5G+ 융합확산 및 6G 표준화 준비를 위한 연구



국립전파연구원
National Radio Research Agency

제 출 문

본 보고서를 「5G+ 융합확산 및 6G 표준화 준비를 위한 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2021. 12. 31.

연구책임자 : 임재우(4차산업기술팀 이동통신담당)
연 구 원 : 서용석(4차산업기술팀 이동통신담당)
정기형(4차산업기술팀 이동통신담당)

요 약 문

세계 최초 5G 상용화(2019년 4월) 이후 코로나 사태는 세계적으로 디지털 대전환을 가속화 하고 있으며 5G는 이전 세대의 통신기술과 달리 다양한 영역의 산업 전반에서 새로운 혁신을 가져다주는 디지털 뉴딜의 핵심 인프라 기술로 자리 매김하고 있다.

이에 우리원은 5G 이동통신 무선설비 기술기준 등 국내 주파수 이용 관련 세부 제도를 정비하고 국내 5G 기술과 주파수 사항은 물론 미래 이동통신을 준비하기 위한 ITU 등 국제표준화를 선도하는 업무를 수행하고 있다.

본 보고서에서 2021년도에 수행한 “5G+ 융합확산 및 6G 표준화 준비를 위한 연구” 결과를 중심으로 기술하였다. 5G 특화망 정책(2021년 6월)에 따라 해당 주파수의 이용 규정을 연구하고 4.7㎓, 28㎓대역의 5G 특화망 기지국, 단말기 등 해당 무선설비가 적시에 공급될 수 있도록 무선설비 기술기준을 개정하고 관련 시험방법을 정비하였다. 5G 특화망 수요기업에 적정 주파수 공급과 5G 추가 주파수 자원의 국제적 발굴과 국제적 보호를 위한 혼·간섭 연구 등 관련 업무를 수행하였다. 아울러, 최초 5G에 이어 6G에서도 글로벌 경쟁력을 확대해 나가기 위한 ITU 및 APT 국제회의 의장단 활동을 포함한 국제표준화를 추진하였다.

본 보고서는 5G 이용 활성화를 도모하고 차세대 이동통신을 준비하는데 필요한 참고 자료로 활용될 것이다.

목 차

제1장 서론 ····· 1

제2장 5G+ 융합확산을 위한 기술기준 및 혼·간섭 분석 연구 ····· 5
제1절 5G 특화망 무선설비의 기술기준 개정 ····· 5
제2절 5G 추가 주파수 발굴을 위한 혼·간섭 연구 ····· 30
제3절 국내 무선국 보호를 위한 간섭분석 및 국제등록 ····· 56

제3장 6G 등 이동통신 국제 표준화 대응 ····· 67
제1절 5G 표준화 대응 및 6G ITU 표준화 준비 ····· 67
제2절 WRC-23 이동통신 의제 대응 등 아태지역 표준화 대응 ····· 73

제4장 결론 ····· 85

참고문헌 ····· 86

표 목 차

[표 2-1] 4.7㎓ 대역 특화망 기지국 최대출력 비교 …… 6
[표 2-2] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 점유주파수대역폭 비교 …… 6
[표 2-3] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 단말기 출력 비교 …… 6
[표 2-4] 28㎓ 대역 특화망 기지국 최대출력 비교 …… 7
[표 2-5] 28㎓ 대역 5G 특화망 점유주파수대역폭 비교 …… 8
[표 2-6] 28㎓ 대역 특화망 단말기 출력 비교 …… 8
[표 2-7] 기술기준 신·구 조문 대비표 …… 9
[표 2-8] 5G 이동통신과 특화망 비교 …… 25
[표 2-9] 5G 특화망 주파수 공동사용을 위한 이용조건 및 세부사항에 관한 지침 …… 28
[표 2-10] 5G 특화망 주파수 공급 정책 …… 31
[표 2-11] 신청 실험국 제원(수요기업 A 본사) …… 33
[표 2-12] 신청 실험국 제원(수요기업 A 사업장) …… 36
[표 2-13] 신청 무선국 제원(수요기업 B) …… 39
[표 2-14] 28㎓ 대역 5G 특화망 출력 하향 조정에 따른 전파 커버리지 …… 43
[표 2-15] 간섭시험 대상 위성 …… 48
[표 2-16] 5G 신호가 위성방송 수신에 간섭을 주는 허용 간섭 레벨 측정 결과 …… 49
[표 2-17] Intelsat 19 H 위성수신 간섭시험 결과와 시뮬레이션 결과 비교 …… 50

표 목 차

[표 2-18] 업무별 주파수 국제등록 양식 …… 57

[표 3-1] 4G / 5G / 6G(논의 중) 주요 기술 특징 비교 …… 68

[표 3-2] 5G와 위성 진영 간 새로운 출력규정에 대한 입장 …… 70

[표 3-3] 6G R&D 6대 중점분야 및 10대 전략과제 …… 72

[표 3-4] 주파수대역 별 주요국 찬반 입장 …… 73

[표 3-5] 주파수대역 별 APT 잠정 입장 …… 74

그 림 목 차

[그림 2-1] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 기지국 스펙트럼 마스크 비교 …… 7

[그림 2-2] 28㎓ 대역 5G 특화망 기지국 스펙트럼 마스크 비교 …… 8

[그림 2-3] 5G 특화망 예시 (스마트팩토리)…… 25

[그림 2-4] 5G 특화망 활용 예시 …… 26

[그림 2-5] 기업의 5G 특화망 활용 효과 …… 26

[그림 2-6] 공공분야 5G 특화망 활용예시 …… 27

[그림 2-7] 5G 특화망 구축 필요성 …… 28

[그림 2-8] 5G 추가 주파수 확보 대역 …… 31

[그림 2-9] 확률 분포에 따른 건물투과손실(Building Entry Loss) …… 32

[그림 2-10] M/W 무선국(신안)과 수요기업 A 간 이격거리…… 34

[그림 2-11] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국의 서비스 영역(-105dBm) …… 35

[그림 2-12] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국의 조정 영역(-115dBm) …… 35

[그림 2-13] M/W 무선국과 사업장간 이격거리…… 36

[그림 2-14] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국(옥내형 기지국)의 전파도달거리(-105dBm) … 37

[그림 2-15] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국(옥내형 기지국)의 전파도달거리(-115dBm) … 37

[그림 2-16] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국(옥외형 기지국)의 전파도달거리(-105dBm) … 38

[그림 2-17] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국(옥외형 기지국)의 전파도달거리(-115dBm) … 38

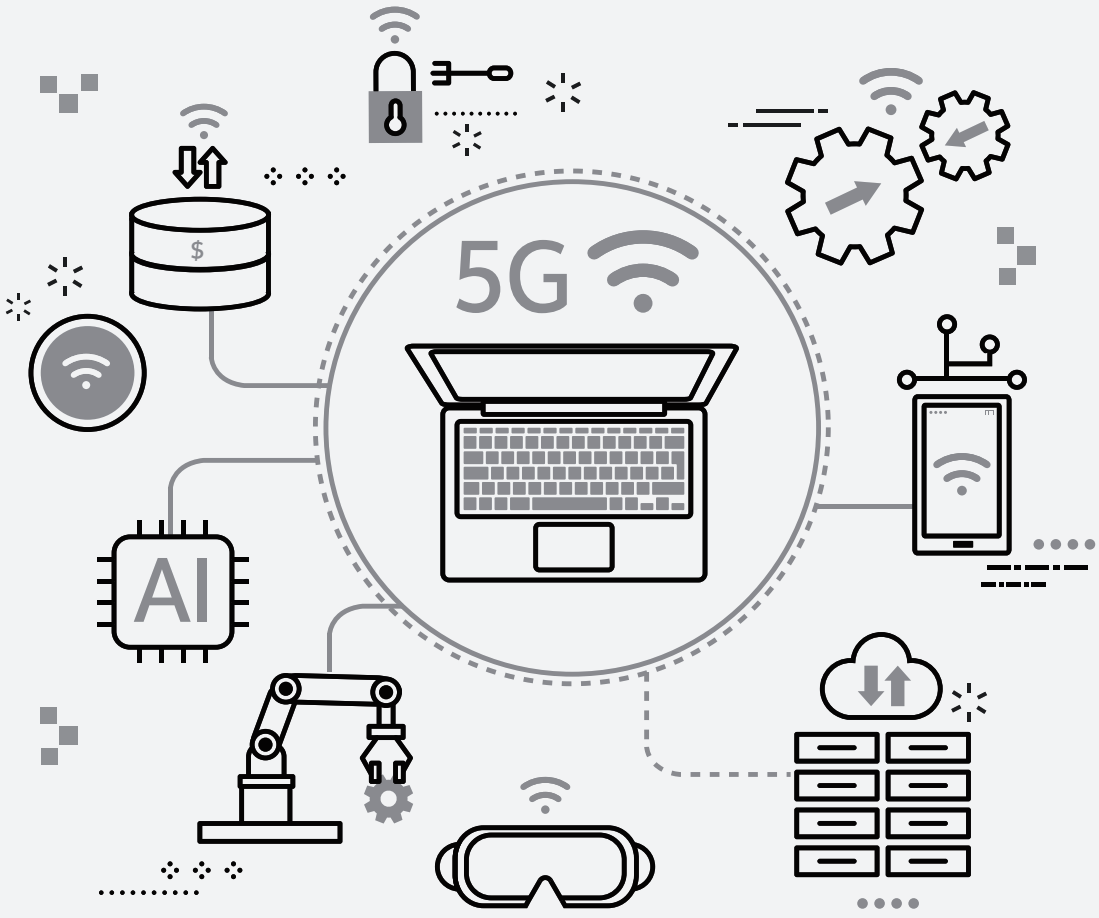
[그림 2-18] 수요기업 B의 5G 특화망 통신네트워크 개념도 …… 39

그 림 목 차

[그림 2-19] M/W 무선국과 수요기업 B 제2사옥 간 이격거리 …… 40
[그림 2-20] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 무선국(23.7dBm)의 서비스 영역(-105dBm) … 41
[그림 2-21] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 무선국(23.7dBm)의 조정 영역(-115dBm) …… 41
[그림 2-22] 5G 이동통신용 실험국과 수요기업 B 제2사옥 간 이격거리 …… 42
[그림 2-23] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(55dBm)의 서비스 영역(-105dBm) …… 43
[그림 2-24] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(55dBm)의 조정 영역(-115dBm) …… 44
[그림 2-25] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(49dBm)의 서비스 영역(-105dBm) …… 44
[그림 2-26] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(49dBm)의 조정 영역(-115dBm) …… 45
[그림 2-27] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(39dBm)의 서비스 영역(-105dBm) …… 45
[그림 2-28] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(39dBm)의 조정 영역(-115dBm) …… 46
[그림 2-29] 5G 기지국과 위성지구국 간 간섭 시나리오 …… 46
[그림 2-30] 5G 기지국과 위성지구국 간 간섭 모의 실험환경 구성도…… 47
[그림 2-31] C-밴드 위성방송수신 설비 및 간섭분석 시스템 구성도 …… 47
[그림 2-32] 5G 송신 간섭시스템 구성도…… 48
[그림 2-33] 전파연구원 위성지구국 및 5G 신호 송신 51개 지점 …… 49
[그림 2-34] Intelsat 19 H 위성수신 간섭영향 시뮬레이션 결과 …… 52
[그림 2-35] 5G 기지국 간섭신호에 대한 위성지구국 보호영역 설정 개념…… 53
[그림 2-36] Intelsat 33e 위성지구국 보호영역 시뮬레이션(차폐막 미설치) …… 53

그 림 목 차

[그림 2-37] Intelsat 33e 위성지구국 보호영역 시뮬레이션(차폐막 설치) …… 54
[그림 2-38] 5G 기지국과 금산제7지구국 간 시뮬레이션 환경 …… 54
[그림 2-39] 5G 기지국 안테나 틸트 변화에 따른 보호거리 …… 55
[그림 2-40] 5G 기지국 출력 변화에 따른 보호비(I/N비) …… 55
[그림 2-41] T12 전자통고서 작성 예시 …… 59
[그림 2-42] 5G 기지국 MIMO 멀티 플랙싱 …… 60
[그림 2-43] 5G 기지국 다중 안테나의 수평·수직 멀티빔 …… 60
[그림 2-44] 5G 기지국 개념도 …… 61
[그림 2-45] 5G 무선국의 4각 셀 구성 …… 62
[그림 2-46] 4각 셀 구성된 무선국의 통고 서식 사례 …… 62
[그림 2-47] 국내 무선국 ITU 국제등록 분포 현황 …… 63
[그림 3-1] ITU-R WP5D 구조 …… 68
[그림 3-2] 우리나라가 제안한 6G ITU 표준화 전체 작업 계획(안) …… 69
[그림 3-3] 6G 표준화 일정 …… 71
[그림 3-4] 현행 AWG 조직 구조 …… 76
[그림 3-5] 개편된 AWG 조직 구조 …… 76



제1장

서론

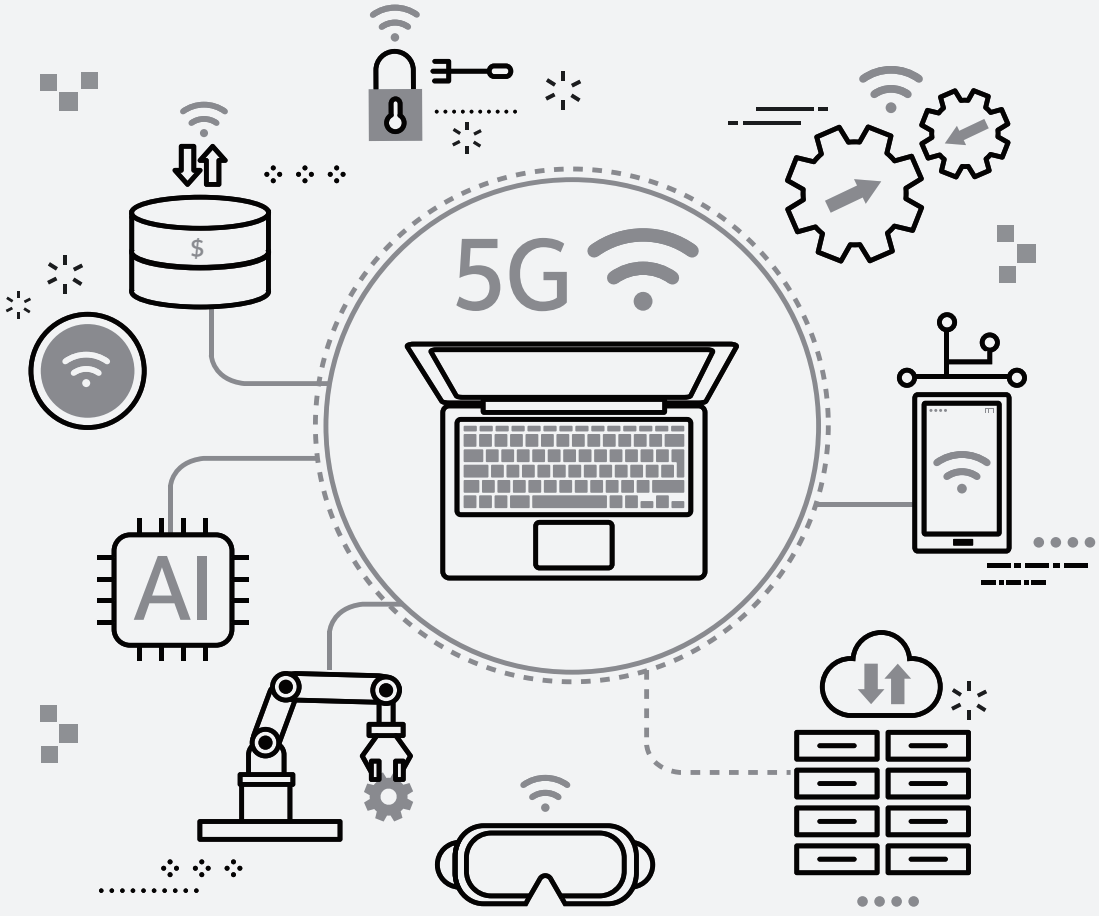
제1장 서 론

과기정통부는 2021년 6월 「5G 특화망 주파수 공급방안」 발표에 이어 이어 8월에는 디지털 뉴딜의 성공적 실현을 위한 「5G+ 융합서비스 확산 전략」을 확정·발표하였다. 5G 특화망은 4.7㎓(4720~4820㎒, 100㎒폭), 28㎓(28.9~29.5㎓ 600㎒폭)의 신규 이동통신 주파수 자원을 기존의 이동통신사 외에도 자가망과 전기통신사업용 수요가 있는 일반 기업에도 공급하여 산업 전반에 5G 이용 활성화하여 5G 융합·확산을 촉진하는 정책이다.

ITU는 2030년에 도래할 미래 6G 시대를 준비하기 위한 6G 표준화 논의를 시작하였으며 이에 우리나라도 「미래 이동통신 R&D 추진전략」을 발표하고 연구 개발을 추진하는 등 5G에 이어 6G 등 차세대 이동통신 기술에서도 글로벌 경쟁력을 확대하기 위한 ITU 국제 표준화를 추진 중이다.

이에 본 보고서에서는 2021년도에 자체 과제로 수행한 「5G 융합 확산 및 6G 표준화 준비를 위한 연구」 결과를 중심으로 기술하였다. 2장에서는 5G 융합 확산을 위한 기술기준 및 혼·간섭 분석 연구 결과를 기술하였으며 2장 1절에는 5G 특화망 주파수 공급 정책에 따라 5G 특화망 무선설비가 적시에 공급될 수 있도록 5G 이동통신 특화망 기술기준에 관한 사항을 기술하였다. 2장 2절에서는 5G 추가 주파수 발굴 시 요구되는 혼·간섭 연구와 5G 특화망 주파수 공급시 요구되는 기존 업무와의 간섭분석과 적정 서비스 커버리지 등 기술적 검토 사항을 기술하였다. 2장 3절에는 인접국 등 외래 전파의 간섭으로부터 국내 5G 이동통신 무선국의 국제적 보호 권리를 확보하기 위한 ITU 국제등록 사항을 중심으로 기술하였다.

3장에서는 5G에 이어 6G 시대를 대비하여 글로벌 리더쉽을 확대하기 위한 ITU 국제표준화 추진 사항을 기술하였다. 3장 1절에서는 5G 표준화 대응과 6G ITU 표준화 준비 사항을 기술하였으며 3장 2절에서는 5G 추가 주파수 발굴 등 WRC-23 의제 대응과 관련 아태지역 표준화 활동 사항을 중심으로 기술하였다.



제2장

5G+ 융합확산을 위한 기술기준 및 혼·간섭 분석 연구

제2장 5G+ 융합확산을 위한 기술기준 및 혼·간섭 분석 연구

제1절 5G 특화망 무선설비의 기술기준 개정

우리원은 세계최초 5G 이동통신 무선설비의 상용화에 대비하여 2018년 8월 17일 3.5㎓(3.42~3.7㎓, 280㎒ 대역폭), 28㎓(26.5~29.5㎓ 3000㎒ 대역폭) 주파수대역의 무선설비 기술기준을 제정하였다. 2021년 1월 29일에 WRC-19 회의 결과에 따른 후속조치 사항으로 24㎓ 대역 지구탐사위성 보호를 위한 불요발사 관련 규정을 적용하고 완화된 국제규격(3GPP) 사항을 기술기준에 반영하여 개정하였다. 5G 이동통신 이용 활성화를 위해 과학기술정보통신부는 2021년 1월 26일에 「5G 특화망 정책방안」을 발표하였으며, 2021년 6월 29일에 「5G 특화망 정책방안」의 후속으로 「5G 특화망 주파수 공급방안」을 확정・발표하였다. 5G 주파수 공급대역은 4.7㎓(4.72~4.82㎓, 100㎒ 대역폭), 28㎓(28.9~29.5㎓ 600㎒ 대역폭)로 확정하였다. 이에 따라 우리원은 4.7㎓ 대역과 28㎓ 대역에서 5G 이동통신 특화망 기술기준을 마련하여 전기통신사업용 5G 특화망 무선설비용으로 「전기통신사업용 무선설비의 기술기준」 제4조제9항(28㎓ 대역 설비), 제4조제10항(4.7㎓ 대역 설비), 자가통신용 5G 특화망 무선설비용으로 「간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준」 제20조제1항(28㎓ 대역 설비), 제20조제2항(4.7㎓ 대역 설비)을 신설하여 기술기준을 개정하였다.

1. 4.7㎓ 대역 5G 이동통신 특화망 기술기준 신설

4.7㎓ 대역 5G 특화망 주파수로 5G NR n.79 대역(4.4~5㎓)에서 4.72~4.82㎓ 주파수를 공급하였다. 3.5㎓ 대역 5G 상용망은 5G NR n.78 대역(3.3~4.2㎓)에서 3.42~3.7㎓ 주파수를 사용하고 있고, 일본, 영국 등 해외 주요국은 Sub-6㎓ 대역에서 5G 특화망 기술기준을 마련하여 운용하고 있다. 이에 따라 우리원은 일본, 영국 등 해외 주요국의 특화망 기술기준은 물론, 5G 상용망 기술기준 및 ITU/3GPP 국제규정을 고려하여 출력, 점유주파수대역폭, 인접채널누설전력비, 대역외발사, 스퓨리어스발사 등 세부규정을 마련하였다. KT, SKT, LGU+ 등 이동통신사, 삼성전자, 에릭슨엘지, 노키아 등 장비 제조사, 5G 특화망 수요기업 등의 이해당사자로 구성된 기술기준 연구반 회의를 총 6회 운영하여 의견 수렴하여 기술기준에 반영하였다.

5G 특화망은 건물·토지 등 일정한 구역 내에서 구축·운용하는 것으로, 5G 상용망 대비 전파 커버리지(서비스 영역)가 작은 점을 고려하여 기지국 최대출력을 국내 3.5㎓ 5G 상용망 최대출력(320W/100㎒)의 1/4 수준인, 80W/100㎒로 다소 낮게 규정하였다. 이는 영국의 특화망 최대출력과 같은 수준이며, 일본과 독일의 특화망 기지국 최대출력은 3GPP와 같이 제한이 없다. 단말기 최대출력은 3.5㎓ 대역 5G 상용망, 3GPP와 동일하게 200㎽로 규정하였다.

