](mailto:hkjwa@etri.re.kr))

- 『AI Network Lab 인사이트』 는 인공지능, 클라우드, 5G, 양자암호통신 등 4차 산업혁명의 핵심인 지능정보기술과 네트워크 신기술에 대한 동향을 간략하고 심도 있게 분석한 보고서입니다.
- 본 연구보고서는 과학기술정보통신부의 방송통신발전기금조성사업, 한국지능정보사회진흥원의 『정부업무망 모바일화 레퍼런스 실증』 의 연구과제 결과이며, 한국지능정보사회진흥원에서 기획·발간합니다.
- 본 연구보고서의 내용의 무단 전제를 금하며, 가공·인용할 때는 반드시 출처를 『한국지능정보사회진흥원(NIA)』 이라고 밝혀 주시기 바랍니다.

발 행 처 한국지능정보사회진흥원

발 행 인 문용식

기 획 한국지능정보사회진흥원 지능형인프라본부 인프라기획팀

보고서 온라인 서비스 [www.nia.or.kr](http://www.nia.or.kr)

요약

- 우리나라에서는 2019년 4월에 세계최초로 5G 이동통신을 상용화한 후 커버리지를 점차 확장 중에 있으나 28GHz 대역은 상용화 전으로 본 고에서는 5G에서의 28GHz 대역 활용에 대한 국내의 기술 현황 및 이슈 사항에 대하여 간략히 소개한다.
- 이동통신은 공간의 전파를 이용하여 언제, 어디서나 자유롭게 이동하면서 통신 서비스를 제공할 수 있는 기술로, 1981년 1G 아날로그 이동통신 AMPS(Advanced Mobile Phone Service)를 시작으로 매 10년마다 한 세대씩 발전하여 2020년 현재 5G이동통신으로 발전해오고 있다.
- 5G NR(5G New Radio: 3GPP가 정의하는 5G 기술 규격)이 기존 기술규격과 다른 점은 초고속 데이터 전송, 초신뢰/초저지연 데이터 전송 및 초다수의 IoT 연결과 같은 3 종류의 다른 특성을 모두 제공할 수 있는 다양한 Numerology 및 망 구조를 수용하고 있다는 점과 우리나라에서는 28GHz로 알려진 mmWave 주파수 대역에 대한 기술을 정의하고 있다는 점이다.
- mmWave 대역은 통상 30 ~ 300GHz 사이의 주파수 대역을 일컫는 말로 이 대역의 파장이 1~10mm 정도 되기 때문에 붙여진 이름이다. mmWave의 경우, LTE와 그 전 이동통신 시스템에서 주로 활용하던 대역인 700MHz~2.6GHz 대역의 낮은 주파수 대역에서의 신호 전파 특성과는 다른 특성이 있어서 이에 대한 기술적인 고려가 필요하다. 무선통신 시스템에서 송신기와 수신기 사이의 전파손실에는 자유공간 경로 손실, 대기 감쇠 및 강우감쇠, 산란에 의한 손실, 산란과 회절, 실내의 투과 손실등 여러 전파 손실을 고려해야 한다.
- mmWave 대역의 이러한 특성을 극복하기 위한 방법 중 가장 중요한 기술중 하나가 빔포밍(Beamforming) 기술이며, Deployment 측면에서는 짧은 커버리지 단점을 보완하는 5G 스몰셀 이다. mmWave를 위한 빔포밍 기술은 5G NR 규격에 포함되어 있으며 기지국의 위치, 사용자의 위치를 고려한 빔포밍 기술은 성능과 많은 연관이 된다.
- 스몰셀은 셀의 커버리지가 반경 1Km 미만의 기지국을 말하며 4G LTE 까지의 스몰셀은 가정용, 기업용, 도심용, 교외용으로 구분되어 우리나라 중소기업이 글로벌 시장을 확보해 왔다. 28GHz를 지원하는 스몰셀의 경우는 중소기업 뿐만 아니라 주요 이동통신 제조사(에릭슨, 노키아, 화웨이, 삼성등)에서 관심을 갖고 개발하여 상용화중에 있으며,

# Contents

요약

(1) 28GHz 기술 동향 및 이슈사항 요약 ..... 4

주요 내용

(1) 5G 이동통신 개요 ..... 6  
 (2) 5G 에서의 28GHz 대역 (FR2) 주파수 도입 및 특징 ..... 8  
 (3) 5G 스몰셀 장비 ..... 11  
 (4) 28GHz 대역의 국내외 현황 ..... 14  
 (5) 28GHz 대역을 지원하기 위한 이슈사항 ..... 16  
 (6) 결론 ..... 17

이에 따른 중소기업의 시장확보 방안도 중요할 것이다.

- 28GHz 대역은 광활한 주파수 대역을 활용하여 높은 데이터 전송 속도를 제공할 수 있지만, 여러 가지 요인(대기손실, 강우손실, 산림손실등)에 의한 신호 감쇠와 Blocking으로 5G 커버리지를 높이고 끊임없는 서비스를 지원하는데에는 한계가 있다. 이에 따라 28GHz 대역의 주파수 특성을 이해한 셀 설치 시나리오 및 이에 맞는 서비스 발굴이 필요할 것이다.

## 주요 내용

### (1) 5G 이동통신 개요

- 이동통신은 공간의 전파를 이용하여 언제, 어디서나 자유롭게 이동하면서 통신 서비스를 제공할 수 있는 기술로, 1981년 1G 아날로그 이동통신 AMPS(Advanced Mobile Phone Service)를 시작으로 매 10년마다 한 세대씩 발전하여 2020년 현재 5G 이동통신으로 발전해오고 있다.
- [그림 1]은 1G부터 5G까지의 이동통신 발전사를 보여준다. 이동통신 시스템에 대한 이름은 세대별로 달리 불리워지고 있으며, 기술 표준 규격에서 사용하고 있는 공식 명칭으로는 4G의 3GPP기술 규격은 LTE로, 5G의 3GPP기술 규격은 5G NR (New Radio)로 불리우고 있다. 4G 규격의 초반까지도 2개이상의 기술 표준이 존재했으나 4G LTE부터는 3GPP 기술 규격이 세계 유일의 기술규격으로 자리매김하고 있다.