[표 2-1] 4.7㎓ 대역 특화망 기지국 최대출력 비교

3GPP	한국	일본	독일	영국
제한 없음	80W(49dBm)/100㎒	제한 없음	제한 없음	80W(49dBm)/100㎒

점유주파수대역폭은 3.5㎓ 대역 5G 상용망의 대역폭과 동일하게 규정하고 추후 3GPP(現 4.7㎓ 대역은 40/50/60/80/100㎒)에 10㎒폭 등을 추가 반영하여 표준화를 2022년까지 추진할 계획이다. 이는 3.5㎓ 대역 5G 특화망 주파수가 10㎒ 블록 단위로 할당·지정됨을 고려하였다.

[표 2-2] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 점유주파수대역폭 비교

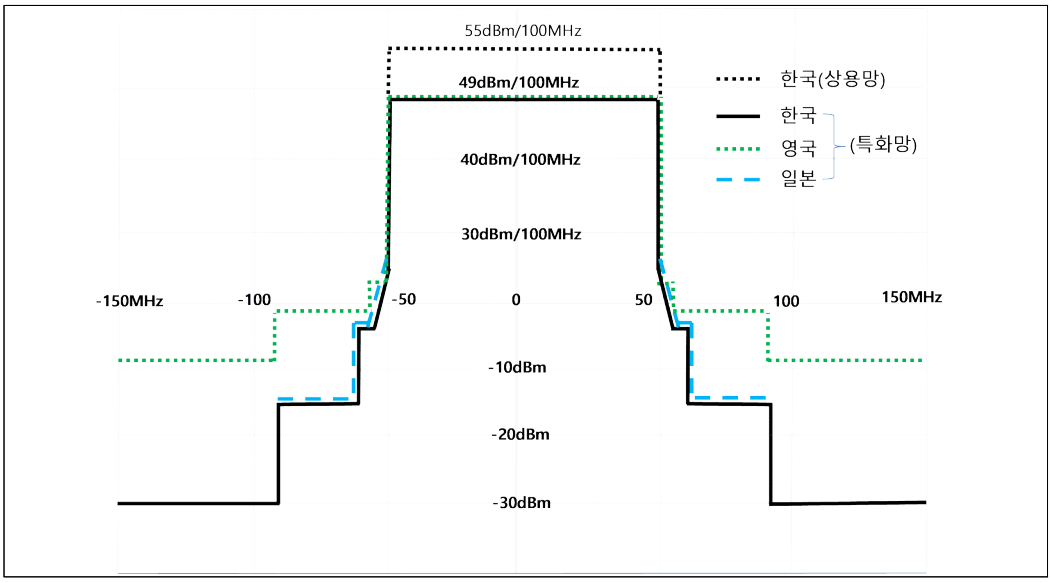
3GPP	한국	일본	독일	영국
40/50/60/80/100㎒	10/20/30/40/50/60/70/80/90/100㎒	40/50/60/80/100㎒	10㎒ 단위 조합	10/20/30/40/50/60/80/100㎒

[표 2-3] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 단말기 출력 비교

3GPP	한국	일본	독일	영국	
200㎽ (23dBm)	200㎽ (23dBm)	200㎽ (23dBm)	EIRP 제한값은 없으나 인접채널의 간섭영향을 최소화한 출력값 선택	저전력	중전력
				28dBm(이동, TRP) 28dBm(고정, EIRP)	28dBm(이동, TRP) 28dBm(고정, TRP) 35dBm/5㎒(고정, EIRP)

주파수 허용편차, 불요발사, 인접채널 누설전력비, 부차적 전파발사 기준은 3.5㎓ 5G 상용망, 3GPP 규격과 동일하게 규정하였다.

[그림 2-1] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 기지국 스펙트럼 마스크 비교



2. 28㎓ 대역 5G 이동통신 특화망 기술기준 신설

28㎓ 대역 5G 특화망 주파수로 5G NR n.257 대역(26.5~29.5㎓)에서 28.9~29.5㎓ 주파수를 공급하였다. 기존 28㎓ 대역 5G 이동통신용으로 분배된 26.5~29.5㎓ 주파수에서 26.5~28.9㎓는 KT, SKT, LGU+에 할당되어 5G 상용망으로 사용 중이고, 미할당된 28.9~29.5㎓ 주파수를 5G 특화망 용도로 주파수 분배하였다. 5G 특화망은 건물·토지 등 일정한 구역 내에서 구축·운용하는 것으로, 5G 상용망 대비 전파 커버리지(서비스 영역)가 작은 점을 고려하여 기지국 최대출력을 국내 28㎓ 5G 상용망 최대출력(80W/400㎒)의 1/40 수준인, 2W/400㎒로 낮게 규정하였다. 이는 일본의 특화망 최대출력과 비슷한 수준이며, 영국에 비해 다소 높은 수준이다. 독일의 특화망 기지국 최대출력은 3GPP 규격과 같이 제한이 없다.

[표 2-4] 28㎓ 대역 특화망 기지국 최대출력 비교

3GPP	한국	일본	독일	영국
제한 없음	2W(33dBm)/400㎒	1.3W(31dBm)/400㎒(실외) 0.4W(26dBm)/400㎒(실내)	제한 없음	0.4W(26dBm)/400㎒ (실내)

점유주파수대역폭은 28㎓ 대역 5G 상용망에 없던 50㎒ 대역폭을 새로 추가하여,

3GPP, 일본, 독일의 특화망 대역폭과 동일하게 규정하였다. 이는 28㎓ 대역 5G 특화망 주파수가 50㎒ 블록 단위로 할당·지정됨을 고려하였다. 단말기 최대출력은 28㎓ 대역 5G 상용망, 3GPP와 동일하게 200㎽로 규정하였다.

[표 2-5] 28㎓ 대역 5G 특화망 점유주파수대역폭 비교

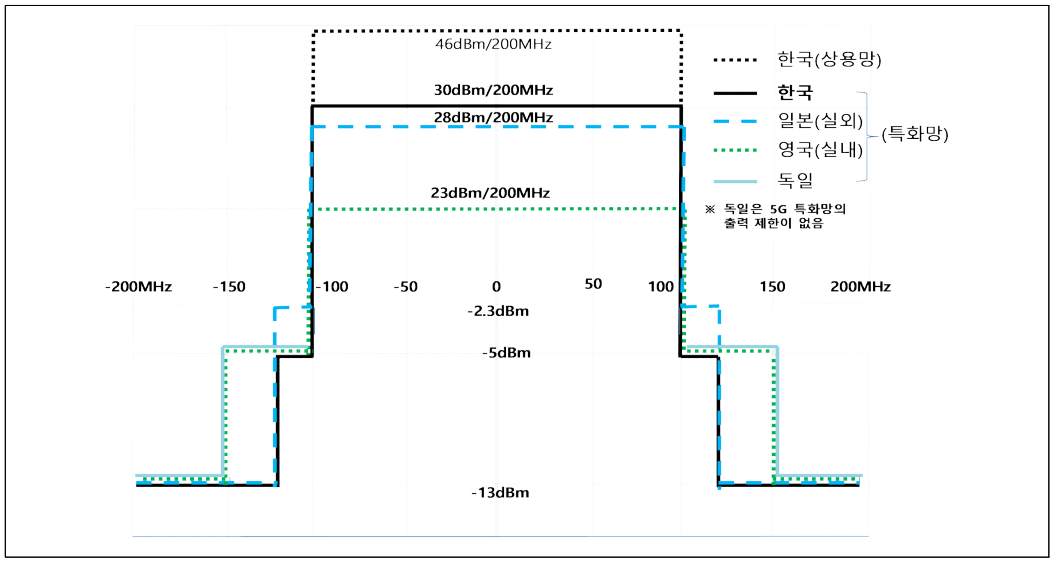
3GPP	한국	일본	독일	영국
50/100/200/400㎒	50/100/200/400㎒	50 /100/200/400㎒	50/100/150/200㎒	50/100/200㎒

[표 2-6] 28㎓ 대역 특화망 단말기 출력 비교

3GPP	한국	일본	독일	영국
200㎽ (23dBm)	200㎽ (23dBm) (총복사전력)	200㎽ (23dBm) (안테나공급전력)	출력제한 없음	200㎽ (23dBm) (총복사전력)

주파수 허용편차, 불요발사, 인접채널 누설전력비, 부차적 전파발사 기준은 28㎓ 대역 5G 상용망, 3GPP 규격과 동일하게 규정하였다.

[그림 2-2] 28㎓ 대역 5G 특화망 기지국 스펙트럼 마스크 비교



[표 2-7] 기술기준 신·구 조문 대비표

현 행	개 정 안
제4조(이동통신용 무선설비) ①·②·③·④·⑤·⑥ (생 략)	제4조(이동통신용 무선설비) ①·②·③·④·⑤·⑥ (현행과 같음)
⑦ 시분할 복신방식을 사용하는 28 ㎓ 대역 이동통신용 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.	⑦ ----------
1. 공통조건	1. -------
다. 주파수대역은 다음 조건을 만족할 것	다. ----------
1) 26.5 ㎓~29.5 ㎓ 주파수대역을 사용하는 이동통신용 무선설비의 채널당 점유주파수대역폭은 100 ㎒, 200 ㎒ 또는 400 ㎒를 사용할 것	1) 26.5 ㎓~28.9 ㎓ ----------
⑧ (생 략)	⑧ (현행과 같음)
<신 설>	⑨ 시분할 복신방식을 사용하는 28 ㎓ 대역 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.
	1. 공통조건
	가. 통신방식은 직교주파수분할 다중접속방식일 것
	나. 전파형식은 G7D, D7D, D7W, G7W, W7W 또는 W7D 중 하나 이상을 사용할 것
	다. 주파수대역은 다음 조건을 만족할 것

1) 28.9 ㎓~29.5 ㎓ 주파수대역을 사용하는 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 채널당 점유주파수대역폭은 50㎒, 100 ㎒, 200 ㎒, 400 ㎒ 중에서 사용할 것

2. 기지국 송신장치의 조건

가. 주파수허용편차는 다음 조건을 만족할 것

총복사전력이 30 dBm 이상인 경우	±0.05 ppm 이하일 것
총복사전력이 30 dBm 미만인 경우	±0.1 ppm 이하일 것

나. 총복사전력은 지정주파수마다 (점유주파수대역폭 (㎒) × 0.005 / ㎒) W 이하일 것

다. 인접채널 누설전력비는 인접 채널대역에 누설되는 전력이 기본 주파수의 평균전력보다 28 dB 이상 낮거나 아래 절대값 중 덜 엄격한 값일 것

총복사전력이 30 dBm 이상인 경우	-13 dBm/㎒ 이하
총복사전력이 30 dBm 미만인 경우	-20 dBm/㎒ 이하

라. 대역외발사는 다음 조건을 만족할 것

점유주파수대역폭 바깥쪽 끝에서 이격(Δf)	불요발사 평균전력 (총복사전력)	분해 대역폭
0.5 MHz≤Δf<점유주파수 대역폭의 10 % + 0.5 MHz	최소(-5 dBm, 최대 (총복사전력 -35 dB, -12 dBm))	1 MHz
점유주파수대역폭의 10 % + 0.5 MHz ≤Δf<할당대역 + 1.5 GHz	최소(-13 dBm, 최대 (총복사전력 -43 dB, -20 dBm))	1 MHz

* 주 : 할당대역이란 제1호다목의 주파수대역을 의미함

마. 스퓨리어스발사는 다음 조건을 만족할 것

주파수대역	불요발사 평균전력 (총복사전력)	분해대역폭
30 MHz ~ 1 GHz	-13 dBm	100 kHz
1 GHz ~ 2차 고조파 GHz		1 MHz

3. 기지국 수신장치의 부차적 전파발사는 다음 조건을 만족할 것

주파수대역	불요발사 평균전력 (총복사전력)	분해대역폭
30 MHz ~ 1 GHz	-36 dBm 이하	100 kHz
1 GHz ~ 18 GHz	-30 dBm 이하	1 MHz
18 GHz ~ 23.5 GHz	-15 dBm 이하	10 MHz
23.5 GHz ~ 25 GHz	-10 dBm 이하	10 MHz
25 GHz ~ 32.5 GHz	-10 dBm 이하	10 MHz
32.5 GHz ~ 41.5 GHz	-15 dBm 이하	10 MHz
41.5 GHz ~ 2차고조파	-20 dBm 이하	10 MHz

4. 이동국 송신장치의 조건

가. 주파수허용편차는 지정주파수의 ±0.1 ppm 이하일 것

나. 총복사전력은 200 ㎽ 이하일 것

다. 인접채널 누설전력비는 누설되는 전력이 기본 주파수의 평균전력보다 17 dB 이상 낮은 값일 것

라. 대역외발사는 다음 조건을 만족할 것

점유주파수대역폭	점유주파수대역폭 바깥쪽 끝에서 이격(Δf)	불요발사 평균전력 (총복사전력)	분해대역폭
50 ㎒	±(0~5) ㎒	-5 dBm 이하	1 ㎒
	±(5~100) ㎒	-13 dBm 이하	1 ㎒
100 ㎒	±(0~10) ㎒	-5 dBm 이하	1 ㎒
	±(10~200) ㎒	-13 dBm 이하	1 ㎒
200 ㎒	±(0~20) ㎒	-5 dBm 이하	1 ㎒
	±(20~400) ㎒	-13 dBm 이하	1 ㎒
400 ㎒	±(0~40) ㎒	-5 dBm 이하	1 ㎒
	±(40~800) ㎒	-13 dBm 이하	1 ㎒

마. 스퓨리어스발사는 다음 조건을 만족할 것

주파수대역	불요발사 평균전력 (총복사전력)	분해대역폭
6 ㎓ ~ 12.75 ㎓	-30 dBm 이하	1 ㎒
12.75 ㎓ ~ 2차 고조파	-13 dBm 이하	1 ㎒

5. 이동국 수신장치의 부차적 전파 발사는 다음 조건을 만족할 것

주파수대역	불요발사 평균전력 (총복사전력)	분해대역폭
6 ㎓ ~ 20 ㎓	-36.8 dBm 이하	1 ㎒
20 ㎓ ~ 40 ㎓	-29.8 dBm 이하	1 ㎒
40 ㎓ ~ 2차고조파	-13.9 dBm 이하	1 ㎒

6. 기지국 송신장치와 이동국 송신장치를 중계하는 송신장치 조건의 가입자 방향은 제2호제3호 조건을 만족하고, 사업자 방향은 제4호제5호 조건을 만족할 것(다만, 인접채널 누설전력비는 가입자 방향은 제외 및 사업자 방향의 전력은 제4호 나목을 만족할 것)

7. 무선국의 개설절차에 적합하여 운용중인 기지국은 할당대역 바깥쪽, 중계 송신장치는 점유주파수대역폭 바깥쪽 주파수에 대해서만 제2호 라목 및 마목의 불요발사 규정을 적용한다.

<신 설>

⑩ 시분할 복신방식을 사용하는 4.7 ㎓ 대역 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 공통조건

가. 통신방식은 직교주파수분할 다중접속방식일 것

	나. 전파형식은 G7D, D7D, D7W, G7W, W7W 또는 W7D 중 하나 이상을 사용할 것 다. 4720 ㎒ ~ 4820 ㎒ 주파수대역을 사용할 것 2. 기지국 송신장치의 점유주파수 대역폭은 10 ㎒, 20 ㎒, 30 ㎒, 40 ㎒, 50 ㎒, 60 ㎒, 70 ㎒, 80 ㎒, 90 ㎒, 100 ㎒ 중에서 사용할 것 3. 기지국 송신장치의 조건 가. 안테나 탭에 공급되는 전력은 (점유주파수대역폭(㎒) × 0.1/㎒) W 이하이며 총 전력은 (점유주파수대역폭(㎒) × 0.8/㎒) W를 초과하지 않을 것. 또는 총복사전력은 안테나탭 공급전력에 9 dB 더한 값을 초과하지 않을 것. 단, 안테나 연결기형 기지국 송신장치의 탭에 공급되는 전력은 (점유주파수대역폭(㎒) × 0.15/㎒) W 이하이며 총 전력은 (점유주파수대역폭(㎒) × 1.2/㎒) W를 초과하지 않을 것 * 주 : 안테나 탭은 배열안테나(선형 수동회로망을 포함한 안테나)와 송수신 집합체 사이의 전도성 측정 단자 등을 의미함

나. 주파수허용편차는 다음 조건을 만족할 것

안테나탭 최대공급전력이 38 dBm 이상인 경우	±0.05 ppm 이하일 것
안테나탭 최대공급전력이 38 dBm 미만인 경우	±0.1 ppm 이하일 것

* 주 : 총복사전력일 때는 안테나탭 최대공급전력에 9 dB 더한 값일 것

다. 인접채널 누설전력비는 인접채널대역에 누설되는 전력이 기본 주파수의 평균전력보다 45 dB 이상 낮거나 아래 절대값 중 덜 엄격한 값일 것

안테나탭 최대공급전력이 38 dBm 초과인 경우	-15 dBm/㎒ 이하
안테나탭 최대공급전력이 24 dBm 초과 38 dBm 이하인 경우	-25 dBm/㎒ 이하
안테나탭 최대공급전력이 24 dBm 이하인 경우	-32 dBm/㎒ 이하

* 주 : 총복사전력일 때는 안테나탭 최대공급전력 및 불요발사 기준에 9 dB 더한 값일 것

라. 대역외발사는 다음 조건을 만족할 것

1) 기본주파수의 안테나탭 최대공급전력이 38 dBm 초과인 경우

점유주파수대역 폭 바깥쪽 끝에서 이격($\triangle f$)	안테나탭 당 불요발사 평균전력	분해 대역 폭
0.05 ㎒ ≤$\triangle f$< 5.05 ㎒	$-7dBm-\frac{7}{5}\cdot\left(\frac{\triangle f}{MHz}-0.05\right)dB$ 이하	100 ㎑
5.05 ㎒ ≤$\triangle f$< 10.05㎒	-14 dBm 이하	100 ㎑
10.5 ㎒ ≤$\triangle f$< 할당대역 + 40 ㎒	-15 dBm 이하	1 ㎒

* 주 : 총복사전력일 때는 안테나탭 최대공급전력 및 안테나탭 당 불요발사 평균전력에 9 dB 더한 값일 것

* 주 : 할당대역이란 제1호다목의 주파수대역을 의미함

2) 기본주파수의 안테나탭 최대 공급전력이 31 dBm 초과 38 dBm 이하인 경우

점유주파수 대역폭 바깥쪽 끝에서 이격($\triangle f$)	안테나탭 당 불요발사 평균전력	분해 대역 폭
0.05 ㎒ ≤$\triangle f$< 5.05 ㎒	안테나탭 최대공급전력$-53dB-\frac{7}{5}\left(\frac{\triangle f}{MHz}-0.05\right)dB$ 이하	100 ㎑
5.05 ㎒ ≤$\triangle f$< 10.05 ㎒	안테나탭 최대공급전력$-60dB$ 이하	100 ㎑
10.05 ㎒ ≤$\triangle f$< 할당대역 + 40 ㎒	안테나탭 최대공급전력$-60dB$ 또는$-25dBm$ 중 작은값 이하	100 ㎑

* 주 : 총복사전력일 때는 안테나탭 최대공급전력 및 안테나탭 당 불요발사 평균전력에 9 dB 더한 값일 것

3) 기본주파수의 안테나탭 최대 공급전력이 24 dBm 초과 31 dBm 이하인 경우

점유주파수대역 폭 바깥쪽 끝에서 이격(Δf)	안테나탭 당 불요발사 평균전력	분해 대역폭
0.05 ㎒ $\leq \Delta f <$ 5.05 ㎒	$-22dBm-\frac{7}{5}\left(\frac{\Delta f}{MHz}-0.05\right)dB$ 이하	100 ㎑
5.05 ㎒ $\leq \Delta f <$ 10.05 ㎒	-29 dBm 이하	100 ㎑
10.05 ㎒ $\leq \Delta f <$ 할당대역 + 40 ㎒	-29 dBm 이하	100 ㎑

* 주 : 총복사전력일 때는 안테나탭 최대공급전력 및 안테나탭 당 불요발사 평균전력에 9 dB 더한 값일 것

4) 기본주파수의 안테나탭 최대 공급전력이 24 dBm 이하인 경우

점유주파수대역 폭 바깥쪽 끝에서 이격(Δf)	안테나탭 당 불요발사 평균전력	분해 대역폭
0.05 ㎒ $\leq \Delta f <$ 5.05 ㎒	$-30dBm-\frac{7}{5}\left(\frac{\Delta f}{MHz}-0.05\right)dB$ 이하	100 ㎑
5.05 ㎒ $\leq \Delta f <$ 10.05 ㎒,	-37 dBm 이하	100 ㎑
10.05 ㎒ $\leq \Delta f <$ 할당대역 + 40 ㎒	-37 dBm 이하	100 ㎑

* 주 : 총복사전력일 때는 안테나탭 최대공급전력 및 안테나탭 당 불요발사 평균전력에 9 dB 더한 값일 것

마. 스퓨리어스발사는 다음 조건을 만족할 것

주파수대역	안테나탭 당 불요발사 평균전력	분해대역폭

주파수대역	안테나탭 당 불요발사 평균전력	분해대역폭
30 ㎒ ~ 1 ㎓	-36 dBm 이하	100 ㎑
1 ㎓ ~ 12.75 ㎓	-30 dBm 이하	1 ㎒
12.75 ㎓ ~ 5차 고주파		1 ㎒

* 주 : 총복사전력일 때는 안테나탭 당 불요발사 평균전력에 9 dB 더한 값일 것

4. 기지국 수신장치의 부차적 전파 발사는 다음 조건을 만족할 것

주파수대역	안테나탭 당 불요발사 평균전력	분해대역폭
30 ㎒ ~ 1 ㎓	-57 dBm	100 ㎑
1 ㎓ ~ 12.75 ㎓	-47 dBm	1 ㎒
12.75 ㎓ ~ 5차 고조파	-47 dBm	1 ㎒

* 주 : 총복사전력일 때는 안테나탭 당 불요발사 평균전력에 9 dB 더한 값일 것

5. 이동국 송신장치의 점유주파수 대역폭은 10 ㎒, 20 ㎒, 30 ㎒, 40 ㎒, 50 ㎒, 60 ㎒, 70 ㎒, 80 ㎒, 90 ㎒, 100 ㎒ 중에서 사용할 것

6. 이동국 송신장치의 조건

가. 주파수허용편차는 지정주파수의 ±0.1 ppm 이하일 것

나. 안테나공급전력은 200 ㎽ 이하일 것

다. 인접채널 누설전력비는 인접 채널대역에 누설되는 전력이 기본 주파수의 평균전력보다 30 dB 이상 낮은 값일 것

라. 대역외발사는 다음 조건을 만족할 것

대역외발사 (dBm)											
점유주파수 대역폭 바깥쪽 끝에서 이격 (MHz)	10 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	50 MHz	60 MHz	70 MHz	80 MHz	90 MHz	100 MHz	분해 대역폭
± 0-1	-13	-13	-13	-13							점유주파수대역폭의 1%
					-24	-24	-24	-24	-24	-24	30 kHz
± 1-5	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	1 MHz
± 5-6	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	
± 6-10											
± 10-15	-25										
± 15-20											
± 20-25		-25									
± 25-30											
± 30-35			-25								
± 35-40											
± 40-45				-25							
± 45-50											
± 50-55					-25						
± 55-60											
± 60-65						-25					
± 65-70											
± 70-75							-25				
± 75-80											
± 80-85								-25			
± 85-90											
± 90-95									-25		
± 95-100											
± 100-105										-25	

마. 스퓨리어스발사는 다음 조건을 만족할 것

주파수대역	불요발사 평균전력	분해대역폭
30 MHz ~ 1 GHz	-36 dBm 이하	100 kHz
1 GHz ~ 12.75 GHz	-30 dBm 이하	1 MHz
12.75 GHz ~ 5차 고주파	-30 dBm 이하	1 MHz

7. 이동국 수신장치의 부차적 전파 발사는 다음 조건을 만족할 것

주파수대역	불요발사 평균전력	분해대역폭
30 ㎒ ~ 1 ㎓	-57 dBm	100 ㎑
1 ㎓ ~ 12.75 ㎓	-47 dBm	1 ㎒
12.75 ㎓ ~ 5차 고조파 ㎓	-47 dBm	1 ㎒

8. 기지국 송신장치와 이동국 송신장치를 중계하는 송신장치 조건의 가입자 방향은 제3호 조건을 만족하고, 사업자 방향은 제6호 조건을 만족할 것(다만, 인접채널누설전력비는 가입자 방향은 제외 및 사업자 방향의 안테나공급전력은 10 W 이하이고 제3호마목의 스퓨리어스발사 조건은 -13 dBm 이하일 것)

9. 무선국의 개설절차에 적합하여 운용중인 기지국은 할당대역 바깥쪽 주파수에 대해서만 제3호라목 및 마목, 중계 송신장치는 점유주파수대역폭 바깥쪽 주파수에 대해서만 제3호라목 및 마목의 스퓨리어스발사 조건 -13 dBm 이하의 불요발사 규정을 적용한다.