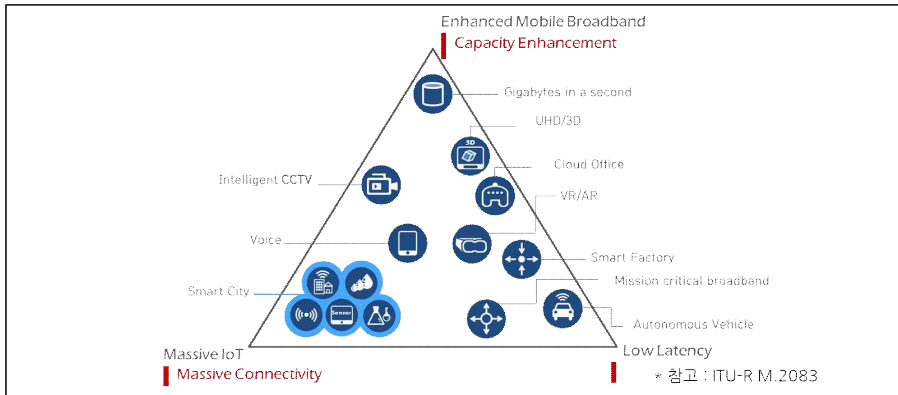
	1G	2G	3G	4G	5G
	AMPS TACS NMT	GSM D-AMPS IS-95 CDMA	WCDMA/HSPA cdma2000	LTE	5G NR
상용화	1981, 1984	1991, 1996	2000, 2002	2011, 2011	2019, 2019
서비스	☎ 음성전화	☎ 음성, 문자	📺 +영상통화	📺 실시간 스트리밍	📺 초고속, 초저지연, 초연결
전송속도	10kbps이하	14.4~66kbps	144kbps~2Mbps	100Mbps이상	20Gbps
표준	AMPS, TACS, NMT	3GPP GSM IS-95 CDMA	3GPP UMTS, 3GPP2 WCDMA	WiBro, 3GPP LTE	3GPP 5G NR

[그림 1] 이동통신 시스템의 발전사

- 2G 이동통신 시스템은 최초의 디지털 이동통신 기술로 우리나라에서는 CDMA(Code Division Multiple Access)라는 기술을 세계 최초 상용화하면서 IT 강국으로 발돋움하는 계기가 되었다. 이후 2G 통신 기술을 기반으로 한 3G 이동통신 시스템까지는 음성, 문자 서비스가 주 서비스였으며 낮은 화질의 영상서비스 제공도 가능하게 되었다.
- 4G 이동통신 시스템에서의 획기적인 변화는 이동통신 전화기에 컴퓨터, 사진기 등을 탑재한 스마트폰 시대가 본격화 된 것이며, 기술적으로는 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) 개념이 들어가면서 보다 높은 데이터 전송율을 제공하

게 됨에 따라 기존의 음성, 문자 뿐아니라 다양한 인터넷 서비스를 제공하게 되었다.

- 4G까지의 이동통신 시스템이 더 높은 데이터 성능을 제공하는 서비스에 목표를 두었다면, 5G에서는 보다 높은 데이터 성능 (eMBB: enhanced Mobile BroadBand) 뿐만 아니라 초 고신뢰,저지연 (Ultra-Reliable & Low Latency Communications), 대규모 IoT 단말 (mMTC: massive Machine Type Communications) 서비스까지 지원하기 위한 기술 목표를 설정하여 일반 사용자 뿐만 아니라 스마트 팩토리, 스마트 시티와 같은 다양한 융합시장에 활용이 가능할 것으로 전망된다.



[그림 2] ITU-R에서 정의하고 있는 5G 서비스

- 5G NR이 기존 기술규격과 다른 특징 중 하나는 3종류의 특성이 다른 5G 서비스를 제공하기 위하여 다양한 Numerology 및 네트워크 슬라이싱을 지원하는 망 구조를 사용하고 있다는 점이다. 또한 주파수 측면에서는 우리나라에서는 28GHz로 알려진 mmWave 주파수대역에 대한 기술을 정의하고 있다는 점이다.
- 5G에서는 더 높은 데이터 전송 속도를 제공하기 위하여 보다 넓은 주파수 대역을 필요로 하였으며, 열악한 전파특성을 갖고 있지만 넓은 주파수 대역을 활용할 수 있는 mmWave 대역을 활용할 수 있는 기술을 개발하게 된다. 5G NR 규격에서는 이러한 mmWave 대역을 FR2(Frequency Range 2: 24.250GHz~52.600GHz)라고 분리하고 있으며 기존에 활용하던 이동통신 주파수 대역인 FR1( Frequency Range 1: 400MHz~7.125GHz)과 분리하여 기술적인 규격을 제시하고 있다.
- 우리나라에서는 5G 주파수로 FR1, FR2 모두를 2018년 6월에 할당하였으며, 3.5GHz 대역이라 불리는 FR1 대역으로는 3.42GHz~3.70GHz(LG U+80MHz, KT, SKT: 100MHz), 28GHz로 불리는 FR2 대역으로는 26.5GHz ~28.9GHz (이통 3사: 800MHz) 를 할당하였다.

## (2) 5G 에서의 28GHz 대역 (FR2) 주파수 도입 및 특징

- 무선통신에서 데이터 전송 속도는 샤논의 채널 용량 공식 ( $C = W \log_2(1 + S/N)$ ),  $W$ : 가용 대역폭,  $S$ : 수신 신호 전력,  $N$ : 잡음 전력)에 의하여 결정되며, 용량을 가장 많이 늘릴 수 있는 방법은 가역 대역폭을 늘리는 것이다. mmWave로 불리는 28GHz 대역의 경우 통신 시스템에서 사용하기에는 어려운 전파 특성을 갖지만 넓은 대역을 할당 받을 수 있는 특성이 있어서 높은 데이터 전송 속도를 제공할 수 있다. 본 장에서는 mmWave 주파수의 특성 및 이를 위한 기술에 대하여 알아본다.
- mmWave 대역은 통상 30 ~ 300GHz 사이의 주파수 대역을 일컫는 말로 이 대역의 파장이 1~10mm 정도 되기 때문에 붙여진 이름이다. mmWave의 경우, LTE와 그 전 이동통신 시스템에서 주로 활용하던 대역인 700MHz~2.6GHz 대역의 낮은 주파수 대역에서의 신호 전파 특성과는 다른 특성이 있어서 이에 대한 기술적인 고려가 필요하다.
- 무선통신 시스템에서 송신기와 수신기 사이의 전파손실에는 자유공간 경로 손실, 대기 감쇠 및 강우감쇠, 산란에 의한 손실, 산란과 회절, 실내외 투과 손실등 여러 전파 손실을 고려해야 한다.
- 자유 공간 전파 손실: 잘 알려진 Friis 전파 공식에 따르면, 수신 신호 전력  $P_r$ 은 거리 ( $R$ )의 제곱에 반비례하고, 파장 길이( $\lambda$ )에 비례하므로, 주파수와 거리에 따른 손실 특성은 거리( $R$ )의 제곱에 비례하고, 파장 길이( $\lambda$ )에 반비례하는 것을 알 수 있다.

$$P_r = P_t + G_t + G_r + 20 \log \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right) \text{ [dBm]}$$

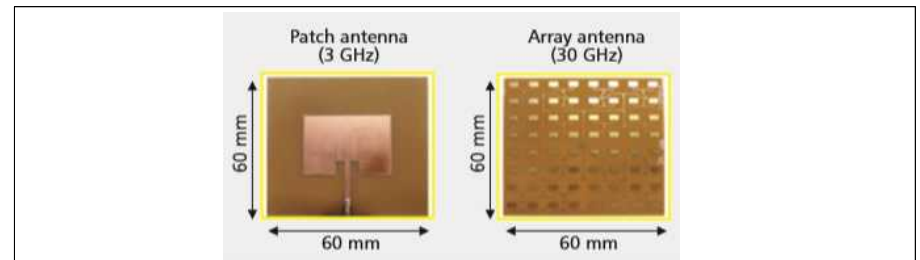
- 송신기 안테나 이득 ( $G_t$ )와 수신기 안테나 이득( $G_r$ )이 모두 0dB일 때 즉, 등방성 안테나를 기준으로 보면, 28GHz 대역의 자유 공간 손실은 850MHz일 때보다 30dB, 3.5GHz일 때보다는 18dB 이상 손실이 더 발생하는 것을 수식을 통해 확인할 수 있다.
- 대기 손실: mmWave 전파가 대기 중에 전파될 때, 대기 중의 산소 분자, 수증기 기타 다른 기체 성분들에 의해 흡수되면서 손실이 발생한다. 이러한 손실은 특정 주파수 대역에서 두드러지게 발생하는데, 기체 분자들과의 공명 현상 때문에 이 대역에서 전파가 흡수되는 현상이 크게 발생하기 때문이다. 시험적으로는 24GHz의 수증기 대역과 60GHz의 산소 대역에서 이러한 흡수 손실이 크게 나타나며, 28GHz 대역에서는 0.1dB/km의 대기 손실이 발생된다고 알려져 있다.

- 강우 손실: 강우 손실은 빗방울이 mmWave 대역의 파장과 비슷한 크기이기 때문에 전파의 산란을 유발하는데, 지리적 요인 및 시간당 강우량에 따라 손실의 정도가 매우 다양하게 발생된다. 강우량이 시간당 110mm일 때에는 4dB/200m의 손실이 발생되지만, 강우량이 시간당 10mm일 때에는 3dB/km 이하로 떨어지게 된다. 또한 눈과 안개에 의한 손실은 28GHz에서는 미미한데, 0.4~0.5dB/km이다.
- 산림에 의한 손실: 실험에 의하면, 나뭇잎이 우거져 있을 때, mmWave 대역에서는 나무 한 그루당 7dB/m 정도의 손실이 발생되는 것이 알려져 있으며, 특히 2GHz 대역에 비해 mmWave 대역에서는 4dB/m 정도 손실이 추가적으로 발생된다는 것이 알려져 있다. 보통 작은 나무 한 그루는 2m 정도, 큰 가로수의 경우는 4~5m 되기 때문에 손실이 무시하지 못할 수준임을 알 수 있다.
- 산란과 회절 손실: 송신기와 수신기 사이에 장애물이 없는 직진 경로가 없다면 신호는 장애물들에 의해 반사되고 회절이 되어 수신기에 도착하게 된다. 이는 장애물 매체의 반사율과 밀접한 관계가 있고, 짧은 파장의 신호는 정반사되기 보다는 여러 방향으로 분산 확대되어 반사되어 수신기에 많은 전력이 전달되기 어렵게 된다. 또한 파장이 더 짧아진 mmWave 대역에서는 전파가 장애물을 만나게 될 때 장애물 뒤로 돌아 들어가는 현상인 회절 효과가 떨어지기 때문에 장애물 뒤의 음영 지역으로는 전파가 도달하지 않게 된다.
- 투과 손실: 투과 손실은 전파가 통과하려는 매체의 재질에 따라 크게 달라지며, 부드러운 매질보다 딱딱한 매질에서 훨씬 더 큰 손실이 발생되는데, 특히 시멘트, 벽돌, 대리석 등의 매질에서는 20dB 이상의 손실이 발생되는 것이 알려져 있다.
- mmWave 대역의 이러한 특성을 극복하기 위한 방법 중 가장 중요한 기술이 빔포밍(Beamforming) 기술이며, Deployment 측면에서는 짧은 커버리지 단점을 보완하는 5G 스텔셀이다. 빔포밍 기술은 많은 수의 안테나에 실리는 신호를 정밀하게 제어하여 특정 방향으로 에너지를 집중시켜 거리를 늘리거나 간섭을 줄여서 사용자에게 보다 좋은 무선 채널 환경을 만들어 준다.