[별표 6]

<신 설>

1. 출력 허용편차
(제4조제4항제4호나목, 제4조제7항제4호나목 제4조제8항제6호나목, 제4조제7항제2호나목 관련)
5., 6., 7., 8. <신 설>

2. 주파수허용편차, 인접채널누설전력비, 대역외발사의 허용편차
(제4조제8항제6호가목,다목,라목, 제4조제7항제4호가목,다목,라목 관련)

[별표 6]

출력 등 허용편차

(제4조제4항, 제4조제7항, 제4조제8항, 제4조제9항, 제4조제10항 관련)

1. -- ------
(삭제)

송신설비	허용편차(%)	
	상한 퍼센트	하한 퍼센트
5. 시분할 복신방식을 사용하는 28 ㎓ 대역 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비 가. 기지국	100	-
6. 시분할 복신방식을 사용하는 28 ㎓ 대역 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비 가. 이동국	85	-
7. 시분할 복신 방식을 사용하는 4.7 ㎓ 대역 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비 가. 기지국	100	-
8. 시분할 복신 방식을 사용하는 4.7 ㎓ 대역 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비 가. 이동국	100	-

2. ----------
(삭제)

3., 4. <신 설>

송신설비		허용편차
3. 시분할 복신 방식을 사용하는 28 ㎓ 대역 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비 가. 이동국	1.주파수허용편차(ppm)	±0.005
	2.인접채널누설전력비(dB)	-5
	3.대역외발사(dB)	+3.21
4. 시분할 복신 방식을 사용하는 4.7 ㎓ 대역 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비 가. 이동국	1.주파수허용편차(Hz)	±15
	2.인접채널누설전력비(dB)	-0.8
	3.대역외발사(dB)	+1.8

「방송통신기자재등의 적합성평가에 관한 고시」

[별표 1]

적합성평가 대상기자재

(제3조 관련)

4. 전기통신사업용 무선설비의 기기

더., 러. <신 설>

「방송통신기자재등의 적합성평가에 관한 고시」

[별표 1]

적합성평가 대상기자재

(--- --)

4. ----------

대상기자재		적합성평가기준 적용분야					적합성평가 유형			기기부호	기타사항
		전자파적합성	무선	유선	전자파인체보호		적합인증	적합등록			
					전자파흡수율	전자파강도		지정시험기관	자기시험		
더. 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(28 ㎓ 대역)	1) 육상이동국의 송수신장치	○	○			○	○			FVG31	
	2) 기지국의 송수신장치 및 중계장치	○	○				○			FVG32	
	3) 기 타	○	○				○			FVG33	
러. 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(4.7 ㎓ 대역)	1) 육상이동국의 송수신장치	○	○		○		○			FVG41	
	2) 기지국의 송수신장치 및 중계장치	○	○				○			FVG42	
	3) 기 타	○	○				○			FVG43	

[별표 7]

방송통신기자재등의 형식기호 표시방법

(제5조제5항, 제8조제5항, 제11조제2항 관련)

2. 형식표시에 관한 지정항목

64., 65. <신 설>

※ 비고

1. 34. ~ 40.에 해당하는 무선기자재 중 육상이동국의 송수신장치는 형식표시 지정항목 중 기자재 외의 항목을 적용하지 않는다.

[별표 7]

방송통신기자재등의 형식기호 표시방법

(----------)

2. ----------

구분 \ 항목	기자재	주파수	송·수신의구별	전력	전파형식	채널
64. 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(28 ㎓ 대역) (단순 중계기에 한해서 전파형식표시 생략 가능) (※ 별표1 제3호 및 제4호에 해당하는 기자재 공통 적용)	○	○	○	○	○	
65. 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(4.7 ㎓ 대역) (단순 중계기에 한해서 전파형식표시 생략 가능) (※ 별표1 제3호 및 제4호에 해당하는 기자재 공통 적용)	○	○	○	○	○	

※ --

1. 34. ~ 40., 64., 65.----------

「방송통신기자재등 시험기관의 지정 및 관리에 관한 고시」	「방송통신기자재등 시험기관의 지정 및 관리에 관한 고시」
[별표 1]	[별표 1]
시험분야별 시험항목에 관한 사항	**시험분야별 시험항목에 관한 사항**
(제3조 관련)	(제3조 관련)
나. 시험분야별 세부 시험항목 분류 269-1, 269-2, 269-3, 270-1, 270-2, 270-3, 348-3, 349-5, 349-6, 522, 606 <신 설>	나. ---------- 시험 분야 / 시험항목 2. 무선 / 269-1 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(28 ㎓ 대역)(이동국) 269-2 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(28 ㎓ 대역)(기지국) 269-3 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(28 ㎓ 대역)(중계장치) 270-1 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(4.7 ㎓ 대역)(이동국) 270-2 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(4.7 ㎓ 대역)(기지국) 270-3 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(4.7 ㎓ 대역)(중계장치) 3. 전자파적합성 / 348-3 KN 301 489-50(5G 이동통신(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우)의 기지국, 중계기, 보조기기) 349-5 KN 301 489-52(5G 이동통신(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우)의 단말기, 보조기기) 349-6 KN 301 489-52(5G 이동통신(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우)의 단말기, 보조기기/옵압시험 제외) 4. 전자파흡수율 / 522 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(4.7 ㎓ 대역) 5. 전자파강도 / 606 5G 이동통신용(일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 경우) 무선설비의 기기(28 ㎓ 대역)(이동국)

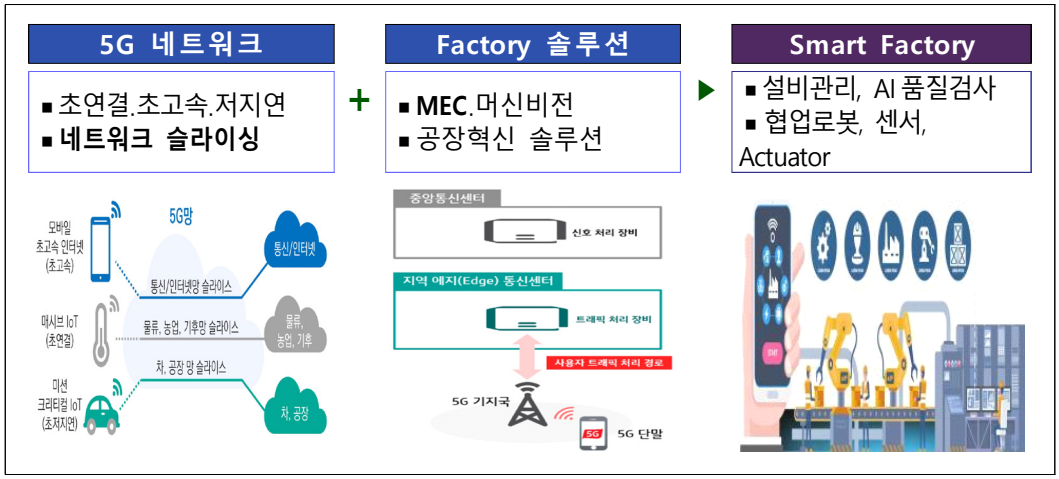
3. 5G 특화망 주파수 공동사용

가. 5G 특화망 개요

5G는 '초고속', '초저지연', '초연결' 특성을 통해 개인을 위한 통신뿐만 아니라 산업환경 전체를 혁신하고 공공서비스의 차원을 높일 수 있는 핵심적인 경제 인프라이다. 5G 특화망은 기존 이동통신 상용망이 아닌 전용 주파수를 통해 특정 공간(건물, 시설, 장소 등)에서 수요기업이 도입하고자 하는 최첨단 서비스를 구현할

수 있는 맞춤형 네트워크이다. 기존의 5G 이동통신망은 소수(3개)의 사업자가 할당받은 주파수를 통해 전국 단위 대규모 네트워크를 구축하여 대국민 서비스를 제공하지만, 5G 특화망은 수요기업 또는 사업자가 건물·시설·토지 등 제한된 범위 내에서 5G 서비스를 적용하기 위해 기업 맞춤형으로 무선 네트워크 구축이 가능하다는 점에서 5G 이동통신망과 차이가 있다.

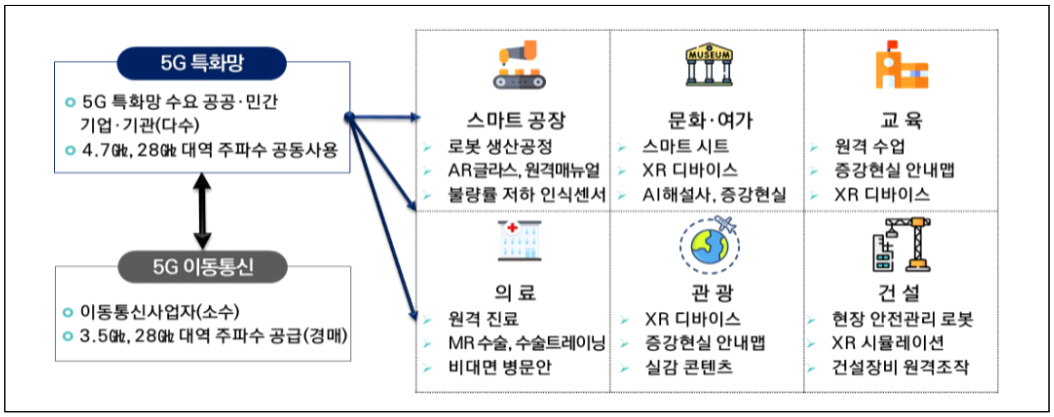
[그림 2-3] 5G 특화망 예시 (스마트팩토리)



[표 2-8] 5G 이동통신과 특화망 비교

구 분		5G 이동통신	5G 특화망
서비스 시장 측면	서비스 범위	전국	토지/건물
	사업자 수	소수(3개)	다수
네트워크 구축 측면	주파수 이용	전국적 주파수 사용	지역적 공동사용
	주파수 수요	경합성 높음	경합성 낮음
	설비 투자 규모	대규모 투자 필요	소규모 투자 가능
통신망 이용 측면	주 공급자	이동통신 사업자	수요기업·기관(자가망 형태)
	주 사용자	이동통신 가입 소비자(개인·기업)	수요기업·기관 및 서비스 이용 고객
	주요용도	음성, 데이터 등 전송	다양(수요기업·기관 활용형태에 따라)

[그림 2-4] 5G 특화망 활용 예시



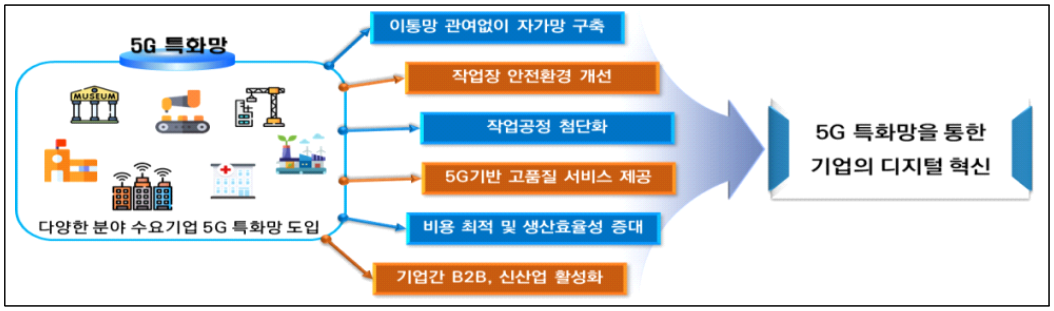
수요기업은 행정적 신청절차를 통해 4.7㎓, 28㎓ 대역의 특화망 주파수를 지정 또는 할당받아 디지털 대전환이 필요한 다양한 분야에서 특화망 통신 네트워크를 구축·활용할 수 있다.

나. 5G 특화망 수요 및 필요성

1) 기업적 측면

5G 특화망의 빠르고, 지연 없는 데이터 전송을 통한 고용량·고품질 전송 서비스 이용 확산, 작업공정 고도화 및 업무환경의 디지털 전환으로 휴먼 에러(Human error) 최소화, 기업의 생산성 증대, 신산업(B2B) 기회 촉진 등의 이점이 있다. 최근 기업의 ESG경영이 화두로 떠오른 만큼 5G 특화망을 통해 원격 작업공정 도입, 스마트 헬멧 등 고도화된 웨어러블 디바이스를 활용하여 산업현장의 환경 개선 및 근로자 안전 확보에 크게 기여할 수 있을 것이다.

[그림 2-5] 기업의 5G 특화망 활용 효과



공익을 중요시하는 지자체 및 공공기관의 경우 국민의 삶과 밀접하게 연관 되어있는 다중이용시설에 5G 특화망을 구축하고 정보 취약계층을 위한 서비스를 제공한다면 대국민 디지털복지를 실현시킬 수 있다. 기존의 지자체 자가망 등 공공분야 서비스를 개선하고 새로운 형태의 일자리 창출, 국내 5G 산업 활성화·생태계 조성 등 사회적 가치를 증대시킬 수 있으며, 향후 정부의 적극적인 투자로 다양한 분야의 산업 활성화 또한 기대할 수 있다.

[그림 2-6] 공공분야 5G 특화망 활용예시



2) 국가적 측면

5G 특화망 서비스의 초기시장을 창출하기 위한 정부 주도의 시책이 반드시 필요하다. 4차 산업혁명 대응과 디지털 뉴딜에 부합하는 정책 지원으로 5G 서비스의 다양화를 통한 전파관련 산업의 경쟁력을 확보하는 등 목표 달성을 촉진 시킬 수 있다.

5G 특화망의 활성화는 5G 융합서비스가 산업·생활 전반으로 확산되어 전통산업의 혁신을 촉진하는 기폭제의 역할로 국제시장에 경쟁력 있는 ICT 융·복합 환경을 구축하는데 기여할 수 있습니다. 또한 5G 분야의 소재, 부품, 장비 선도 등 중소·중견 기업 육성에 이바지할 수 있다.

[그림 2-7] 5G 특화망 구축 필요성



다. 5G 특화망 주파수 공동사용을 위한 이용조건 및 세부사항에 관한 지침

5G 특화망 주파수의 지역적 공동사용은 한정된 주파수의 이용 효율성 제고를 위해 필수적인 사항이다. 과학기술정보통신부는 5G 특화망 운용자 간의 전파 혼·간섭이 없는 원활한 서비스를 위해 특화망 서비스 영역 조정, 주파수 동기화, 상호 협의 사항 등에 대한 세부지침을 마련하였다. 우리원은 세부지침 작성에 참여하였으며, 세부지침을 고려하여 주파수 소요량, 간섭분석 등 주파수 이용 타당성 검토를 수행하고 있다. 5G 특화망 주파수를 할당·지정받아 이용하는 법인, 기업 등은 4.7㎓ 대역, 28㎓ 대역에서 다수의 특화망 주파수 이용자와 동일 대역 주파수를 공동사용하기 위해 「5G 특화망 주파수 공동사용을 위한 이용조건 및 세부사항에 관한 지침」을 준수하여야 한다.

[표 2-9] 5G 특화망 주파수 공동사용을 위한 이용조건 및 세부사항에 관한 지침

제1조(목적) 이 지침은 「전파법」제6조의3 및 제10조에 따라 5G 특화망 주파수 공동사용을 위한 범위 및 협의 등에 관한 사항, 지원기관의 지정 및 그 업무 처리방법 등에 관하여 필요한 사항을 정하는데 있다.
제2조(적용범위) 이 지침은 4.7㎓ 대역, 28㎓ 대역의 5G 특화망 주파수를 공동사용하는데 적용한다.

제3조(용어정의) 이 지침에서 사용하는 용어의 뜻은 다음 각 호와 같다. 다만, 여기에서 규정하지 아니한 사항은 전파법 및 같은 법 시행령이 정하는 바에 따른다.

1. "5G 특화망"은 국제전기통신연합(ITU)이 채택한 IMT 기술방식(IMT-2020 및 이후 진화기술)을 활용하여 일정한 구역(건물 등) 내에서만 무선국을 구축·운영하는 네트워크를 말한다.
2. "5G 특화망 이용구역"은 5G 특화망을 이용하고자 하는 소유자의 건물, 토지 등의 구역 또는 타인으로부터 허가(또는 동의) 받은 건물, 토지 등의 구역을 말한다.
3. "서비스 영역"은 5G 특화망 서비스를 원활하게 제공할 수 있는 전파영역으로 RSRP(Reference Signals Received Power) 기준 -105dBm이상으로 정한다.
4. "조정대상 영역"은 다른 5G 특화망 등 기존 무선국과의 간섭을 최소화하기 위해 조정 여부를 판단하기 위한 전파영역으로 RSRP 기준 -115dBm이상으로 정한다.
5. "5G 특화망 운용자"는 5G 특화망 주파수를 이용하여 5G 특화망을 구축하여 무선 서비스를 제공하는 자를 말한다.
6. "기존 운용자"는 5G 특화망 주파수를 이용하여 5G 특화망을 구축하여 무선서비스를 제공하고 있는 자를 말한다.
7. "신규 운용자"는 새로이 5G 특화망 주파수를 이용하여 5G 특화망을 구축하여 무선 서비스를 제공하고자 하는 자를 말한다.

제4조(기본원칙) 5G 특화망 주파수를 공동사용 하는 기본원칙은 다음 각 호와 같다.

1. 기존 운용자 및 신규 운용자 등은 5G 특화망 주파수를 이용하여 5G 특화망을 구축하여 무선서비스를 제공함에 있어 상호간에 간섭을 초래하지 않으면서 공동 사용하는 것을 원칙으로 한다.
2. 5G 특화망 운용자는 필요한 최소 주파수 대역폭과 출력으로 무선국을 구축하여 이용하여야 한다.
3. 서비스 영역은 5G 특화망 이용구역을 가급적 벗어나지 않아야 한다.
4. 조정대상 영역은 5G 특화망 이용구역을 벗어날 수 있으나, 이 경우 인접 지역에서 신규 운용자가 있을 경우 전파영역 조정요청에 성실하게 응하여야 한다.

제5조(5G 특화망 영역 조정) ① 5G 특화망 주파수 공동사용을 위한 서비스 영역 또는 조정대상 영역 조정은 기존 운용자와 신규 운용자간 상호 협의를 통해 조정한다.

② 5G 특화망 주파수의 공동사용을 지원하기 위해 과학기술정보통신부는 지원기관을 지정하여 신규 운용자의 5G 특화망 영역 조정에 도움을 줄 수 있다.

③ 서비스 영역 또는 조정대상 영역 조정은 다음과 같이 하며, 제1항에 따라 상호 협의에 의한 조정이 원활하지 않은 경우 제2항에 따라 지정된 지원기관의 중재를 통해 조정할 수 있다.

1. 기존 운용자의 서비스 영역과 신규 운용자의 서비스 영역이 겹칠 경우에는 각

운영자의 5G 특화망 운영구역 내의 서비스영역을 우선적으로 보호하면서 기존 운용자와 신규 운용자가 상호 협의하여 각 서비스 영역을 조정한다.

2. 기존 운용자의 조정대상 영역이 신규 운용자의 서비스 영역과 겹칠 경우에는 기존 운용자의 조정대상 영역을 조정한다.
3. 기존 운영자의 서비스 영역과 신규 운용자의 조정대상 영역이 겹칠 경우에는 신규 운용자의 조정대상 영역을 조정한다.
4. 기존 운용자의 조정대상 영역과 신규 운용자의 조정대상 영역이 겹칠 경우에는 상호 협의하여 각 조정대상 영역을 조정한다.