[그림 3] 5G mmWave를 위하여 중요한 기술 : 스텔셀, 빔포밍

- 아래 [그림 4]와 같이 3GHz 대역에서의 패치 안테나와 같은 크기로 파장이 1/10로 짧은 mmWave 대역의 8x8 어레이 안테나를 집적할 수 있게 된다. 여기에 어레이 안테나 이득의 극대화를 위해 어레이 안테나를 구성하는 안테나 요소 간의 간격을 반파장 간격으로 두고, 각 안테나 요소에 약간의 시차를 두고 동일한 신호를 방사하게 되면 일부 영역에서는 신호가 강화되고, 다른 영역에서는 신호가 약해지게 된다. 약간의 시차는 수학적으로 위상의 차이를 두어 신호를 방사하게 될 때와 같아지기 때문에 이를 이용하여 원하는 방향으로 신호를 집중시킬 수 있는데, 이를 빔을 만드는 과정이라고 하여 빔포밍이라고 한다. 28GHz에서 8x8 어레이 안테나를 사용하여 빔포밍을 하는 경우 대략 23dB 정도의 어레이 이득을 얻을 수 있는데, 이는 자유 공간 손실을 보상하는 정도라고 볼 수 있다.[2]



[그림 4] 5G 3.5GHz 대역과 28GHz 대역의 패치 안테나 크기 비교

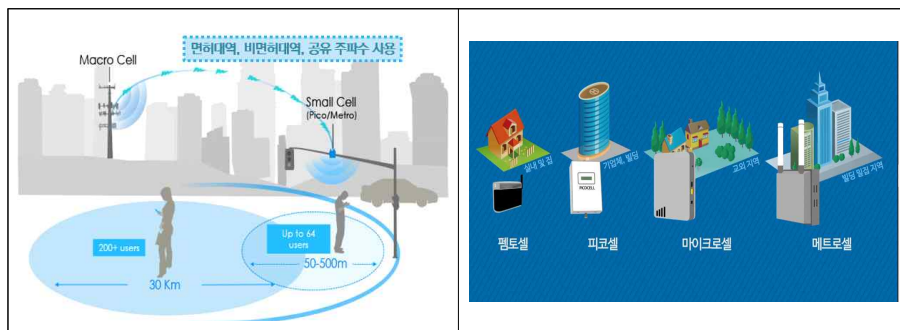
- 빔포밍은 어레이에 입력되는 신호의 진폭과 위상을 조절하는 것으로 어느 대역에서 조절하느냐에 따라 아래와 같이 나눌 수 있다.
- 디지털 빔포밍 : 기저 대역에서 진폭과 위상을 조절하는 것을 디지털 빔포밍이라고 한다. 디지털 빔포밍의 가장 큰 장점은 디지털 신호 처리를 통해 임의의 같은 시간/같은 주파수 영역에 여러 사용자에게 다른 방향의 빔을 만들어 줄 수 있게 되어 셀 용량을 증대시킬 수 있게 된다. 하지만, 기저 대역 상에서 안테나 개수만큼의 RF 체인(DAC, 앰프, 필터, 믹서 등)이 필요하고, 각 RF 체인을 통과할 때의 위상과 진폭이 각 체인별로 달라지면 안되기 때문에 고도의 calibration 기술이 반드시 필요하게 된다. 따라서 mmWave 대역에서는 디지털 빔포밍은 거의 고려되지 않고 있다.
- 아날로그 빔포밍 : 아날로그 빔포밍은 RF 체인을 통과한 RF 신호의 진폭과 위상을 변경하는 방법으로, 위상 천이기와 신호 감쇠기를 통해 이뤄진다. RF 신호를 이용하기 때문에 사용자별로 다른 방향의 빔을 만들어 줄 수 없게 됨으로, 임의의 같은 시간에는 하나의 빔만 적용이 가능하다. 하지만 기저 대역과 RF 간의 인터페이스가 간단하고, 디

디지털 빔포밍에서 필요한 고도의 calibration 기술이 요구하지 않기 때문에 초창기 5G mmWave 상용 시스템에서 기본적으로 채택되어 사용되고 있다.

- 하이브리드 빔포밍 : 디지털 빔포밍과 아날로그 빔포밍을 혼합한 안테나 수보다 적은 RF 체인을 사용하고, 기저 대역에서의 디지털 빔포밍과 RF 대역에서의 아날로그 빔포밍을 동시에 활용하는 방식으로, 각각의 장단점을 모두 포함하고 있다. 하이브리드 빔포밍은 기저 대역과 RF 대역에서 모두 빔포밍을 수행하기 때문에 이를 위한 신호 처리 기술이 추가적으로 요구된다.
- 8x8 어레이 안테나의 빔 폭은 대략 15도 정도로, 안테나 개수가 증가하면 빔 폭은 점점 줄어들게 되어 보다 예리한 빔포밍이 가능하지만, 셀 내의 있는 모든 사용자들이 접속할 수 있게 해야 하기 때문에, 셀에서 가용하는 빔의 설정이 매우 중요하게 된다. 이는 안테나 개수에 따른 빔 폭, 안테나 설치 환경(벽, 천장, 전봇대 등) 및 안테나 높이에 따라 빔이 도달할 수 있는 영역이 정해지게 되며, 이로써 셀 커버리지를 결정할 수 있다. 또한 사용자가 접속된 이후 연결 상태에서는 사용자의 이동에 따라 빔이 적응적으로 바뀔 수 있어야 서비스의 끊김이 발생되지 않는다.

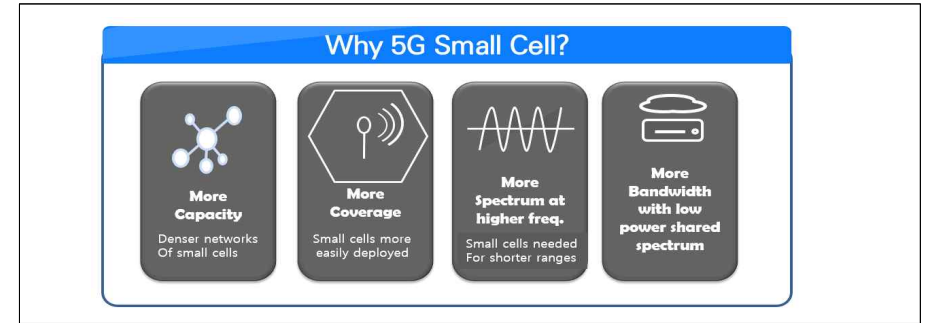
### (3) 5G 스몰셀 장비 특징

- 스몰셀은 소출력 커버리지를 갖는 기지국으로 4G 스몰셀의 경우 음영지역을 위한 커버리지 확장, 사용자별 용량증대를 위한 목적으로 활용되어 왔으며 용도에 따라 가정용, 엔터프라이즈용, 야외용, 도심용 스몰셀이 중소기업 위주로 제작되어 왔다[3].



[그림 5] 스몰셀의 활용 및 용도에 따른 분류

- 5G에서는 네트워크 용량, 밀집도와 커버리지를 증대할 수 있어서 스몰셀이 중요하며 특히 mmWave 주파수 대역에서 더욱 많이 활용 될 것으로 보인다[4].



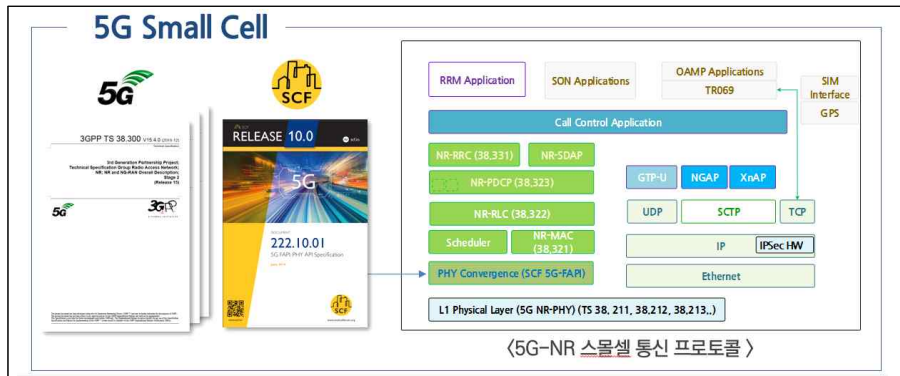
[그림 6] 5G 스몰셀이 중요한 이유

- 5G에서는 더 높은 고주파수 대역을 사용함에 따라 셀 커버리지가 점점 작아지고 있어서 5G 스몰셀의 중요성이 더욱 높아지고 있으며, 이에 따라 중소기업 뿐만 아니라 매크로 기지국을 제조하는 대기업에서도 관심을 갖고 개발 및 상용화 중에 있다. 중소기업이 만드는 5G 스몰셀과 주요 이동통신 제조업체 (에릭슨, 화웨이, 노키아, 삼성등)가 만드는 5G 스몰셀의 가장 큰 차이는 제품을 만든 생태계에 있다.
- 주요 이동통신 기지국 제조사 (매크로 기지국 제조업체) 들은 대부분의 기술을 자체적으로 개발하고 있으나 중소기업의 경우 스몰셀을 만들기 위하여 여러 기술들을 구매하여 개발하는 생태계를 갖고 있다. 이동통신 기지국 (매크로, 스몰셀등으로 분류)의 경우 3GPP 기술규격에 종속적이며 모뎀기술, L2/L3 통신 프로토콜 기술등은 각 기업의 성능, 차별화를 대변하게 되기 때문에 기존 매크로 기지국 업체는 해당 기술을 자체적으로만 보유하는 특징을 갖는다. 스몰셀의 경우 보다 개방적인 생태계를 위하여 Small Cell Forum 이라는 국제 협회를 두고 기술 교류 및 업계 표준을 정의하고 있다.

매크로 기지국	기능	스몰셀 기지국
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 단일-네트워크간 무선접속 가능 제공</li> <li>▪ 동일 전송용량 / 동일 주파수</li> </ul>	기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 단일-네트워크간 무선접속 가능 제공</li> <li>▪ 동일 전송용량 / 동일 주파수</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3GPP RAN/SA 규격</li> </ul>		규격
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 고출력</li> </ul>	출력	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 소출력</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 높음</li> </ul>	가격	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 낮음</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 전국망 Coverage</li> <li>▪ 많은 가입자 수</li> </ul>	용도	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 음영지역, 밀집지역 Coverage</li> <li>▪ 확장, 용량 증대 목적으로 사용</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대기업군</li> <li>▪ 자체 개발/생산</li> </ul>	시장	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 중소기업군</li> <li>▪ 제조를 위한 다양한 생태계 존재</li> </ul>

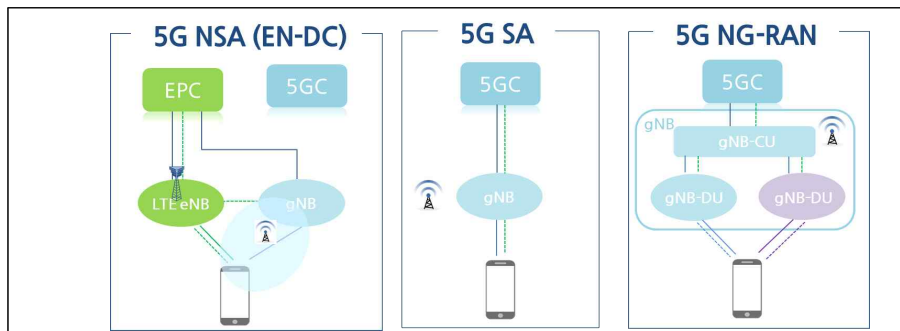
[그림 7] 매크로 기지국과 스몰셀 기지국의 주요 특징 비교

- 5G 스텔셀을 위한 통신 규격은 5G 단말과의 접속이 가능하도록 3GPP의 5G NR을 따른다. 단지 5G 스텔셀의 경우, 5G 스텔셀용 모뎀, 통신 프로토콜 스택 등의 기술이 다른 제조사에서 만들 수 있도록 Small Cell Forum에서 5G-FAPI (Functional Application Platform Interface)를 정의하고 있다.