④ 제3항에 따른 서비스 영역 및 조정대상 영역의 조정에 따른 소요비용은 5G 특화망 이용구역을 월경(越境)하여 전파를 발사하는 기존 운용자 또는 신규 운용자가 부담한다.

제6조(5G 특화망 주파수 동기화 등) ① 신규 운용자는 인접지역 등의 기존 운용자와 주파수 동기 불일치 등으로 간섭을 최소화하기 위해 인접지역 등의 기존 운용자가 사용하는 5G 특화망 주파수와 다른 주파수 수용을 우선적으로 고려하여야 한다.

② 신규 운용자는 인접지역 등의 기존 운용자 및 28㎓ 대역 5G 이동통신 운용자와 주파수 동기 불일치로 인한 간섭이 없도록 하여야 하며, 간섭 발생시 신규 운용자는 기존 운영자 및 28㎓ 대역 5G 이동통신 운용자와 주파수 동기화, 무선국 출력 조정 등의 조치를 통해 간섭을 해결하여야 한다.

제7조(5G 특화망 자료 제공) 전파의 간섭 방지를 위해 과학기술정보통신부가 기존 운용자 또는 신규 운용자에게 5G 특화망 운용에 대한 자료 요청이 있을 경우 각 운용자는 자료 제공에 협조하여야 한다.

제8조(기 타) 여기서 규정하지 아니한 사항은 전파법 및 같은 법 시행령이 정하는 바를 따른다.

제2절 5G 추가 주파수 발굴을 위한 혼·간섭 연구

2021년 6월 5G 특화망 주파수 공급 정책을 확정·발표하였다. 비(非) 통신 기업도 5G 주파수를 활용할 수 있도록 4.7㎓ 대역과 28㎓ 대역의 주파수를 동시에 공급하였다. 이를 위해 우리원은 동 주파수 공급에 필요한 간섭분석 업무 등 주파수 공동사용을 위한 적정성 검토를 수행한 바 있다. 본 보고서에서는 한정된 주파수 자원의 보다 효율적인 이용을 위해 적정 무선국 출력과 그에 따른 전파도달 영역인 보다 정밀한 커버리지를 예측하기 위한 기술을 연구하였다.

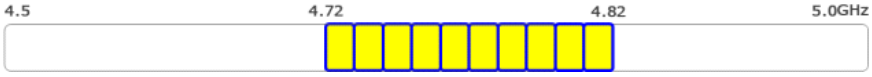
[표 2-10] 5G 특화망 주파수 공급 정책

□ 과학기술정보통신부는 5G 특화망 활성화를 위해 28㎓ 대역과 함께 6㎓이하(Sub-6㎓) 대역도 동시에 공급한다.

○ 28㎓대역은 600㎒폭(28.9~29.5㎓)을 50㎒폭 12개 블록으로 나누어 수요기업의 신청에 따라 적정 대역폭을 공급할 계획이다.

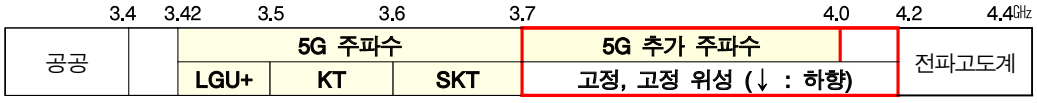


○ Sub-6㎓ 대역은 업계의 수요를 고려해 일부 지역에서만 사용하고 있는 기존 무선국 등과 주파수를 공동 사용하는 방식으로 4.7㎓ 대역 100㎒폭(4.72~4.82㎓)을 확보하였으며, 10㎒폭 10개 블록으로 나누어 수요기업의 신청에 따라 적정 대역폭을 공급한다.



아울러, 2019년 12월 우리나라는 5G+ 스펙트럼플랜에서 제시된 3.7㎓ 이상에서 5G 추가 주파수 확보를 위한 연구를 수행하였다. 이를 위해 ETRI와 공동으로 우리원 옥상에 위성방송 수신기(3.7m급 안테나)를 설치하여 간섭 모의실험 환경을 구축하고 이론적 간섭분석의 신뢰성을 높이기 위한 검증 실험과 분석 업무를 수행하였다. 이를 통해 우리원의 주파수자원분석시스템(SMIs)의 예측 정확도를 개선하고 위성방송 수신기 보호구역 인근에 설치될 5G 기지국의 안테나 틸트(앙각)와 출력 조정 또는 차폐물 설치 등을 통한 간섭완화 방안을 연구하였다.

[그림 2-8] 5G 추가 주파수 확보 대역



1. 5G 특화망 주파수 분석 방안 연구

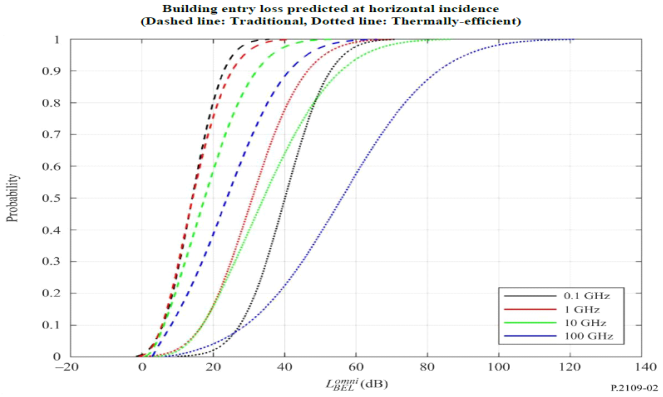
가. 전파간섭 분석 기법 개선

5G 특화망은 건물, 토지 등 일정한 구역 내에서 이용하는 5G 이동통신망으로 동일 대역을 사용하는 5G 특화망 간, M/W 중계용 무선국과 상호 간섭없는 지역적 주파수 공동사용이 필요하다. 향후, 5G 특화망 이용 확대 시, 전파간섭은 중요한 이슈로 대두될 것이며 간섭분석 수요는 증가할 것으로 예상된다. 이에 따라 보다

정확한 전파 간섭분석을 위해 주파수자원분석시스템(SMIs)의 전파간섭 분석 기법을 개선하였다. 5G 특화망 이용환경을 감안하여 실내, 실외 환경에서의 전파 전달 특성을 반영하여 전파분석을 수행할 수 있도록 건물투과손실(Building Entry Loss) 예측방법을 적용하였다. 즉, 실내(Indoor)에서 실외(Outdoor)로 전파되는 전파 전달특성과 실외에서 실내로 유입되는 전파 전달특성에 따른 전파손실을 분석할 수 있도록 ITU-R P.2109 모델의 건물투과손실을 적용하였다. 또한, 실외의 건물과 같은 클러터(Clutter)에 의한 전파손실에 적용되는 클러터 손실 모델, ITU-R P.2108 모델과 건물, 지형에 의한 전파손실 예측에 적용되는 회절 손실 모델, ITU-R P.526을 구성하여 필요에 따라 선택적으로 적용하여 분석할 수 있도록 구성하였다.

ITU-R P.2108 모델은 클러터, 즉 지표 위에 있는 지형, 지물의 분류에 따라 전파손실을 예측하는 모델로 수신기가 위치한 클러터 타입에 따라 건물의 높이를 반영하여 전파손실을 예측하는 모델이다. 건물 폴리곤 데이터를 활용하여 송신기로부터 이동하는 수신기 지점의 건물 폴리곤 내부, 외부 위치 여부를 확인하여 건물투과손실이 적용되도록 구성하였다. ITU-R P.2109의 건물투과손실 예측방법은 단열재(Thermally-efficient)가 사용된 현대식 건물과 단열재가 사용되지는 않은 건물(예, 벽돌 건물) 타입에 따라 건물투과손실이 예측되도록 구성하였다. 이 모델은 측정데이터를 기반으로 구성된 모델로 주파수, 평균, 표준편차를 기반으로 누적 정규 분포함수가 구성되어 있으며 정규분포의 확률을 입력하여 건물투과손실을 예측할 수 있도록 역 누적분포 함수를 적용하는 방식으로 구성되어 있다. 정규분포에서 50%는 평균을 의미하여 평균 +/- 표준편차에 따라 건물투과손실이 증감되는 것을 아래의 그래프에서 확인할 수 있다.

[그림 2-9] 확률 분포에 따른 건물투과손실(Building Entry Loss)



나. 적정 출력 및 커버리지 분석 사례

1) 5G 특화망 수요기업 A

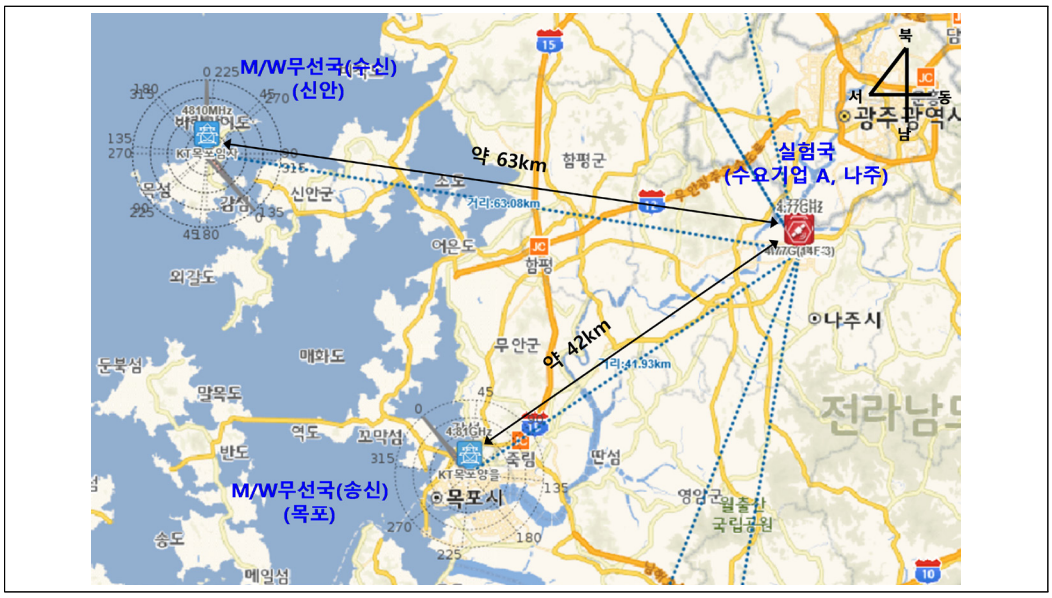
5G 특화망 수요기업 A가 5G 특화망 실증사업 추진을 위한 실험국 주파수 신청에 따라 우리원은 전파간섭 분석을 수행하였다. 본사 건물 내에서 옥내형 기지국 6대와 단말기 50대를 설치하여 셀 커버리지, 데이터 처리량 등 시험을 위해 신청한 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국에 대한 분석을 수행하였다. 우리원의 주파수자원분석 시스템(SMIs)을 이용하여 분석하였으며, ITU-R P.525(자유공간손실), ITU-R P.526(회절), ITU-R P.2108(클러터손실), ITU-R P.2109(건물투과손실) 전파전달 모델을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

[표 2-11] 신청 실험국 제원(수요기업 A 본사)

국종	주파수	전파형식	안테나 공급전력	안테나의 형식・이득	설치장소 (무선국 수)
실험국	4.72~4.82㎓	100MD7W	500㎽ (기지국)	Omni 5dBi	수요기업 A 본사 건물 내 (기지국 6국, 육상이동국 50국)
		100MD7W	200㎽ (육상이동국)	Omni 0.2~4.6dBi	

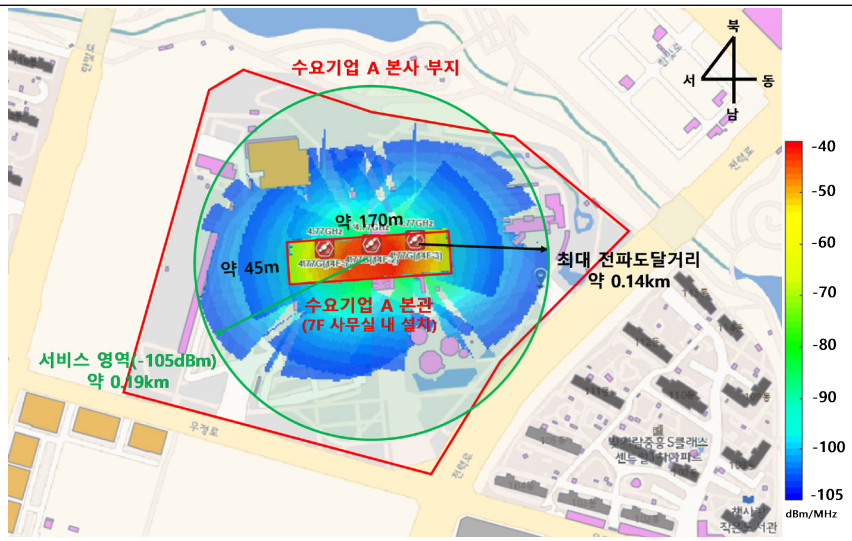
건물 내 환경에서 출력 500㎽로 4.72~4.82㎓ 주파수로 5G 특화망을 구축·운용한다. 동일 대역에서 장거리 해안 및 도서지역 구간에 M/W 무선국(20국)이 운용중이다. 신청한 나주의 5G 특화망 실험국은 신안의 M/W 무선국(4810㎒, 수신)와 일부 주파수를 중첩하여 사용하나, 5G 특화망 실험국의 최대 전파도달거리가 약 0.25㎞인 것을 고려하면 충분한 이격거리(약 63㎞)가 확보되어 간섭영향은 없는 것으로 분석하였다.

[그림 2-10] M/W 무선국(신안)과 수요기업 A 간 이격거리



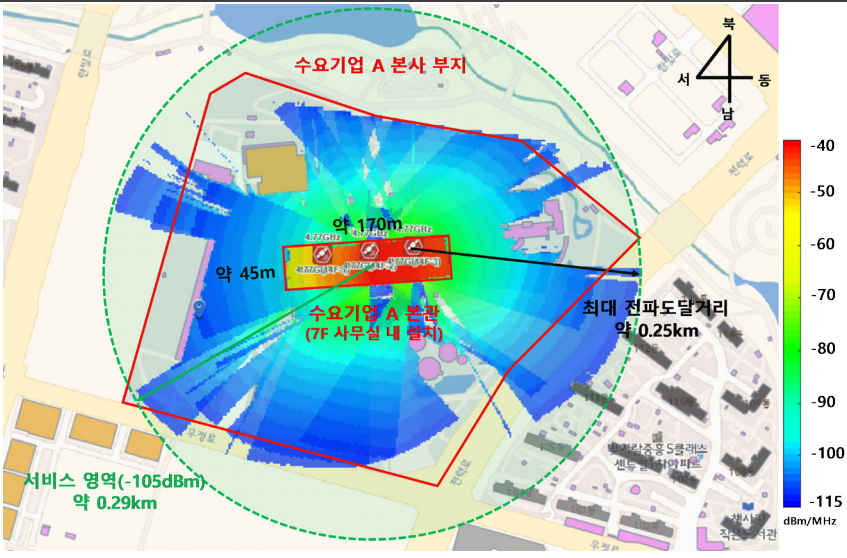
나주의 5G 특화망 실험국이 EIRP 32dBm 전력(0.5W+5dBi)으로 송신 시, -105dBm 전력이 도달하는 서비스 영역은 약 0.19㎞로 신안의 M/W 무선국의 수신에 전파간섭은 없을 것으로 분석되어 수요기업 A 건물 내에서 5G 특화망 실험국 운용이 적절한 것으로 판단하였다. 다만, 전파전달 특성 상 신청한 5G 특화망 실험국의 운용구역(건물, 토지)을 벗어나는 전파 서비스 영역과 조정 영역이 발생 될 수 있으며, 그에 따른 향후 5G 특화망 간에 간섭영향이 발생 될 수 있으므로 적정 출력과 안테나 방향 조정 등을 통해 혼·간섭을 최소화하는 조치가 필요할 것으로 판단하였다.

[그림 2-11] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국의 서비스 영역(-105dBm)



o (조건) 주파수: 4.77㎓, 송신전력(EIRP): 32dBm, 안테나: Omni(무지향성)
o (결과) 실험국 전력 –105dBm의 전파도달거리는 최대 약 0.14㎞이며, 서비스 영역은 반경 약 0.19km로 분석됨

[그림 2-12] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국의 조정 영역(-115dBm)



o (결과) 실험국 전력 –115dBm의 전파도달거리는 최대 약 0.25km이며, 조정 영역은 반경 약 0.29km로 분석됨

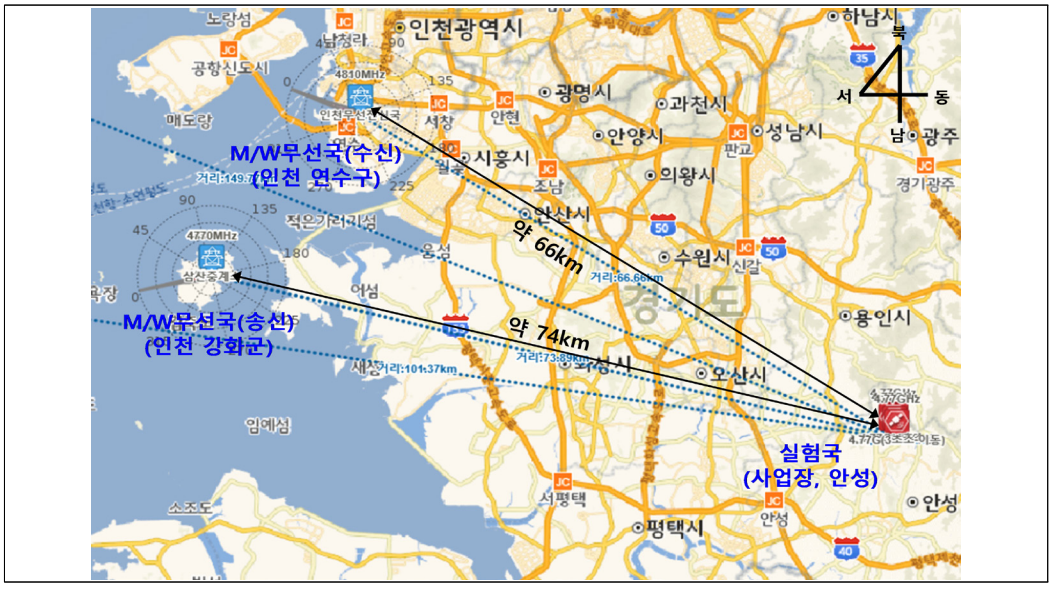
수요기업 A가 사업장(건물, 토지) 내에서 기지국 9대(옥내형 7대, 옥외형 2대), 단말기 10대를 설치하여 셀 커버리지, 데이터 처리량 등 시험을 위해 신청한 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국에 대한 분석을 수행하였다.

[표 2-12] 신청 실험국 제원(수요기업 A 사업장)

국종	주파수	전파형식	안테나 공급전력	안테나의 형식・이득	설치장소 (무선국 수)
실험국	4.72~4.82㎓	100MD7W	500㎽ (옥내형 기지국) 10W (옥외형 기지국)	Omni 5dBi Patch Array 17.4dBi	수요기업 A 사업장 (기지국 9국, 육상이동국 10국)
		100MD7W	200㎽ (육상이동국)	Omni 2.5dBi	

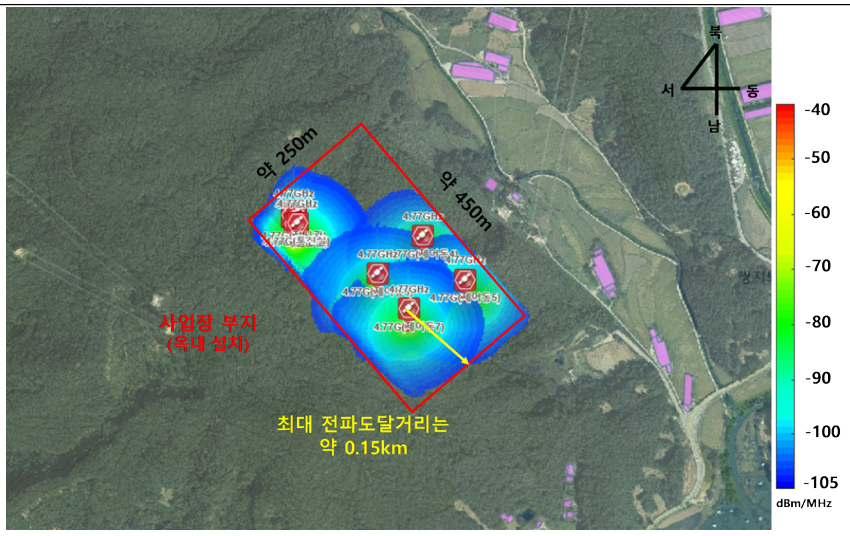
사업장의 전파이용환경은 건물 내와 건물 밖 부지로 나뉜다. 건물 내 환경에서 출력 500㎽의 옥내형 기지국을, 건물 밖 환경에서는 출력 10W의 옥외형 기지국을 이용하여 5G 특화망 실험국을 구축・운용한다. 동일 대역에서 장거리 해안 및 도서지역 구간에 M/W 중계용 무선국(20국)이 운용 중이다. 신청한 5G 특화망 실험국은 M/W 무선국(4810㎒, 수신)과 일부 주파수를 중첩하여 사용하나 5G 특화망 실험국의 최대 전파도달거리가 약 7㎞인 것을 고려하면 충분한 이격거리(약 66㎞)가 확보되어 간섭영향은 없는 것으로 분석하였다.

[그림 2-13] M/W 무선국과 사업장 간 이격거리



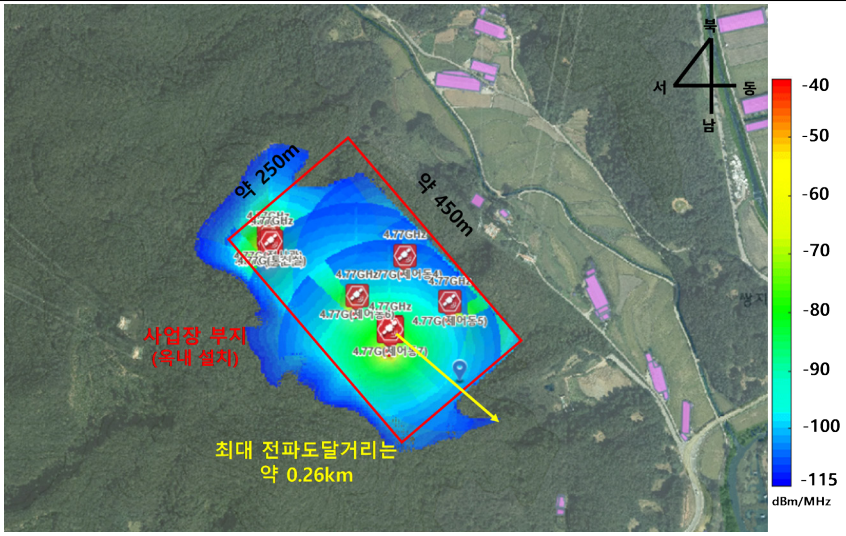
4.7㎓ 대역 5G 특화망 옥내형 기지국이 EIRP 32dBm 전력(0.5W+5dBi)으로 송신 시, -105dBm 전력이 도달하는 최대 거리는 약 0.15㎞로 M/W 무선국의 수신에 전파간섭은 없을 것으로 분석되어 사업장 내에서 운용이 가능한 것으로 판단하였다.

[그림 2-14] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국(옥내형 기지국)의 전파도달거리(-105dBm)



o (조건) 주파수: 4.77㎓, 송신전력(EIRP): 32dBm, 안테나: Omni(무지향성)
o (결과) 실험국 전력 –105dBm의 전파도달거리는 가시거리(LOS) 최대 약 0.15㎞

[그림 2-15] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국(옥내형 기지국)의 전파도달거리(-115dBm)

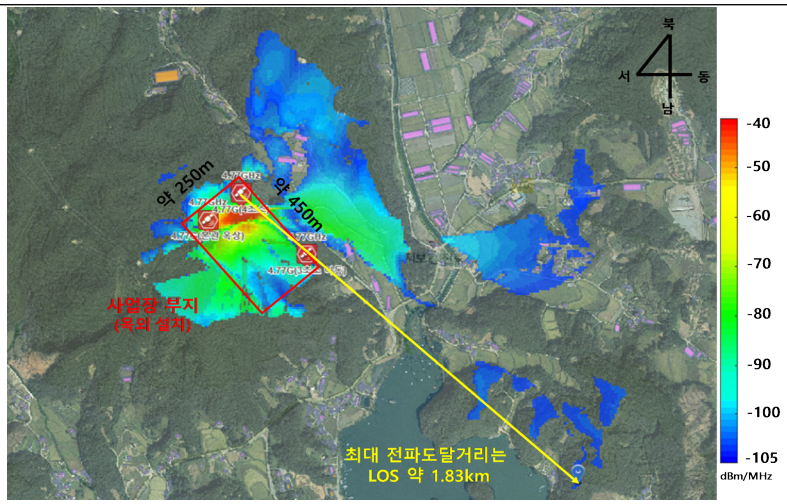


o (결과) 실험국 전력 –115dBm의 전파도달거리는 최대 약 0.26㎞

또한, 5G 특화망 옥외형 기지국이 EIRP 57.4dBm 전력(10W+17.4dBi)으로 송신

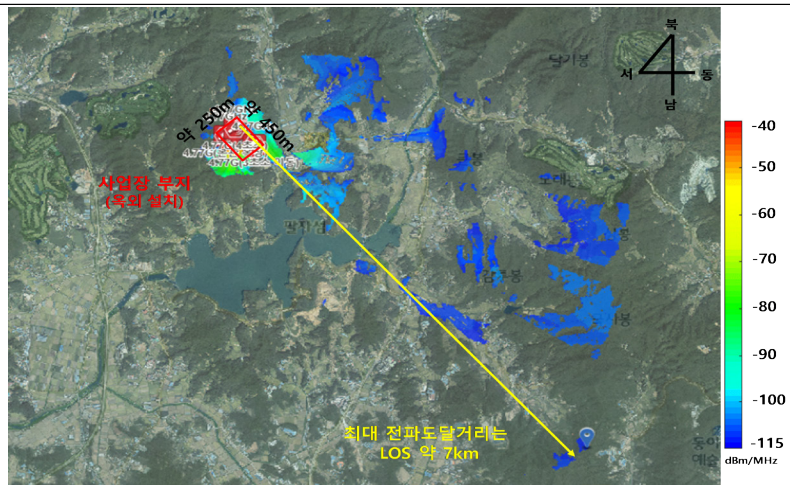
시, -105dBm 전력이 도달하는 최대 거리는 약 1.83㎞로 M/W 무선국의 수신에 전파간섭은 없을 것으로 분석되어 사업장 내에서 운용이 가능한 것으로 판단하였다. 다만, 전파전달 특성 상 실험국의 전파 서비스 영역(1.83㎞)과 조정 영역(7㎞)이 신청한 실험국 운용 지역(건물, 토지)을 크게 벗어나, 향후 인접 5G 특화망과의 간섭영향이 발생 될 수 있으므로 적정 출력, 안테나 이득 및 방향 조정 등을 통해 혼·간섭을 최소화하는 조치가 필요할 것으로 판단하였다.

[그림 2-16] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국(옥외형 기지국)의 전파도달거리(-105dBm)



o (조건) 주파수: 4.77㎓, 송신전력(EIRP): 57.4dBm, 안테나: Patch Array(지향성),
o (결과) 실험국 전력 –105dBm의 전파도달거리는 가시거리(LOS) 최대 약 1.83㎞

[그림 2-17] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 실험국(옥외형 기지국)의 전파도달거리(-115dBm)



o (결과) 실험국 전력 –115dBm의 전파도달거리는 가시거리(LOS) 최대 약 7㎞

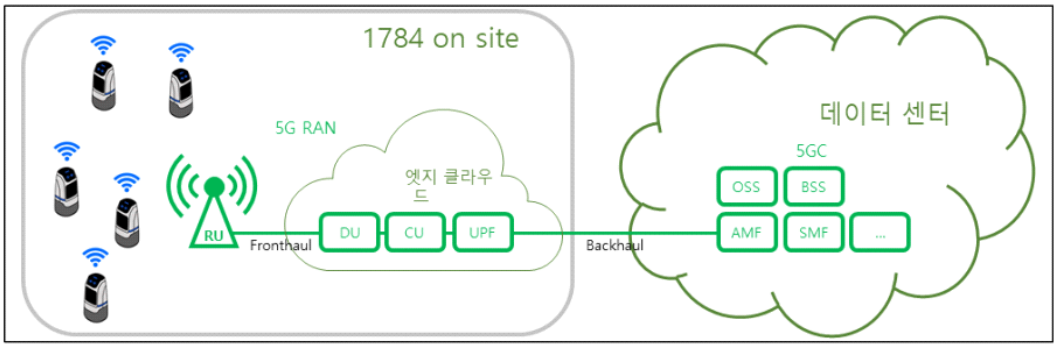
2) 5G 특화망 수요기업 B 사례

5G 특화망 수요기업 B가 제2사옥 내에서 4.7㎓/28㎓ 대역의 기지국, 이동중계국, 로봇 등을 설치하여 로봇 택배, 도시락 배송, 까페 음료 배송 등 서비스 제공을 위해 주파수 할당 신청한 5G 특화망에 대한 분석을 수행하였다.

[표 2-13] 신청 무선국 제원(수요기업 B)

주파수	국종	전파형식	출력 (EIRP)	안테나의 형식	설치장소 (무선국 수)
4.72~4.82㎓	기지국 이동중계국 육상이동국	100MD7W	23.7dBm	Omni	수요기업 B 제2사옥 내 (기지국 89대, 이동중계국 207대, 육상이동국(로봇) 140대)
28.9~29.5㎓		600MD7W	55dBm	Patch Array	

[그림 2-18] 수요기업 B의 5G 특화망 통신네트워크 개념도



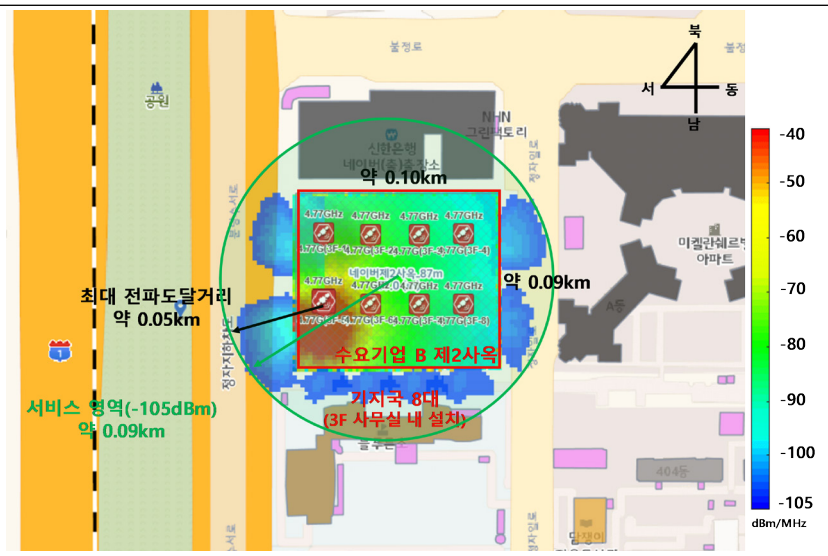
건물 내 환경에서 4.7㎓/28㎓ 대역의 옥내형 기지국을 각 층별로 4~8개를 설치하여 5G 특화망을 구축·운용한다. 4.7㎓ 대역은 출력(EIRP) 23.7dBm의 옥내형 기지국을 각 층 별로 4~8개를 설치하여 운용한다. 동일 대역에서 장거리 해안 및 도서지역 구간에 M/W 무선국(20국)이 운용 중이다. 신청한 5G 특화망 기지국은 M/W 무선국(4810㎒, 수신)과 일부 주파수를 중첩하여 사용하나 5G 특화망 기지국의 최대 전파도달거리가 약 0.11㎞인 것을 고려하면 충분한 이격거리(약 41㎞)가 확보되어 간섭영향은 없는 것으로 분석하였다.

[그림 2-19] M/W 무선국과 수요기업 B 사옥 간 이격거리



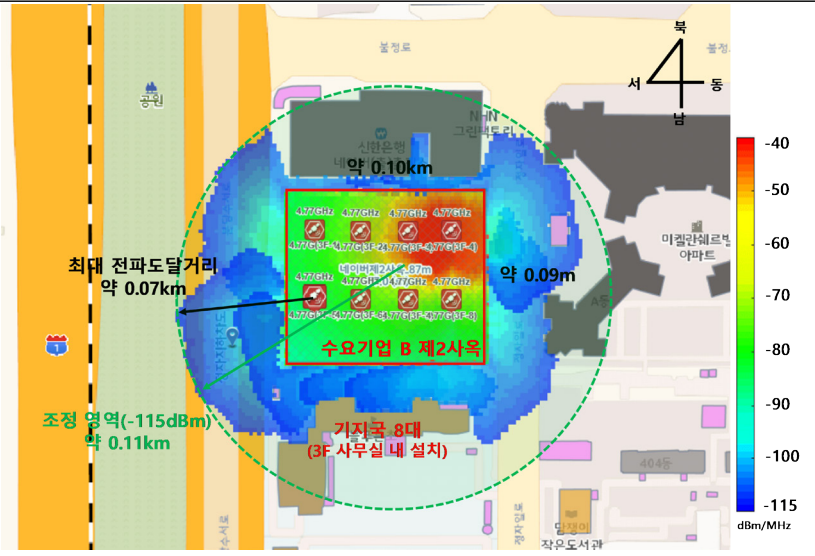
4.7㎓ 대역 5G 특화망 기지국이 EIRP 23.7dBm 전력으로 송신 시, -105dBm 전력이 도달하는 전파 서비스 영역은 약 0.09㎞로 M/W 무선국의 수신에 전파 간섭은 없는 것으로 분석되어 수요기업 B 제2사옥 내에서 운용이 가능한 것으로 판단하였다. 다만, 전파전달 특성 상 5G 특화망 전파 서비스 영역(0.09㎞)과 전파 조정 영역(0.11㎞)이 수요기업 B 제2사옥 건물을 벗어날 우려가 있어, 향후 인접의 5G 특화망과의 간섭이 발생 될 수 있으므로 적정 출력, 안테나 이득 및 방향 조정 등을 통해 혼·간섭을 최소화하는 조치가 필요할 것으로 판단하였다.

[그림 2-20] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 무선국(23.7dBm)의 서비스 영역(-105dBm)



o (조건) 주파수: 4.77㎓, 송신전력(EIRP): 23.7dBm, 안테나: Omni(무지향성)
o (결과) 5G 특화망 무선국 전력 –105dBm의 전파도달거리는 최대 약 0.05㎞이며, 서비스 영역은 반경 약 0.09km로 분석됨

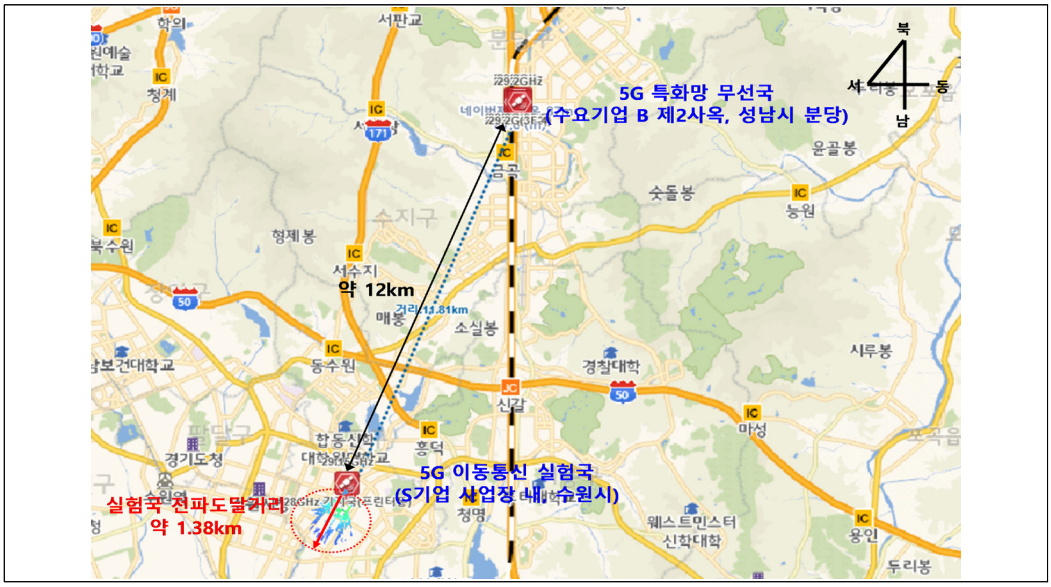
[그림 2-21] 4.7㎓ 대역 5G 특화망 무선국(23.7dBm)의 조정 영역(-115dBm)



o (결과) 5G 특화망 무선국 전력 –115dBm의 전파도달거리는 최대 약 0.07km이며, 조정 영역은 반경 약 0.11km로 분석됨

28㎓ 대역은 출력(EIRP) 55dBm, 28.9~29.5㎓ 주파수를 이용하는 5G 특화망 기지국을 수요기업 B 제2사옥 내의 데이터 소요량이 많은 위치에 설치하여 운용한다. 5G 특화망 기지국과 일부 주파수를 중첩 사용하는 5G 이동통신용 실험국(29.15㎓, 1.58W, 실외)이 운용 중이만, 수요기업 B 제2사옥의 5G 특화망 기지국의 전파 서비스 영역이 약 0.07㎞인 것을 고려하면 충분한 이격거리(약 12㎞)가 확보되어 상호 간섭영향은 없는 것으로 분석하였다.

[그림 2-22] 5G 이동통신용 실험국과 수요기업 B 사옥 간 이격거리

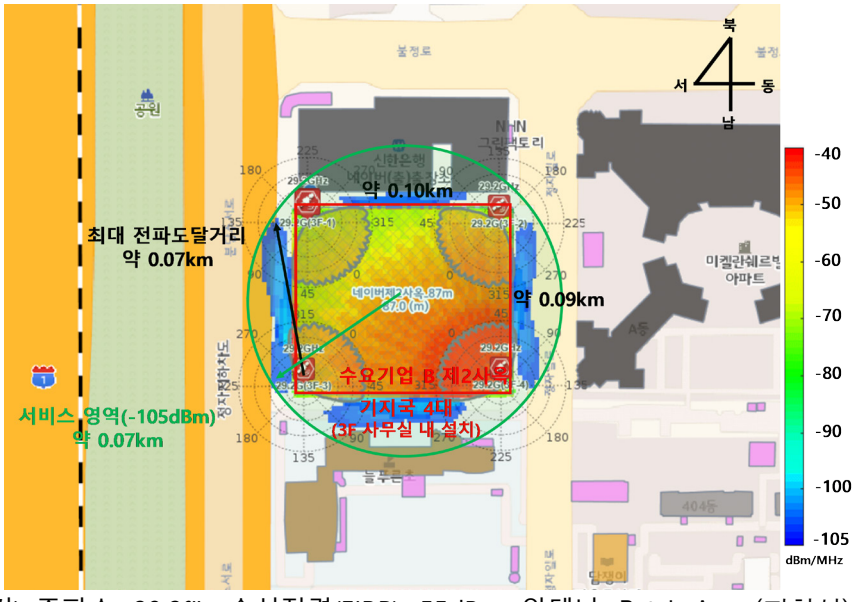


28㎓ 대역 5G 특화망 기지국이 EIRP 55dBm 전력으로 송신 시, -105dBm 전력이 도달하는 전파 서비스 영역은 반경 약 0.07㎞, -115dBm 전력이 도달하는 전파 조정 영역은 반경 약 0.13㎞로 5G 이동통신용 실험국에 전파 간섭영향이 없는 것으로 분석되어 수요기업 B 제2사옥 내에서 운용이 가능한 것으로 판단하였다. 다만, 전파 전달특성 상 5G 특화망의 할당구역(수요기업 B 제2사옥 건물 등)을 벗어나는 전파 서비스 영역과 조정 영역이 발생하여 향후, 인접의 5G 상용망, 5G 특화망과의 간섭영향이 발생 될 수 있으므로 출력 하향 조정(55dBm → 약 40dBm이하), 안테나 방향 조정 등을 고려하는 것이 바람직할 것으로 판단하였다.

[표 2-14] 28㎓ 대역 5G 특화망 출력 하향 조정에 따른 전파 커버리지

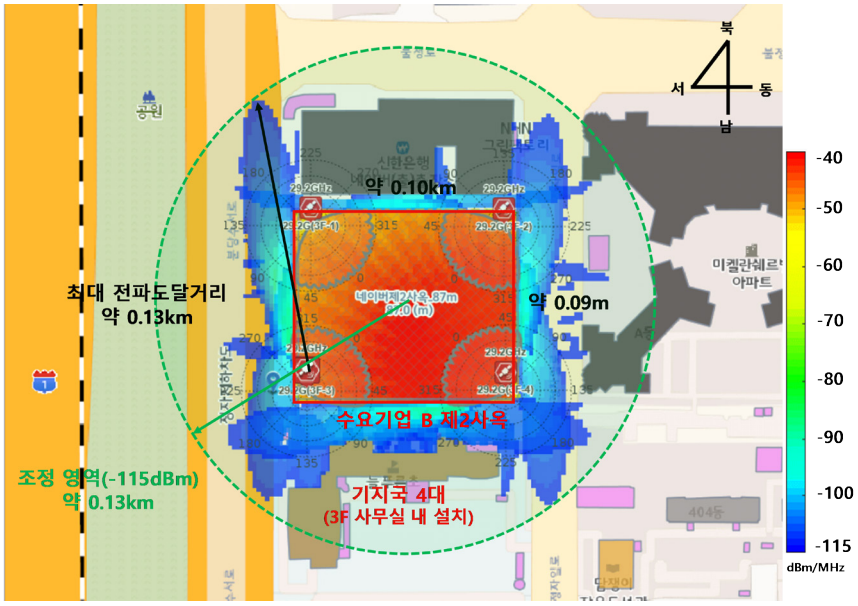
출력 (EIRP)	서비스 영역 (-105dBm)	조정 영역 (-115dBm)	비고
55dBm	0.070㎞	0.130㎞	(신청 출력) 서비스 및 조정 영역이 건물 반경을 벗어남
49dBm	0.065㎞	0.085㎞	(신청 출력 – 6dBm) 조정 영역이 건물 반경을 벗어남
39dBm	0.065㎞	0.065㎞	(신청 출력 – 16dBm) 서비스 및 조정 영역이 건물 반경 내에 있음

[그림 2-23] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(55dBm)의 서비스 영역(-105dBm)



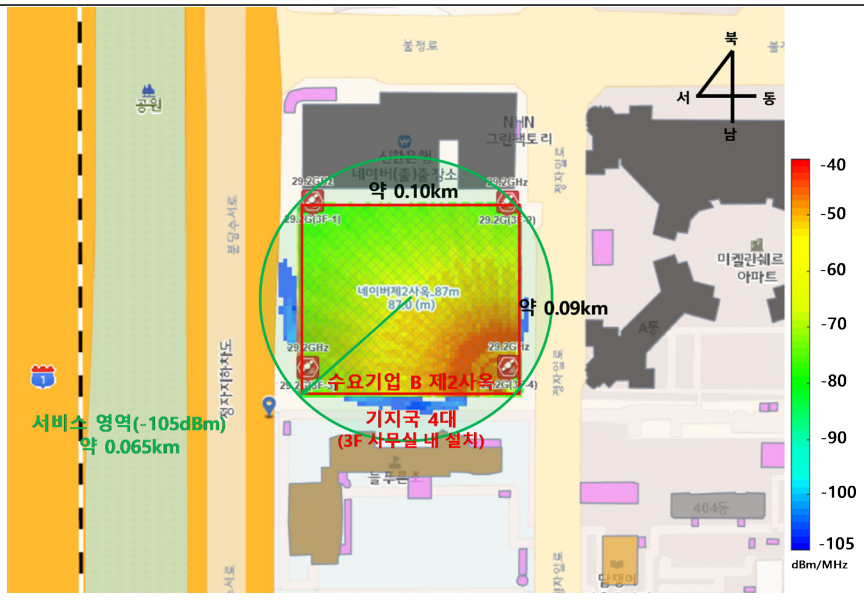
o (조건) 주파수: 29.2㎓, 송신전력(EIRP): 55dBm, 안테나: Patch Array(지향성)
o (결과) 5G 특화망 무선국 전력 –105dBm의 전파도달거리는 최대 약 0.07㎞이며, 서비스 영역은 반경 약 0.07km로 분석됨 (※ 기지국의 수량과 배치는 임의 선정)