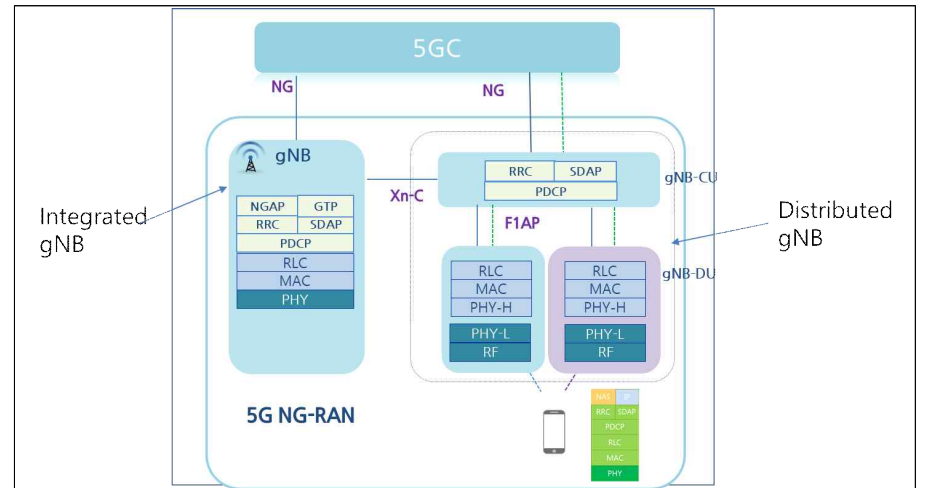
[그림 8] 5G 스텔셀과 관련된 표준 규격

- 5G 스텔셀은 네트워크 구조적인 측면에서는 초기에는 LTE 매크로 기지국과 공존하는 NSA (Non Stand-Alone)으로 구축이 되며, 점차 5G SA (Stand-Alone)으로 진화할 것으로 예측된다. 특히 mmWave 대역을 지원하는 5G 스텔셀의 경우는 mmWave 만으로 망을 구축하기 보다는 LTE와 공존하거나 3.5GHz 대역의 기지국과 중첩하여 망을 구축하여 mmWave가 갖는 주파수 한계를 극복하게 할 것으로 보인다.



[그림 9] 5G 스텔셀과 관련된 구조

- 5G 스텔셀을 제품 관점에서 보면 All-In-One Type과 분리 모델이 나올 수 있다. All In-One 유형의 경우 RF부터 GTP(GPRS Tunneling Protocol)까지 하나의 제품으로 나오는 것이며, 분리 모델의 경우 RF 만 분리되거나 무선 자원 할당과 밀접하게 관련이 있는 RLC (Radio Link Protocol)까지 분리되는 DU(Distributed Unit), PDCP, RRC, SDAP등의 상위 프로토콜을 수용하는 CU (Centralized Unit)으로 구성가능하다. 스텔셀 포럼에서는 5G 스텔셀 제품 유형을 아래와 같이 구분하여 정의하고 있다[5].



[그림 10] 5G Small Cell의 제품 유형 (통합 gNB, 분산 gNB)

(4) 28GHz 대역의 국내외 현황

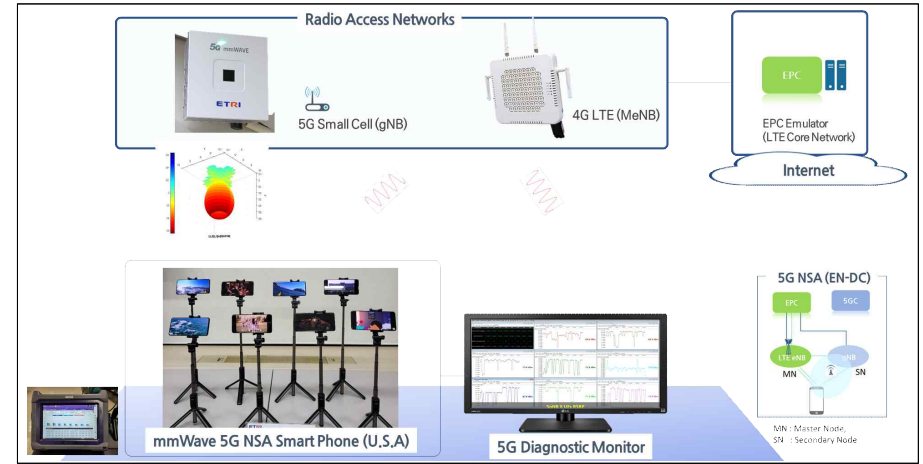
- 5G 서비스의 글로벌 서비스 현황을 보면 전세계 38개국, 92개 사업자가 5G 네트워크를 구축하여 서비스를 개시하였으며 전세계 22개 사업자가 mmWave 대역에 대한 상용망을 구축하여 서비스 중에 있으며 우리나라는 아직 상용화 전으로 B2B 서비스를 먼저 시작할 예정으로 보인다.
- mmWave 상용화는 미국을 비롯한 아메리카 대륙에서 가장 적극적으로이며 (Verizon, AT&T, TMUS, Sprint등에서는 2019년부터 상용화 중), 28GHz 대역과 39GHz 대역을 활용하여 시장을 점차 확대해나가고 있다. 최근에는 일본에서도 28GHz대역의 상용화를 시작하였으며 유럽연합에서도 2019년 26GHz 대역에서 동일한 무선 주파수 대역을 사용하기로 방침을 채택한 후 2020년 12월 해당 주파수 대역을 공통 기술 조건으로 활용하기로 결정하였다.

- mmWave 주파수대역은 각나라별 달리 할당하고 있으며, 각 나라 및 사업자가 할당받은 주파수대역은 [그림 10]과 같이 3GPP에서는 5G NR 규격을 통하여 밴드 개념으로 정의하고 있다. GSA(Global mobile Suppliers Association) 보고서에 따르면 전 세계적으로 가장 많이 사용되는 주파수 대역은 n257, n258, n261을 포함하는 24.25GHz~29.5GHz 범위인 것으로 나타났다. 참고로 우리나라의 경우, n257 밴드인 26.5GHz~28.9GHz 대역을 사용한다.