[그림 2-24] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(55dBm)의 조정 영역(-115dBm)



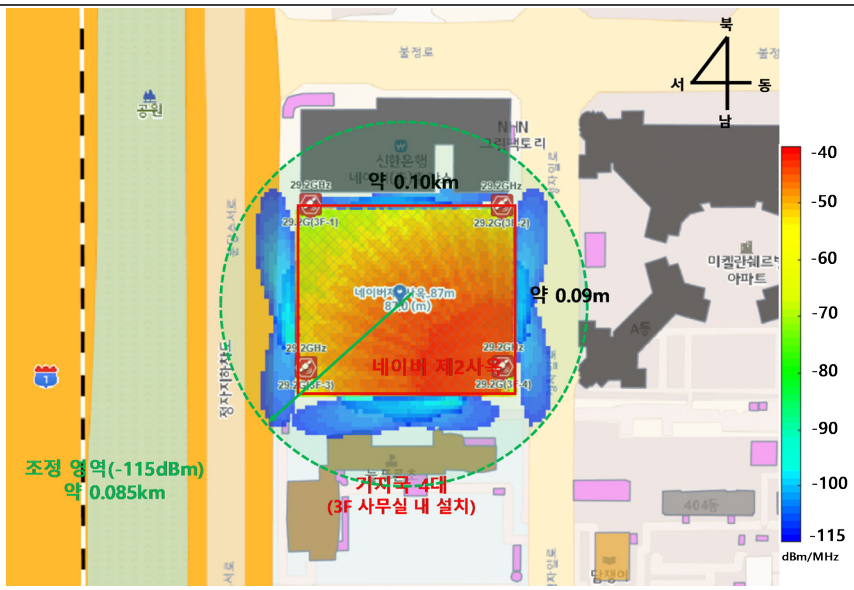
o (결과) 5G 특화망 무선국 전력 –115dBm의 전파도달거리는 최대 약 0.13㎞이며, 조정 영역은 반경 약 0.13km로 분석됨

[그림 2-25] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(49dBm)의 서비스 영역(-105dBm)



o (결과) 송신전력(EIRP)이 49dBm일 경우, 서비스 영역은 반경 약 0.065km

[그림 2-26] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(49dBm)의 조정 영역(-115dBm)



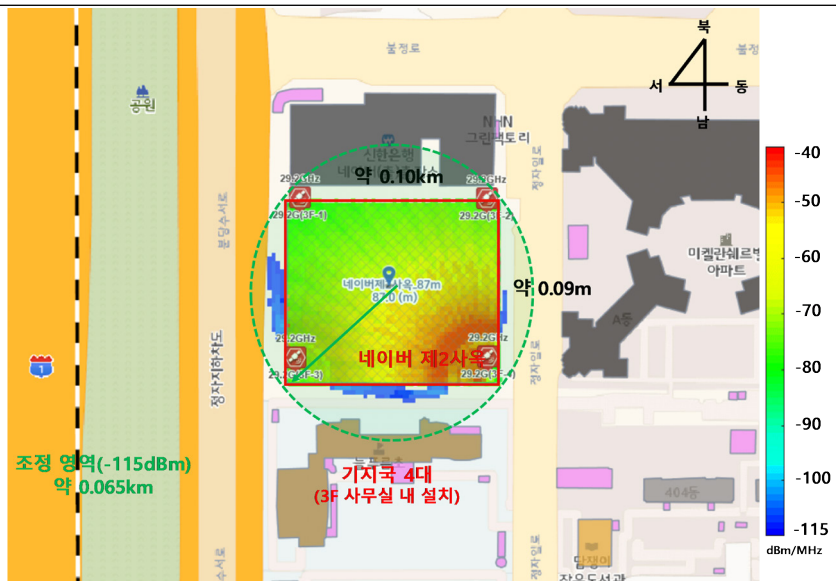
o (결과) 송신전력(EIRP)이 49dBm일 경우, 조정 영역은 반경 약 0.085km

[그림 2-27] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(39dBm)의 서비스 영역(-105dBm)



o (결과) 송신전력(EIRP)이 39dBm일 경우, 서비스 영역은 반경 약 0.065km

[그림 2-28] 28㎓ 대역 5G 특화망 무선국(39dBm)의 조정 영역(-115dBm)



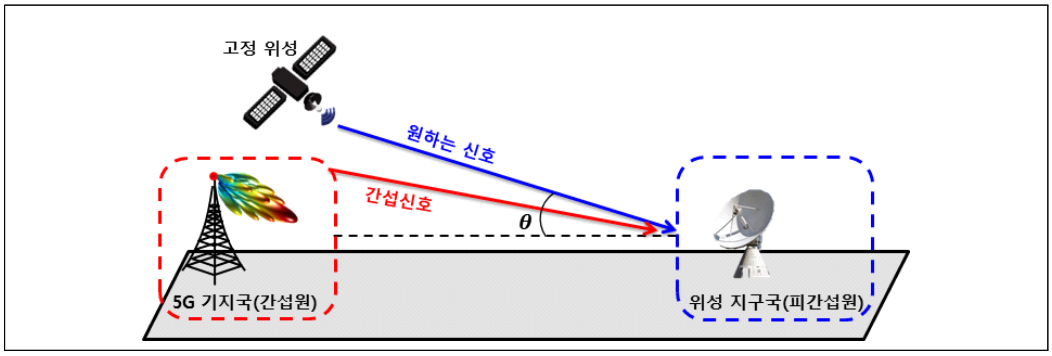
o (결과) 송신전력(EIRP)이 39dBm일 경우, 조정 영역은 반경 약 0.065km

2. 5G 추가 주파수를 위한 간섭완화 방안

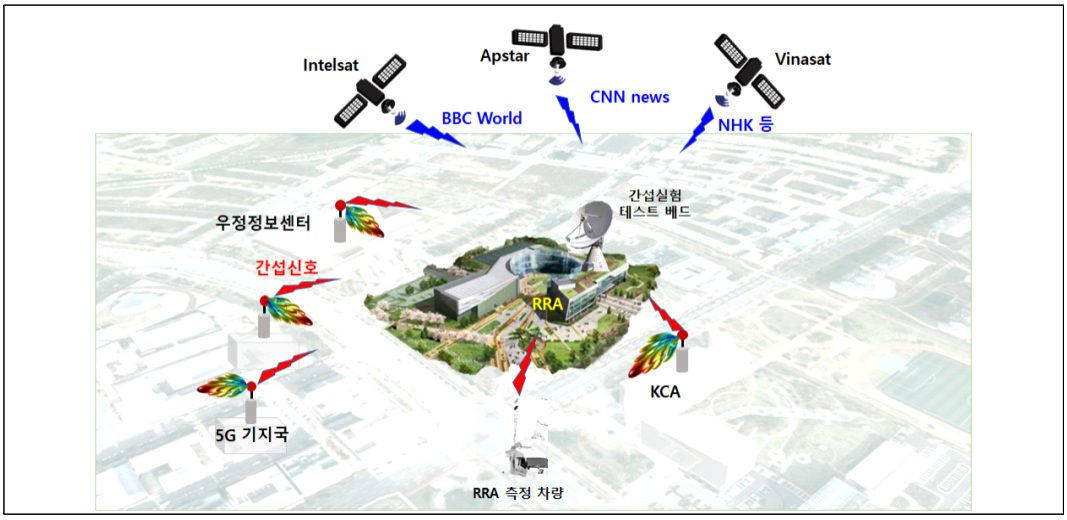
가. 간섭 모의실험 환경

아래 그림은 5G 기지국과 C-밴드 위성지구국 간에 발생할 수 있는 동일 대역 간섭 상황을 나타내고 있다. 위성지구국은 앙각 θ를 유지하며 고정위성의 하향링크 신호를 수신할 때, 5G 기지국으로부터 간섭신호를 수신하게 된다. 위와 같은 간섭 시나리오를 바탕으로 5G 기지국과 위성지구국 간 간섭 모의실험 환경을 구축하였다.

[그림 2-29] 5G 기지국과 위성지구국 간 간섭 시나리오

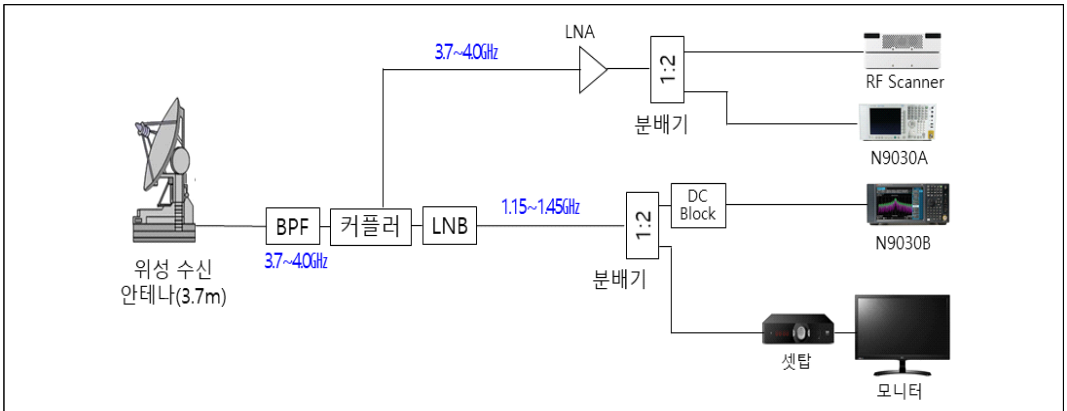


[그림 2-30] 5G 기지국과 위성지구국 간 간섭 모의실험 환경 구성도



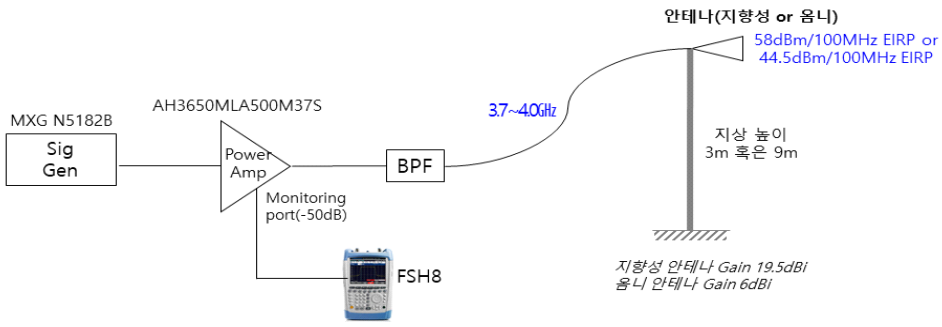
우리원과 ETRI는 5G 송신 간섭신호가 위성방송수신에 미치는 간섭영향을 분석하기 위해 우리원 옥상에 직경 3.7m급 위성방송수신 안테나, 스펙트럼분석기, 셋탑, 방송수신 모니터 등 위성방송수신 설비를 설치하여 간섭분석 시스템을 마련하였다. 광주전남혁신도시의 51개 주요 지점에서 5G 간섭신호를 위성방송수신 안테나 방향으로 송신하도록 이동용 측정차량에 5G 신호발생기, 5G 송신안테나 등을 장착하여 5G 송신 간섭시스템을 마련하였다.

[그림 2-31] C-밴드 위성방송수신 설비 및 간섭분석 시스템 구성도



※ 위성 수신 안테나 제원 : 3.7m급 C-밴드 수신전용, Frequency : 3.625~4.2GHz, Gain : 41.8dBi(@3.8GHz), Beamwidth(-3dB) : 1.334°, Sidelobes : CCIR.580-6

[그림 2-32] 5G 송신 간섭시스템 구성도



※ 5G 신호(3.7~4.0㎓) 최대출력(EIRP) 58dBm = 전력증폭기 출력 41dBm – 케이블(0.5m) 0.5dB – BPF 삽입손실 0.5dB – 케이블(5m) 1.5dB + 지향성안테나 19.5dBi

나. 검증 실험

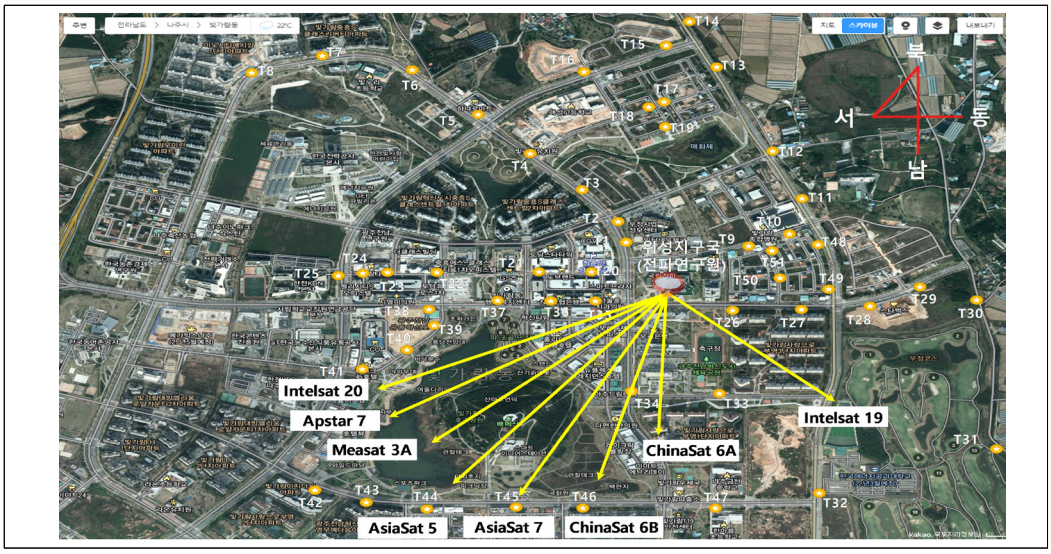
C-밴드 위성 중 낮은 앙각, 다양한 방위각 등을 고려하여 Intelsat 19 등 8개의 위성을 선정하여 간섭영향 시험을 수행하였다.

[표 2-15] 간섭시험 대상 위성

번호	위성	동경(°)	앙각(°)	방위각(°)	기타
1	Intelsat 20	68.5	17.2	250.5	H 측정
2	Apstar 7	76.5	23.6	244.5	H 측정
3	Measat 3A	91.5	34.8	231.0	H 측정
4	AsiaSat 5	100.5	40.6	220.8	H 측정
5	AsiaSat 7	105.5	43.4	214.2	H 측정
6	ChinaSat 6B	115.5	47.6	199.2	H 측정
7	ChinaSat 6A	125.0	49.3	183.1	H 측정
8	Intelsat 19	166.0	32.0	125.1	H/V 측정

아래 그림과 같이 광주전남혁신도시의 51개 주요 지점에서 3GPP 5G 신호(100㎒폭)를 전력(EIRP) 58dBm(약 630W)로 위성방송 수신안테나(위성지구국) 방향으로 방사하고, 실제 위성방송수신 안테나를 통해 수신하는 방송채널 화면의 깨짐 현상을 모니터링하여 정상수신 여부를 확인하고, 이 때의 5G 신호 수신 세기를 측정하는 방법으로 간섭영향 시험을 수행하였다.

[그림 2-33] 전파연구원 위성지구국 및 5G 신호 송신 51개 지점



시험결과, 광주전남혁신도시에서 가시거리로 위성방송 수신안테나가 보이는 지점에서는 대부분 위성방송 수신에 간섭영향을 미치는 것으로 측정되었다. 위성지구국으로부터 가시거리 약 15㎞ 이상에서 5G 신호 방사 시에는 위성방송 수신에 간섭영향이 미미하여 실제 위성방송 수신에 간섭을 주는 5G 간섭신호 레벨을 판단하기 위해 위성지구국에서 이격거리 약 1.5㎞ 이내에서 5G 신호를 송신하였다. 위성지국의 BPF 출력단에서 측정한 5G 수신 신호가 -92 ~ -90dBm/100㎒ 일 경우, 위성방송 수신 화면이 깨지는 현상이 발생하였다. 이에 5G 신호에 의한 위성방송 허용 간섭 레벨이 약 -92 ~ -90dBm/100㎒에서 결정된다는 것을 확인하였다.

[표 2-16] 5G 신호가 위성방송 수신에 간섭을 주는 허용 간섭 레벨 측정 결과

번호	위성	동경(°)	앙각(°)	방위각(°)	5G 간섭신호레벨 (1차 SA/2차 SA)	입력 CNR (1차/2차)
1	Intelsat 20 V	68.5	17.2	250.5	-92dBm/-92dBm	≒ 14dB/11.9dB
2	Apstar 7 H	76.5	23.6	244.5	-92dBm/-89.5dBm	≒ 14dB/11.5dB
3	Measat 3 H	91.5	34.8	231.0	-87dBm	≒ 9.1dB
4	AsiaSat 5 H	100.5	40.6	220.8	-92dBm/-89.8dBm	≒ 15dB/11.8dB
5	AsiaSat 7 H	105.5	43.4	214.2	-90dBm/-89.1dBm	≒12.6dB/11.8dB
6	ChinaSat 6B H	115.5	47.6	199.2	-89dBm/-90.6dBm	≒ 11.6dB/12.6dB
7	ChinaSat 6A V	125.0	49.3	183.1	-88.5dBm	≒ 11.7dB
8	Intelsat 19 H	166.0	32.0	125.1	-88dBm/-89.5dBm	≒ 10dB/12.4dB
9	Intelsat 19 V	166.0	32.0	125.1	-91dBm/-90dBm	≒ 13dB/12.4dB

Intelsat 19 H 위성의 측정 시험결과를 우리원 주파수자원분석시스템(SMIs)의 시뮬레이션 결과와 비교 검증하였다. 다양한 전파전달모델 조합과 공간율, 시간율 등 시뮬레이션 분석 파라미터를 적용해 실제 시험결과와 유사한 최적의 예측결과를 도출하였다. ITU-R P.525(자유공간손실), ITU-R P.526(회절손실), ITU-R P.2108 (클러터손실) 전파전달모델을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 광주전남혁신도시 51개 지점에서 5G 간섭 신호를 위성방송 수신 안테나 방향으로 송신하였을 때 간섭영향으로 방송화면이 깨지는 지점과 시뮬레이션 결과를 비교 검증하였다.

실제 간섭 시험 시에 1차 시험에서는 전체 51개 지점 중 28개 지점, 2차 시험에서는 전체 51개 지점 중 32개 지점에 간섭이 발생했으며, 시뮬레이션 결과는 전체 51개 지점 중 27개 지점에서 간섭이 발생하는 것으로 분석되었다. 2차 시험 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하였을 때 전체 51개 지점 중 46개 지점에서 일치하는 것으로 나타났다. 이는 시뮬레이션 예측 결과가 실제 시험과 비교했을 때 약 90%의 신뢰성이 있는 것으로 판단할 수 있다.

약 10%의 오차가 발생하는 이유는 실제 시험환경과 시뮬레이션에 구현된 건물 정보 등이 일부 누락되어 있어 실제 전파 환경을 완벽하게 반영하지 못한 것으로 판단된다. 또한, 실제 1차 시험과 2차 시험에서 측정 결과가 상이한 것을 고려해 볼 때, 측정 시 정확한 위치 선정과 안테나의 앙각 및 방향 조정의 차이에서 기인한 것으로 판단된다.