범위	밴드	업링크(UL) 및 다운링크(DL)	모드 방식
High	n257	26500-29500 MHz	TDD
	n258	24250-27500 MHz	TDD
	n259	39500-43500 MHz	TDD
	n260	37000-40000 MHz	TDD
	n261	27500-28350 MHz	TDD

[그림 11] GSA, mmWave BANDS : GLOBAL LICENSING AND USAGE FOR 5G

- mmWave 대역을 지원하는 5G 기지국은 이동통신 기지국의 주요 제조사인 에릭슨, 삼성, 화웨이, 노키아 등에서 출시 중에 있다. 삼성의 경우 28GHz대역을 지원하는 5G 통합형 기지국 (Access Unit)을 개발하여 Verizon등에서 상용화 하였으며, Ericsson의 경우 Streetmacro6701이라는 이름으로 노키아는 AirScale이라는 이름으로 mmWave 기지국을 제작하여 미국에서 상용화 중에 있다.
- mmWave 대역을 지원하는 5G 스마트폰은 삼성전자의 갤럭시 S10 5G, S20 5G, Note 20등, LG전자의 V50 ThinkQ 5G, V60 Think-Q 5G, Velvet 5G 등의 스마트폰이 미국과 일본등에 출시 중이다. 테블릿으로는 삼성전자의 갤럭시 탭 S7/S7+이 미국에서 2020년 9월 출시되었으며, 노트북으로는 Lenovo의 Flex 5G, Acer의 Spin 7 등이 2020년 7월부터 출시되어 서비스 중이다. [각사 홈페이지 참조]
- 중소기업군이 만들 수 있는 mmWave 대역을 지원하는 5G 스몰셀은 아직 출시 전이며 퀄컴의 5G 스몰셀 모뎀 기술을 활용하여 개발이 가능할 것으로 보인다. 우리나라에서는 이노와이어리스, 콘텔라, 유캐스트 등의 중소기업에서 5G 스몰셀 장비를 개발하고 있으며, 2020년 10월 ETRI에서는 퀄컴과의 협업을 통하여 mmWave 5G 스몰셀 SW를 시연한 바 있다[7].



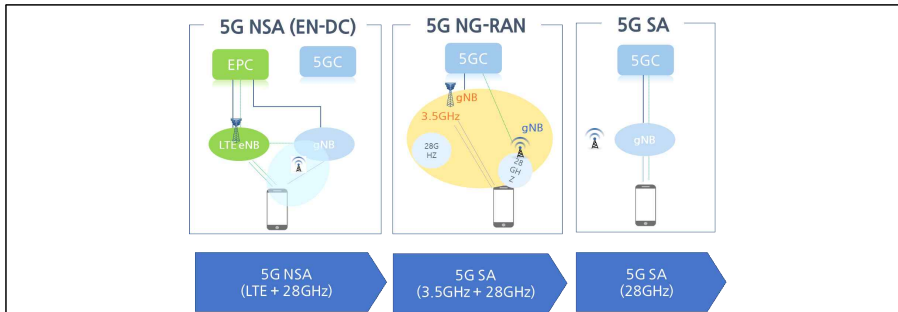
[그림 12] 28GHz 대역을 지원하는 5G스몰셀 SW 시연 형상 (ETRI 제공)[7]

### (5) 28GHz 대역을 지원하기 위한 이슈사항

- 28GHz 대역은 광활한 주파수 대역을 활용하여 높은 데이터 전송 속도를 제공할 수 있지만, 여러 가지 요인(대기손실, 강우손실, 산림손실등)에 의한 신호 감쇠와 Blocking으로 5G 커버리지를 높이고 끊임없는 서비스를 지원하는데에는 한계가 있다. 이에 따라 28GHz 대역의 주파수 특성을 이해한 설치 시나리오 및 이에 맞는 서비스 발굴이 필요하다.
- 28GHz 대역은 B2C (Business to Customer: 사용자에 직접 제공하는 서비스) 서비스 측면에서는 전국망 커버리지 구축할 목적으로 활용하기 보다는 사용자가 많은 지역에 5G 체감 품질 속도를 높이는 용도로 활용하는 것이 필요하다. 도심 핫스팟이나 사용자가 많은 인빌딩등에 구축하였을 때 28GHz 사용에 따른 사용자의 체감 전송 속도가 높아질 것으로 예상된다.
- 28GHz 대역의 초기 서비스 발굴 관점에서 스마트 공장, 스마트 시티와 같은 B2B(Business to Business: 기업-기업간) 서비스, 학교망, 정부망과 같은 B2G(Business to Government: 정부에 제공하는 서비스)에서 시범서비스를 통한 제공하는 방법도 가능하다. 예를 들면 LoS가 보장되는 환경에서의 공장내 5G CCTV에 게 대용량 서비스를 제공하거나 공장내 소형 자율주행 로봇에게 대용량 서비스 제공용도로 활용할 수 있으며, 학교에서 교육서비스를 제공하기 위하여 AR/VR 서비스를 제

공하기 위한 목적으로 활용될 수 있을 것이다.

- 28GHz가 갖는 기술적인 한계를 극복하기 위해서는 망 구축 시나리오도 중요하다. Coverage용으로는 LTE나 3.5GHz 대역의 5G 서비스를 활용함과 동시에 대용량 서비스 제공이 필요한 곳에 28GHz 대역의 기지국을 구축하는 것이다. 단말 입장에서는 항상 이중연결을 해야 하고 (LTE 혹은 3.5GHz대역을 Primary 기지국으로, 28GHz 대역의 기지국은 Secondary 용 기지국으로) LoS가 보장되는 B2B에서는 28GHz 단독망 구축도 가능할 것으로 보인다.



[그림 13] 28GHz 대역에 대한 망 구축 시나리오 예

- 28GHz 대역의 5G 기지국을 구축하기 위하여 기술적인 관점에서 중요한 이슈 중 하나는 서비스 사용자의 위치를 고려한 기지국 안테나의 위치 선정, 빔포밍 기술이다. 또한 다양한 5G 융합 생태계 활성화 및 5G스펙트럼 글로벌 진출을 위하여 중소기업이 제작한 5G 스펙트럼의 국산화 보급도 중요한 이슈가 될 것이다.