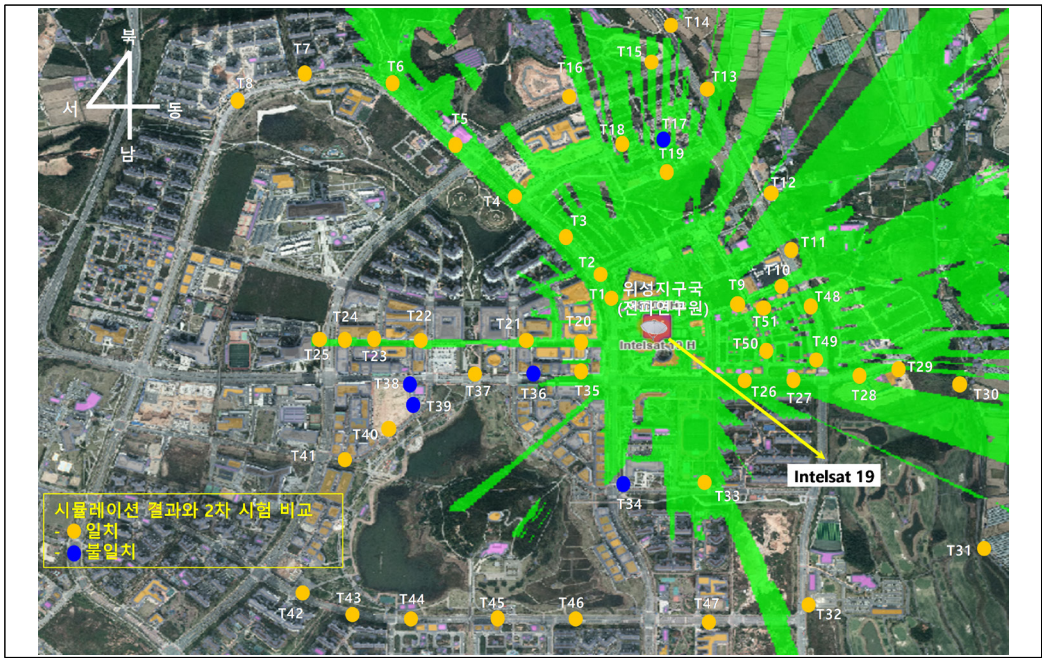
[표 2-17] Intelsat 19 H 위성수신 간섭시험 결과와 시뮬레이션 결과 비교

구분	위성방송 체크 - O : 화면 정상 - X : 화면 깨짐		시뮬레이션 결과	일치 여부 (시뮬레이션 결과와 2차 시험 비교)	5G 신호 송신 위치 (주파수 3.85㎓, 출력 EIRP 58dBm/100㎒)	
	1차 시험	2차 시험			주소	이격거리(㎞)
간섭 / 위치	28개 지점 간섭	32개 지점 간섭	27개 지점 간섭	46개 지점 결과 일치 (약 90%)	전남 나주시	
T1	X	X	X	일치	빛가람동217	0.194
T2	X	X	X	일치	빛가람동218	0.282
T3	X	X	X	일치	빛가람동108	0.456
T4	X	X	X	일치	빛가람동98	0.671
T5	X	X	X	일치	빛가람동37-3	0.898
T6	X	X	X	일치	빛가람동17	1.170
T7	O	O	O	일치	빛가람동12	1.400
T8	O	O	O	일치	빛가람동10	1.520
T9	X	X	X	일치	빛가람동266-3	0.286

구분	위성방송 체크 - O : 화면 정상 - X : 화면 깨짐		시뮬레이션 결과	일치 여부 (시뮬레이션 결과와 2차 시험 비교)	5G 신호 송신 위치 (주파수 3.85㎓, 출력 EIRP 58dBm/100㎒)	
	1차 시험	2차 시험			주소	이격거리(㎞)
T10	X	X	X	**일치**	빛가람동235-4	0.417
T11	O	O	O	**일치**	빛가람동870	0.530
T12	X	O	O	**일치**	산포면 매성리354-2	0.632
T13	X	O	O	**일치**	빛가람동869	0.914
T14	O	O	O	**일치**	산포면 매성리1211-15	1.100
T15	O	X	X	**일치**	빛가람동45	0.994
T16	O	O	O	**일치**	빛가람동43	0.913
T17	O	X	O	**불일치**	빛가람동69-2	0.752
T18	X	X	X	**일치**	빛가람동72-8	0.731
T19	X	X	X	**일치**	빛가람동92-7	0.646
T20	X	X	X	**일치**	빛가람동203-5	0.223
T21	X	X	X	**일치**	빛가람동203-2	0.383
T22	X	X	X	**일치**	빛가람동196-5	0.685
T23	X	X	X	**일치**	빛가람동196-3	0.837
T24	X	X	X	**일치**	빛가람동196	0.911
T25	X	X	X	**일치**	빛가람동883	0.985
T26	X	X	X	**일치**	빛가람동304	0.243
T27	X	X	X	**일치**	빛가람동889	0.427
T28	X	X	X	**일치**	빛가람동904	0.623
T29	O	X	X	**일치**	빛가람동890	0.763
T30	O	O	O	**일치**	산포면 송림리249-2	0.939
T31	O	O	O	**일치**	빛가람동908	1.230
T32	O	O	O	**일치**	빛가람동873	1.020
T33	X	X	X	**일치**	빛가람동307	0.516
T34	X	X	O	**불일치**	빛가람동299-4	0.491
T35	X	X	X	**일치**	빛가람동208-6	0.232
T36	O	X	O	**불일치**	빛가람동208-1	0.360
T37	X	O	O	**일치**	빛가람동202	0.514
T38	O	X	O	**불일치**	빛가람동887	0.722
T39	O	X	O	**불일치**	빛가람동348-4	0.723
T40	O	O	O	**일치**	빛가람동348-24	0.835
T41	O	O	O	**일치**	빛가람동348-9	0.989
T42	O	O	O	**일치**	빛가람동549	1.390
T43	O	O	O	**일치**	빛가람동557	1.310
T44	O	O	O	**일치**	빛가람동744-3	1.220
T45	O	O	O	**일치**	빛가람동756-3	1.080
T46	O	O	O	**일치**	빛가람동820	1.010
T47	O	O	O	**일치**	빛가람동846	0.991
T48	O	X	X	**일치**	빛가람동249	0.478
T49	X	X	X	**일치**	빛가람동251	0.491

구분	위성방송 체크 - O : 화면 정상 - X : 화면 깨짐		시뮬레이션 결과	일치 여부 (시뮬레이션 결과와 2차 시험 비교)	5G 신호 송신 위치 (주파수 3.85㎓, 출력 EIRP 58dBm/100㎒)	
	1차 시험	2차 시험			주소	이격거리(㎞)
T50	X	X	X	일치	빛가람동242-2	0.343
T51	X	X	X	일치	빛가람동239-1	0.338

[그림 2-34] Intelsat 19 H 위성수신 간섭영향 시뮬레이션 결과

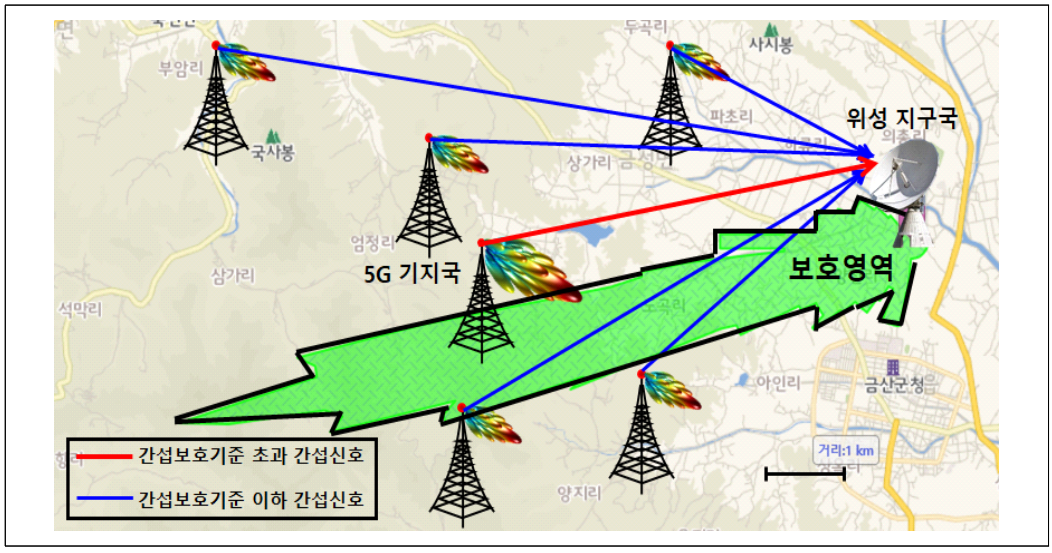


다. 보호 영역 및 간섭 완화 방안 연구

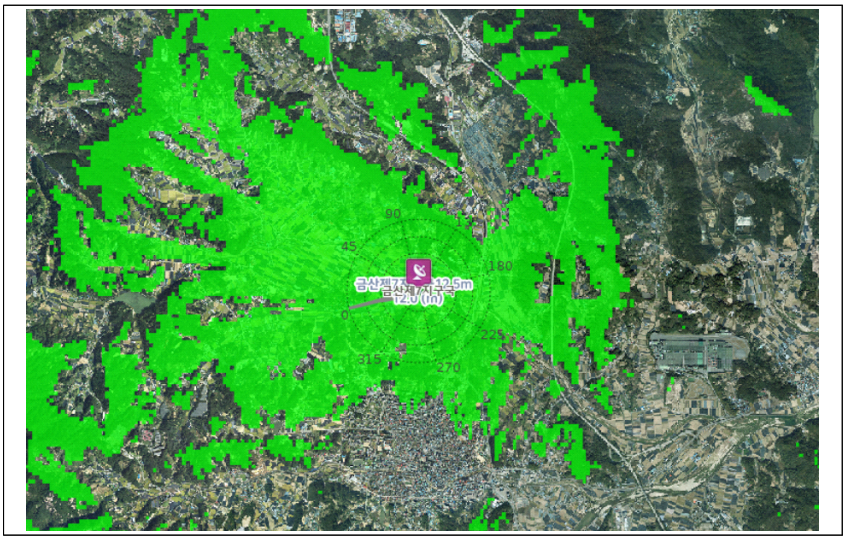
금산, 아산 등에서 실제 운용하고 있는 위성지구국을 대상으로 5G 간섭 신호를 송신 할 수 없으므로, 위에서 도출된 주파수자원분석시스템(SMIs)의 시뮬레이션 방법을 통해 위성방송 수신에 간섭영향을 미치는 5G 기지국 위치를 판단할 수 있어 위성지구국 보호영역 설정에 도움이 될 것으로 판단된다. 금산의 금산제7 지구국을 대상으로 보호영역 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 시뮬레이션을 위한 금산제7지구국의 주요 파라미터는 다음과 같다. 지향 위성은 Intelsat 33e 이며, 위성지구국 안테나 크기 21m, 안테나 이득 63.1dBi, 안테나 지상고 22m, 안테나 방위각 256.2°, 안테나 앙각 9.4°를 적용하였다. 5G 기지국의 주요 파라미터는 송신 주파수 3.85㎓, 출력 100W/100㎒, 안테나 이득 22.3dBi, 안테나 앙각 0°, 3.5㎓

상용망 안테나 패턴을 적용하였다. 금성제7지구국의 측면과 후면에 44m의 금속의 차폐막과 전면에 12.5m의 차폐막을 가상으로 설치하여 보호영역이 어느 정도 줄어드는지, 즉, 간섭완화 효과가 어느 정도 인지를 시뮬레이션 분석을 통해 확인하였다. 차폐막을 설치한 경우 간섭완화 효과가 있어 보호영역의 면적이 줄어드는 것을 확인하였다.

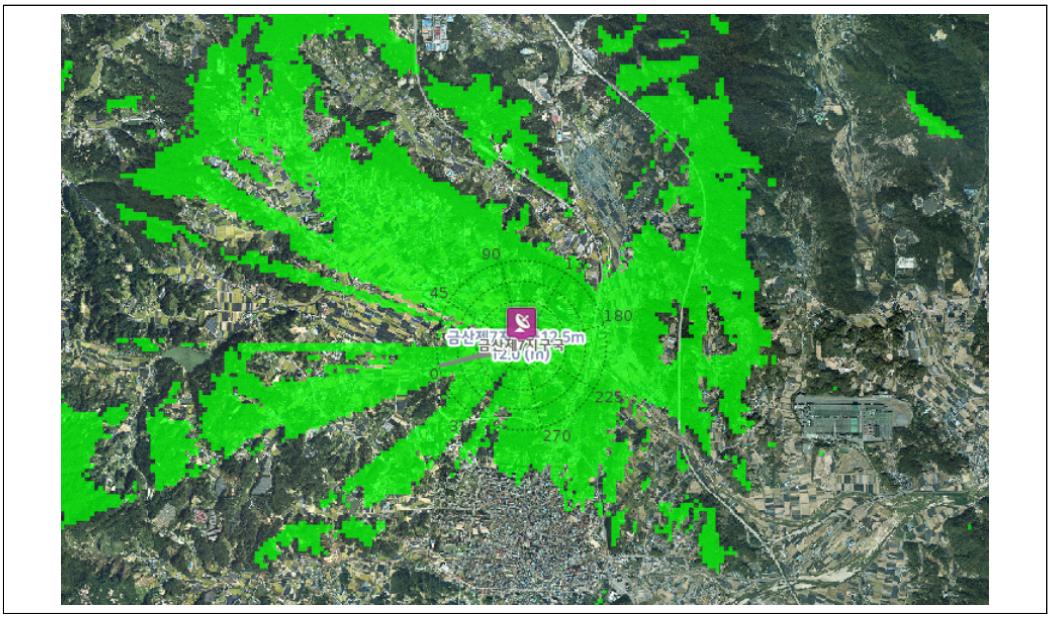
[그림 2-35] 5G 기지국 간섭 신호에 대한 위성지구국 보호영역 설정 개념



[그림 2-36] Intelsat 33e 위성지구국 보호영역 시뮬레이션(차폐막 미설치)

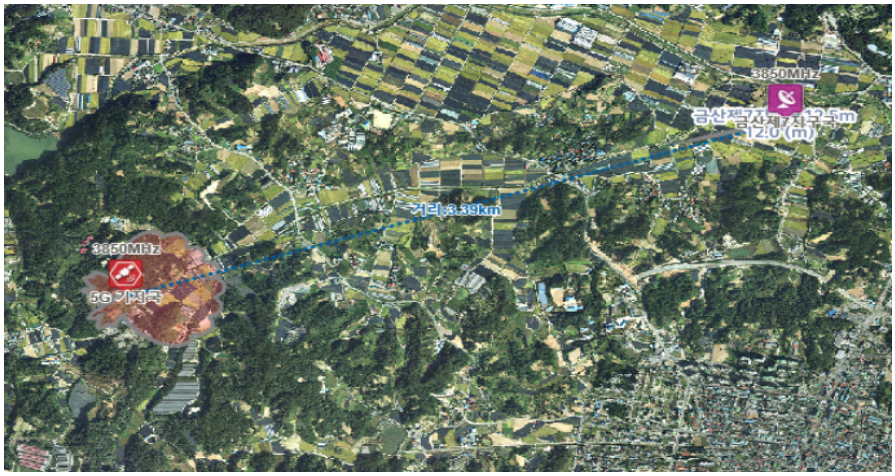


[그림 2-37] Intelsat 33e 위성지구국 보호영역 시뮬레이션(차폐막 설치)

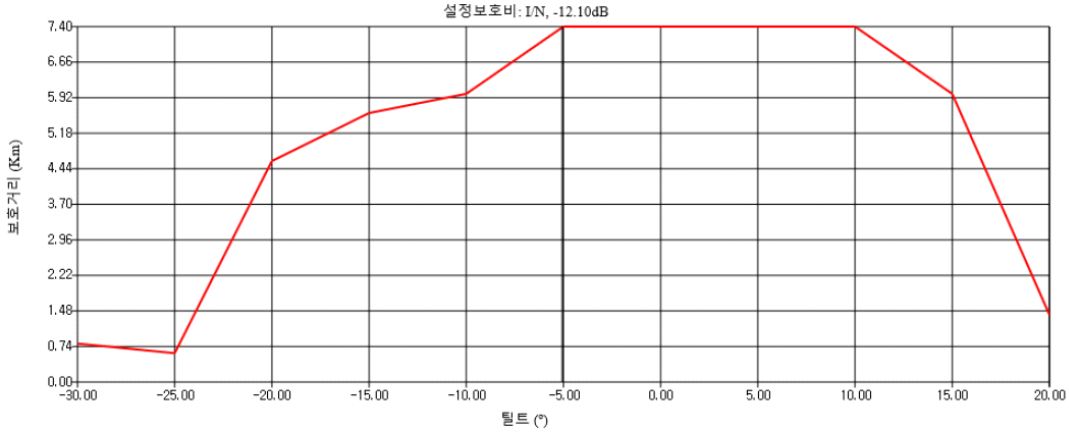


아래 그림과 같이 5G 기지국의 안테나 지향 방향이 금산제7지구국의 수신 안테나를 정면으로 마주 보는 시뮬레이션 환경에서 5G 기지국 안테나의 틸트(앙각)을 -30°~ +20°까지 변화시켜 I/N비(-12.1dB) 기준값을 만족하는 보호거리를 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 안테나 틸트가 -5°~ 10°인 경우 5G 기지국이 금산제7지구국으로부터 이격해야 하는 보호거리는 7.4㎞인 것으로 분석되었다.

[그림 2-38] 5G 기지국과 금산제7지구국 간 시뮬레이션 환경

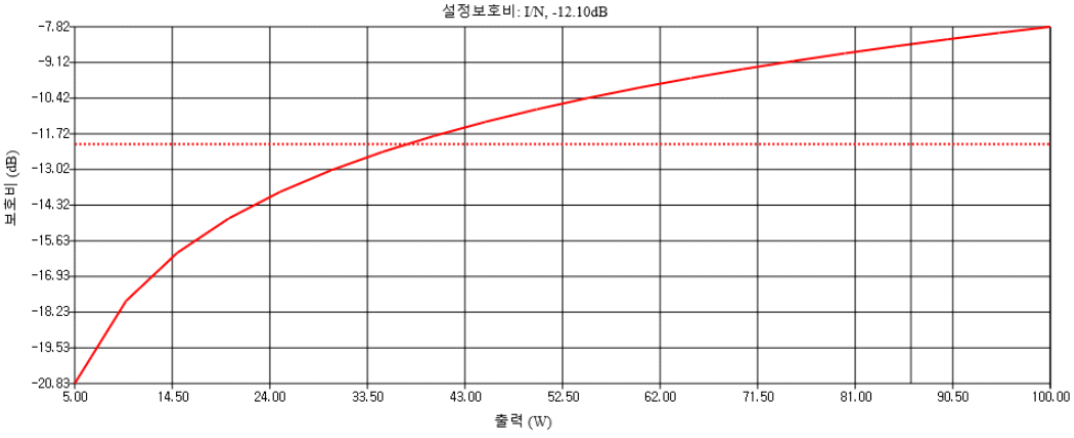


[그림 2-39] 5G 기지국 안테나 틸트 변화에 따른 보호거리



또한, 금산제7지구국과 이격거리 3.39㎞에 위치한 5G 기지국 출력을 0 ~ 100W까지 변화시켜 I/N비(－12.1dB) 기준값을 만족하는 출력값을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 5G 기지국 출력이 35W 이하일 경우, I/N비(－12.1dB) 기준값을 만족하고, 5G 기지국 출력이 35W 이상일 경우, I/N비(－12.1dB) 기준값 이상으로 5G 기지국이 금산제7지구국에 간섭영향을 미치는 것으로 분석되었다.

[그림 2-40] 5G 기지국 출력 변화에 따른 보호비(I/N비)



제3절 국내 무선국 보호를 위한 간섭분석 및 국제등록

5G 등 이동통신 기술의 급속한 발전과 주파수 공유대역의 증가로 인해 지리적으로 인접한 국가의 무선국 운용이 야기하는 간섭영향으로부터 국내 무선국 보호의 필요성이 중요해지고 있다. 이에 따라 지상망 주파수 국제등록에 대한 전파규칙의 전반적인 규정과 통고서 서식 생성 관련 규정 분석과 더불어 다량의 이동통신 주파수 등록에 대한 중요성이 부각되고 있다. 따라서 본 절에서 고려한 것은 이동통신망 특성과 주파수 공유대역을 고려한 주파수 국제등록을 수행방안을 도출하는 것이다.

또한, 이를 기반으로 실제 국제등록을 해본 실무자 뿐만 아니라 신규업무자도 주파수 국제등록을 수행할 수 있는 주파수 국제등록에 필요한 전파규칙을 분석하고 효율적인 통고서 서식 생성과 대량의 이동통신망 통고서 작성을 위한 방안을 모색하였다.

1. 전파규칙 규정 분석

이동통신 주파수 국제등록 관련된 규정을 분석하기 위해 지상망 주파수 국제등록과 관련된 전파규칙이 명시되어 있는 통고서 서식 가이드라인(FXM Guide)을 분석하였다. 가이드라인에는 “국제등록 절차, 운용시기계획, 국제조정, 송신조건"과 관련하여 참조해야 할 전파규칙이 명시되어 있다. 가이드라인에 제시된 전파규칙을 분석하고 주파수 대역별로 전파규칙의 주파수 분배표와 주석을 분석하였다. 그리고 전파규칙 규정과 관련된 절차규정(ROP : Rule of Procedure)”을 분석을 통하여 주파수 대역별 준용해야할 규정과 주파수 조정거리에 대한 규정을 확인하였다.

가이드라인에는 이동통신업무, 고정통신 업무 등 업무에 따라 지상망 주파수 국제등록에 사용되는 통고양식과 참조해야 할 전파규칙이 명시되어 있다. 지상망 주파수 국제등록에 사용되는 통고양식은 아래와 같으며 참조해야할 전파규칙은 국제등록 대상, 조건 및 운용시기계획과 주파수 조정절차에 관한 사항으로 구분할 수 있다.

지상망 주파수 국제등록은 업무별로 T11, T12, T13, T14, T17 통고 서식을 사용하도록 가이드라인에 제시되어 있다. ITU-R에 주파수 국제등록을 위해 T11, T12, T17 양식을 적용하는 경우, 전파규칙 제11.2항에서부터 제11.8항까지에

주파수 국제등록을 위한 대상과 조건을 확인해야 한다. 즉, 주파수 국제등록 대상은 모든 송신국, 수신국에 할당된 주파수가 대상이 되며 타 국가에 간섭을 발생시킬 수 있는 주파수와 국제공용 주파수가 주파수 국제등록 대상이 된다.

[표 2-18] 업무별 주파수 국제등록 양식

Notice type	Applicable to
T11	TERRESTRIAL TRANSMITTING STATION (TX) IN THE FIXED SERVICE (APPENDIX **4**, ANNEX **1**)
T12	TERRESTRIAL TRANSMITTING STATION (TX) (Except station in the fixed, or LF/MF/VHF/UHF broadcasting services, or typical station) (APPENDIX **4**, ANNEX **1**)
T13	TERRESTRIAL RECEIVING LAND STATION (RX) (APPENDIX **4**, ANNEX **1**)
T14	TERRESTRIAL TYPICAL TRANSMITTING STATION (TP) (APPENDIX **4**, ANNEX **1**)
T15	FREQUENCY ALLOTMENT IN THE MARITIME MOBILE SERVICE (APPENDIX **25**)
T16	TERRESTRIAL TRANSMITTING STATION (TX) (Plan update Regional Agreement Geneva, 1985, Article **4** of the Agreement)
T17	TERRESTRIAL TRANSMITTING STATION (TX) USING ADAPTIVE SYSTEMS (APPENDIX **4**, ANNEX **1**)

또한 전파규칙 제9조(타 주관청과 조정을 실행하거나 타 주관청의 동의를 획득하기 위한 절차)에 따른 주파수 조정절차 필요한 주파수가 지정되었을 경우 주파수 국제등록을 수행하게 된다. 이러한 경우 이외에 지정된 주파수의 인지 또는 통지가 필요한 경우에도 주파수 국제등록을 수행한다.

T11은 고정통신업무에 적용되며 T12, T13은 이동통신업무, T14는 일반무선국 T15해상이동업무, T16은 GE85지역협정에 따른 무선국, T17은 MF, HF대역에 적용된다.