**(6) 결론**

- 5G는 기존 4G까지의 이동통신시스템에서 제공하던 서비스를 제공하면서 초고속 데이터 전송, 초신뢰/초저지연 데이터 전송 및 초다수의 IoT 연결과 같은 3종류의 다른 특성을 제공한다. 특히 기존에 통신 주파수로 활용하지 않던 28GHz 대역 (mmWave 주파수 대역)을 사용하여 초고속 대용량 데이터 전송을 가능하게 한다.
- 28GHz 대역의 주파수는 넓은 대역을 사용할 수 있는 반면 저 주파수대역, 중간 주파수 대역에 비하여 신호 특성이 좋지 않기에 저주파수대역, 중간 주파수대역의 기지국 (LTE 기지국, 3.5GHz 5G 기지국)과의 공조에 의한 이중연결성 제공이 필요하다. 5G Coverage를 늘리기 위한 목적으로 활용하기 보다는 많은 데이터를 필요로 하는 핫스팟 지역에서의 사용자 체감 전송 속도를 늘리기 위한 목적으로 사용하도록 망 구축을

- 하는 것이 중요하며 이때 5G 스펙트럼이 활용 될 수 있다. LTE 까지의 스펙트럼은 중소기업에 의하여 상용화가 되었지만 28GHz 대역의 5G 스펙트럼의 경우 대기업들도 적극적으로 상용화 할 것으로 보인다. 향후 다가올 다양한 5G 융합 생태계를 고려하여 중소기업의 5G 스펙트럼이 국산화 될 수 있도록 하는 것도 중요한 이슈가 될 것이다.
- 28GHz 활성화를 위한 서비스 발굴도 중요한 이슈이다. B2C뿐만 아니라 스마트 공장, 학교, 정부망과 같은 다양한 B2B, B2G서비스를 발굴하여 28GHz 활성화를 해나가야 할 것이다.

**※ 시사점**

- 5G는 초대용량, 초 고신뢰/저지연, 초다수 단말 지원을 위하여 유연한 Numerology를 지원하고 있으며 우리나라에서는 3.5GHz 대역(FR1), 28GHz 대역(FR2)로 불리는 두 종류의 주파수 대역을 정의하여 기술 규격을 정의하고 있다. 이에 따라 각 국에서도 대부분 두 가지 대역의 주파수를 5G 주파수 대역으로 할당하고 있다. 5G에서 28GHz 대역의 할당은 기술적인 측면에서 모험적이었으나 현재 미국등에서는 상용화를 시작하였다.
- 28GHz 대역은 광활한 주파수 대역을 활용하여 높은 데이터 전송 속도를 제공할 수 있지만, 여러 가지 요인(대기손실, 강우손실, 산림손실등)에 의한 신호 감쇠와 Blocking으로 5G 커버리지를 높이고 끊임없는 서비스를 지원하는데에는 한계가 있기에 28GHz 대역의 주파수 특성을 이해한 설치 시나리오 및 이에 맞는 서비스 발굴이 필요하다.
- 28GHz 대역의 서비스 활성화를 위하여 B2C 관점의 접근과 동시에 B2B, B2G 관점의 접근도 함께 이루어져야 할 것으로 보인다. B2C관점에서의 접근은 사용자들에게 매력있는 대용량 서비스를 발굴, 28GHz 대역의 주파수 비용이 상대적으로 싼 만큼 이에 맞는 요금 정책이 필요할 것으로 보인다. 대용량 트래픽을 유발하는 AR/VR 서비스가 대중화된다면 28GHz 대역의 중요도가 보다 커질 것으로 보인다.
- 28GHz 대역의 5G 기지국을 구축하기 위하여 기술적인 관점에서 중요한 이슈는 28GHz는 Capacity를 늘리는 목적으로 활용하고 Coverage 측면에서 저/중 주파수 대역과의 이중연결이 가능한 망구축과 사용자의 위치를 고려한 기지국 안테나의 위치 선정, 빔포밍 기술이다. 또한 다양한 5G 융합 생태계 활성화 및 5G스펙트럼 글로벌 진출을 위하여 중소기업이 제작한 5G 스펙트럼의 국산화 보급도 중요한 이슈가 될 것이다.

## 참고 문헌

- [1] “5G 국제 표준의 이해” 3GPP 5G NR 표준의 핵심기술과 삼성전자의 3GPP의장단 인터뷰  
[https://images.samsung.com/is/content/samsung/p5/global/business/networks/insights/white-paper/who-and-how\\_making-5g-nr-standards/who-and-how\\_making-5g-nr-standards\\_KR.pdf](https://images.samsung.com/is/content/samsung/p5/global/business/networks/insights/white-paper/who-and-how_making-5g-nr-standards/who-and-how_making-5g-nr-standards_KR.pdf) SAMSUNG.
- [2] Wonil Roh, Ji-Yun Seol, JeongHo Park, Byunghwan Lee, Jaekon Lee, Yungsoo Kim, Jaeweon Cho, and Kyungwhoon Cheun, “Millimeter-Wave Beamforming as an Enabling Technology for 5G Cellular Communications: Theoretical Feasibility and Prototype Results”, IEEE Communications Magazine • February 2014
- [3] Small Cell Forum, [http://scf.io/en/documents/207\\_-\\_Enterprise\\_video.php](http://scf.io/en/documents/207_-_Enterprise_video.php)
- [4] <https://www.smallcellforum.org/what-is-a-small-cell/>
- [5] SCF 238.10.01, “5G small cell architecture and product definitions, Configurations and Specifications for companies deploying Small cells 2020-2025” July 2020.
- [6] “Verizon’s 5G on mmWave is crushing it, but for how long?”, Fierce wireless, Nov. 20, 2020, [Verizon’s 5G on mmWave is crushing it, but for how long? | FierceWireless](#)
- [7] <http://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=5042777&ref=A>