T13은 육상 이동국 주파수 국제등록에 사용되는 통고서양식으로 전파규칙 제11.9항 - 제11.11항에 따라 주파수 국제등록 대상과 조건을 확인해야 한다. 지구국 또는 우주국, HP국(High Altitude Platform Station : 제5.457,제5.534,제5.543B, 제5.550D, 제5.552항), 육상이동국이 주파수 국제등록 대상이 되며 국제공용 주파수와 별도의 주파수 등록 절차가 없는 세계 또는 지역 주파수 분배 또는 할당 주파수가 적용된 수신국이 주파수 국제등록 대상이 된다. 그리고 T12와 연관된 모든 사항을 적용하여 주파수 국제등록을 수행하여야 한다.

T14는 일반 무선국(Typical station)으로 정의된 무선국에 적용되는 통고양식으로 전파규칙 제11.7항 - 제11.21B항에 따라 주파수 국제등록 대상과 조건을 확인해야 한다. T14의 경우 다수 무선국 또는 지구국 관련 주파수가 지정되거나 Appendices 25, 26, 26에 따른 주파수 분배계획에 처리되는 무선국과 방송국 및 지구국의 조정영역내의 지상 무선국 그리고 Appendix 7의 제8a, 8b, 8c항과 제21.3항에 명시된 제한조건을 초과하는 위성업무 주파수 공유대역의 모든 지상무선국이 주파수 국제등록 대상이 된다. 또한 전파규칙 Table 21-2에 제시된 주파수 대역내의 모든 지상 무선국과 전파규칙 제9.21(주파수 조정절차)의 Footnote에 제시된 주파수 대역에 해당되는 모든 지상무선국(주파수 조정절차 적용) 또한 국제등록 대상이 된다. 그리고 전파규칙에 명시된 공용주파수(Common use)관련 주파수가 지정되거나 전파규칙 제12조 기준의 선박국, 기타 무선업무 육상이동국, 아마추어 무선국, 아마추어 위성업무 지구국, HF대역 방송국의 경우 T14를 적용하여 주파수 국제등록을 수행하여야 한다.

지상무선국 통고서 제출과 관련된 운용시기 계획(Time-Frame(Bring into use)) 조항은 가이드라인 제1.2.3항에 제시되어 있으며 적용되는 전파규칙은 제11.26항, 제11.25항 제11.24항이다. 주파수 국제등록 통고서 제출과 관련된 사항 가운데 운용시기 계획은 미래 시점을 기준한 무선국 운용일(운영예정일)을 의미한다. 운용일은 통고서 제출 일시를 기준으로 3개월 미래 시점을 지정해야 한다. 이동업무 HP(High Altitude platform station:제5.388A항)는 주파수 지정 시점 보다 시간 순서상 3년 미래 시점을 기재하며 전파규칙 제11.25, 제11.26, 제11.26A항외 지상업무 주파수 지정의 경우 주파수 지정보다 시간 순서상 3개월 미래 시점을 기재하여 통고 서식을 작성해야 한다.

주파수 조정절차는 타 국가의 동의가 필요한 모든 업무는 전파규칙 주파수 분배표의 주석을 참조하여 수행하며 제9.27항에 따라 주파수 조정이 영향을 미칠 수 있는 모든 국가를 확인한다. 또한 부록 5(제9의 규정에 다른 조정 또는 동의대상 주관청의 식별)에 따라 주파수 조정에 따른 영향을 고려하여 주파수 지정해야 하면 전파규칙 제9조에 의거하여 주파수 조정에 영향을 받거나 동의가 필요한 국가 확인(단 전파규칙 제9.21항 제외)한다. 위성업무 공유대역의 주파수 조정 절차는 전파규칙 제9.11A항, 제9.12항, 제9.16항, 제9.17항, 9.18항, 제9.19항을 적용한다.

2. 효육적 통고양식 작성

이동통신 주파수 국제등록은 송신국은 T12, 단말국의 T13 통고양식을 적용하도록 규정되어 있으며 일반적으로 전자 통고서는 하나의 위치정보, 주파수, 안테나장치 정보를 기준으로 작성한다. 출력기준은 조건에 따라 실효복사전력(ERP : Effective Radiated Power), 또는 등가등방복사전력(EIRP : Equivalent Isotropic Radiated Power)를 적용하며 안테나는 지향성(D) 또는 무지향 안테나(ND)를 적용한다.

[그림 2-41] T12 전자통고서 작성 예시

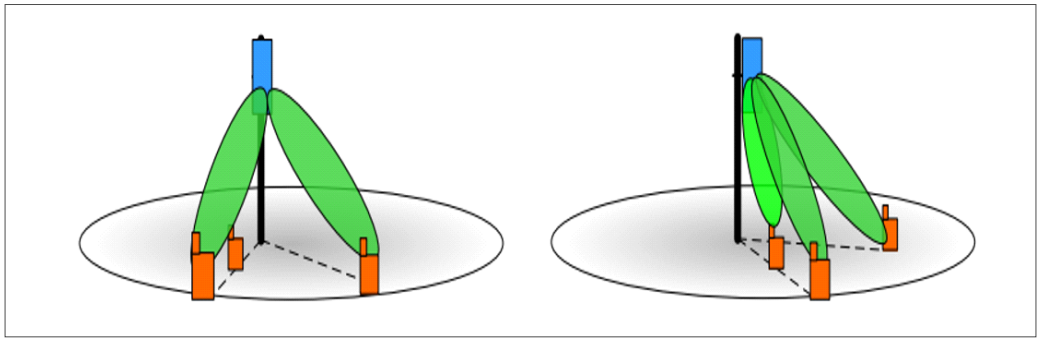
```
<HEAD>
t_adm=UZB
t_d_sent=2020-10-27
</HEAD>
<NOTICE>
t_notice_type=T12
t_fragment=NTFD_RR
t_action=ADD
t_freq_assgn=877.500000
t_long=+0671654
t_lat=+371324
t_site_name=SRH
t_addr_code=A
t_op_hh_to=24:00
t_prov=RR11.2
t_emi_cls=G7W
t_d_inuse=2020-10-01
t_op_hh_fr=00:00
t_d_adm_ntc=2020-10-27
t_bdwdth_cde=5M00
t_stn_cls=FB
t_ctry=UZB
t_nat_srv=CP
<ANTENNA>
t_pwr_xyz=Y
t_ant_dir=ND
t_pwr_dbw=29
t_pwr_eiv=E
t_gain_max=18
t_gain_type=D
<RX_STATION>
t_long=+0671654
t_lat=+371324
t_geo_type=CIRCLE
t_radius=8
</RX_STATION>
</ANTENNA>
</NOTICE>
<TAIL>
t_num_notices=1
</TAIL>
```

가이드라인, ITU-R SM.1413(통고와 조정을 위한 용어사전) 규정을 살펴보면 “T12 전자통고서 예시”와 같이 전자통고서를 작성하도록 규정되어 있다. 다수 주파수를 국제등록하기 위해서는 동일위치에 일정 대역폭을 기준으로 주파수를 이격을 두어 전자통고서를 생성해야 한다.

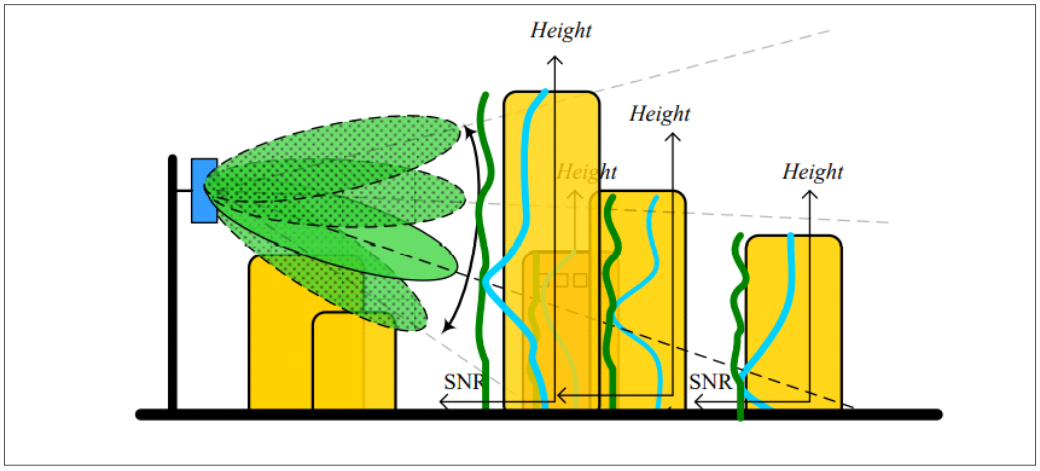
26.5~29.5㎓ 대역이 할당된 5G의 경우, MIMO을 기반으로 1개 주파수에 다중 안테나가 적용되고 데이터 전송량에 따라 자원블록(Resource block)이 가변되는 특징을 지니고 있는 이동통신 시스템이므로 대량 기존의 T12 통고 서식을 적용

하기 위해서는 다양한 측면을 고려해야 한다. 즉, 26.5~29.5㎓ 대역의 3㎓ 대역폭과 자원블록 기준의 대역폭 및 주파수, MIMO 방식의 다중안테나 특성의 반영과 안테나 지향각, 안테나 빔폭 등을 고려하여 T12, T13 대량 전자통고서 작성 방안을 모색하였다.

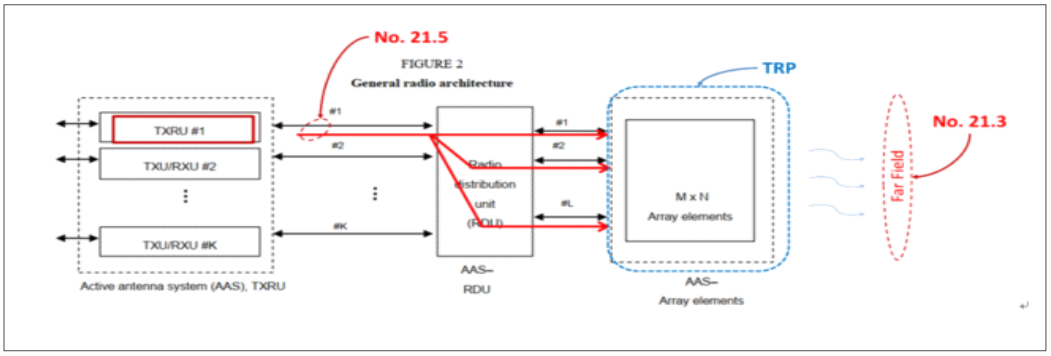
[그림 2-42] 5G 기지국 MIMO 멀티 플랙싱



[그림 2-43] 5G 기지국 다중 안테나의 수평·수직 멀티빔



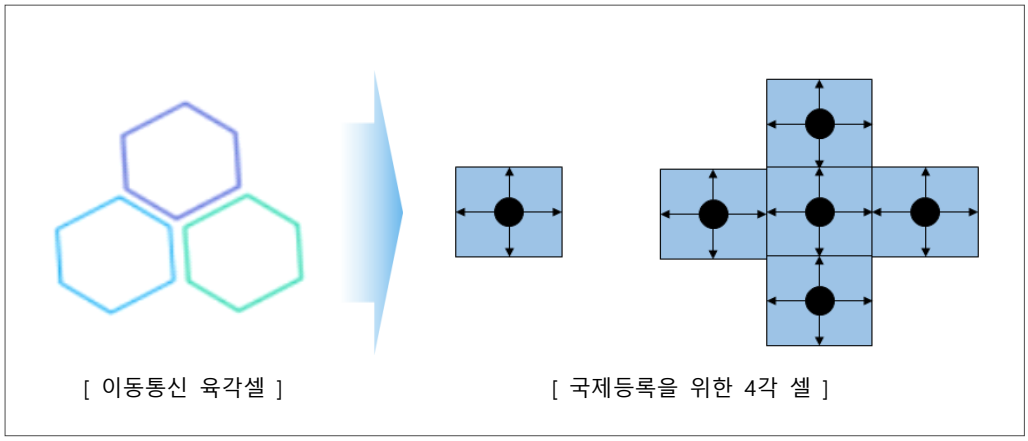
[그림 2-44] 5G 기지국 개념도



다중 빔은 그림과 같이 단말기에 최대이득이 전송될 수 있도록 생성된다. 즉, 멀티 빔은 다수의 사용자가 있는 경우, MIMO 개념의 의미하는 바와 같이 사용자 수에 따라 생성된다. 다수의 사용자가 있는 경우, 다중 빔이 생성되는 것 뿐만 아니라 5G의 대역폭은 네트워크의 데이터 전송량에 따라 가변되어 적용된다. 다시 말하면, 5G의 최대 대역폭은 3㎓이나 사용자 수와 데이터 전송량에 따라 대역폭이 가변되고 가변된 대역으로 음성, 영상 데이터를 전송하게 된다.

MIMO 기반의 5G 서비스 특성을 분석한 결과를 토대로 이동통신 주파수 국제등록 대량 통고서 작성을 위해 기본적으로 셀 기반의 이통통신 서비스 개념과 MIMO 기법에 따른 다중 안테나에 의한 다중 빔과 지향성 측면 그리고 자원블록에 따른 가변적인 대역폭 측면을 고려하여 대량 통고서 작성방안을 구성하였다. 먼저, 셀 기반의 이동통신 서비스 측면에서 보면 일반적으로 이동통신 서비스는 6각 셀을 기반으로 한다. 이동통신 서비스의 환경에 따라 옴니 또는 3섹터가 적용된다. 이러한 셀 개념을 이동통신 주파수 국제등록 통고서에 필요한 무선국 위치의 좌표 정보를 확보할 수 있도록 전산알고리즘에 도입하였다. 일반적인 적용되는 6각 셀 옴니 또는 3섹터 방식을 응용하여 주파수 국제등록에 활용할 수 있도록 4각 셀 개념을 도입하였다. 즉, 4섹터 개념을 적용하였고 4개 방향의 방위각과 안테나 빔폭을 적용할 수 있도록 구성하였다.

[그림 2-45] 5G 무선국의 4각 셀 구성

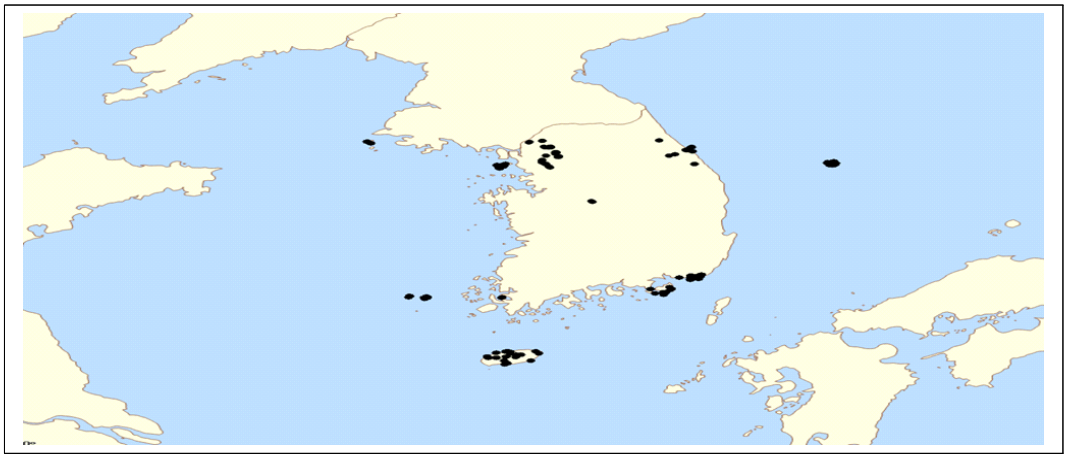


MIMO 기법에 따른 다중 안테나에 의한 다중 빔 측면에서는 일반적으로 주파수 국제등록의 경우, 1개 주파수에 1개의 안테나 정보가 생성 되도록 되어 있으나 다중 안테나에 의한 다중 빔 특성을 반영할 수 있도록 1개 주파수에 4개의 안테나 정보가 반영될 수 있도록 구성하였다. 아래의 통고서 생성 사례를 통하여 1개 주파수에 4개의 안테나 정보가 생성된 것을 확인할 수 있다. T12의 경우, 기지국에 적용되는 통고서이므로 1개 주파수에 4개의 안테나 정보가 생성되나 T13의 경우 1개 주파수에 안테나 정보는 1개의 안테나 정보가 생성된다는 점을 유의해야 한다.

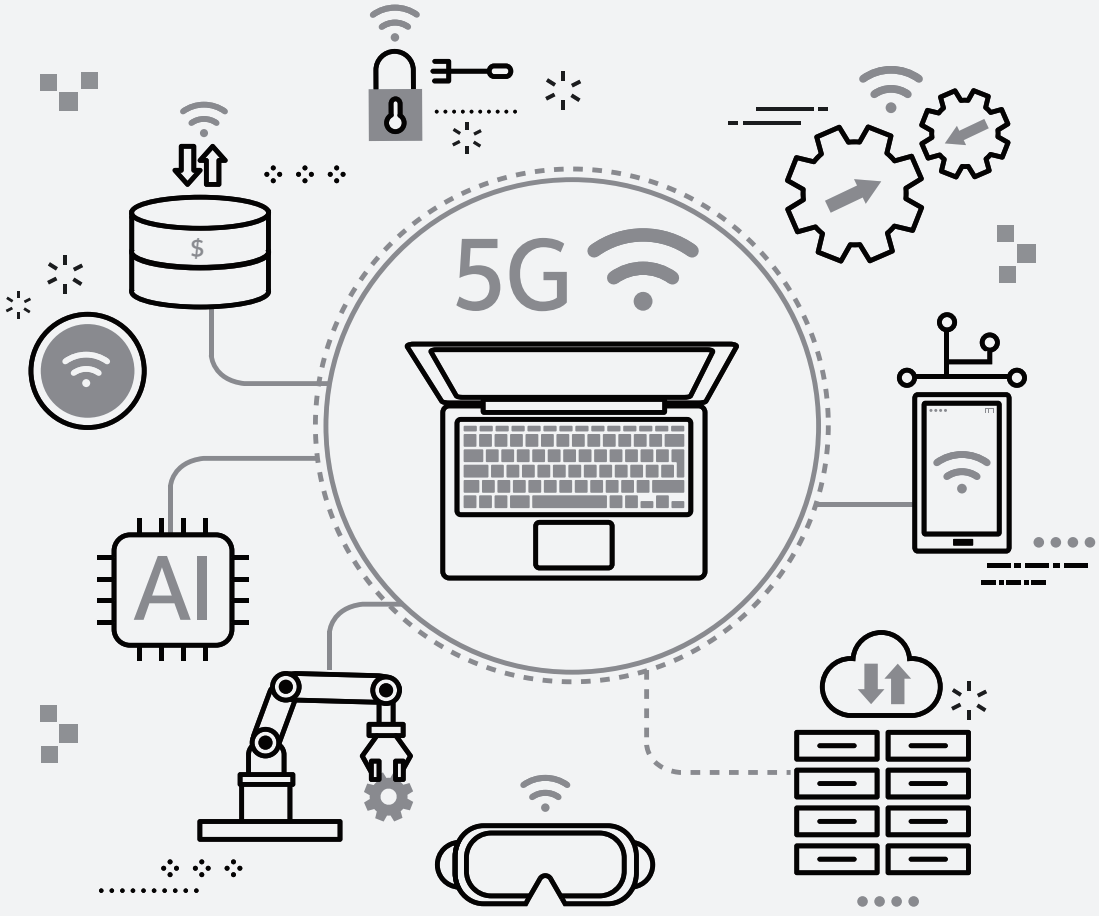
[그림 2-46] 4각 셀 구성된 무선국의 통고 서식 사례

```
t_notice_type=T12
t_fragment=NTFD_RR
t_action=ADD
t_adm_ref_id=SEOUL20210617P000001
t_freq_assgn=26550.000000
t_long=+1270131
t_lat=+372953
t_site_name=KOR
t_addr_code=A
t_op_hh_to=24:00
t_prov=RR11.2
t_emi_cls=G7W
t_d_inuse=2020-12-01
t_site_alt=30
t_op_hh_fr=00:00
t_station_id=seoulP000001
t_d_adm_ntc=2021-06-17
t_bdwdth_cde=100M
<ANTENNA>
t_pwr_xyz=Y
t_ant_dir=D
t_azm_max_e=90
t_bmwdth=90
t_elev=-3
t_pwr_dbw=15
t_pwr_eiv=I
t_hgt_agl=13
t_gain_max=28
t_pwr_ant=-13
t_gain_type=I
<RX_STATION>
t_zone_id=KOR
t_geo_type=ZONE
</RX_STATION>
<ANTENNA>
t_pwr_xyz=Y
t_ant_dir=D
t_azm_max_e=180
t_bmwdth=90
t_elev=-3
t_pwr_dbw=15
t_pwr_eiv=I
t_hgt_agl=13
t_gain_max=28
t_pwr_ant=-13
t_gain_type=I
<RX_STATION>
t_zone_id=KOR
t_geo_type=ZONE
</RX_STATION>
</ANTENNA>
```

[그림 2-47] 국내 무선국 ITU 국제등록 분포 현황



이를 이용하여 4각셀 구성과 자원블록에 따른 가변적인 대역폭을 고려하여 다수의 무선국을 대량 국제등록 하였다. 중국, 일본 등 인접국의 간섭영향으로부터 국내 5G 주파수 보호측면과 5G 서비스의 활용지역을 우선적으로 검토하였다. 인접국으로 5G 주파수를 보호하기 위해 최 서북단 백령도, 목포를 포함한 서해지역의 흑산도, 동해지역의 울릉도, 남해지역의 제주도를 주파수 등록 대상지역으로 선정하였다. 국내 이동통신 대표 무선국 다수의 무선국을 ITU에 국제등록 완료하였다. 향후 기 운용중인 국내 무선국 보호는 물론이고 추후 도입되는 국내 전파자원 보호를 위해 체계적이고 지속적으로 국제등록을 추진할 계획이다.



제3장

6G 등 이동통신 국제 표준화 대응

3장 6G 등 이동통신 국제 표준화 대응

제1절 5G 표준화 대응 및 6G ITU 표준화 준비

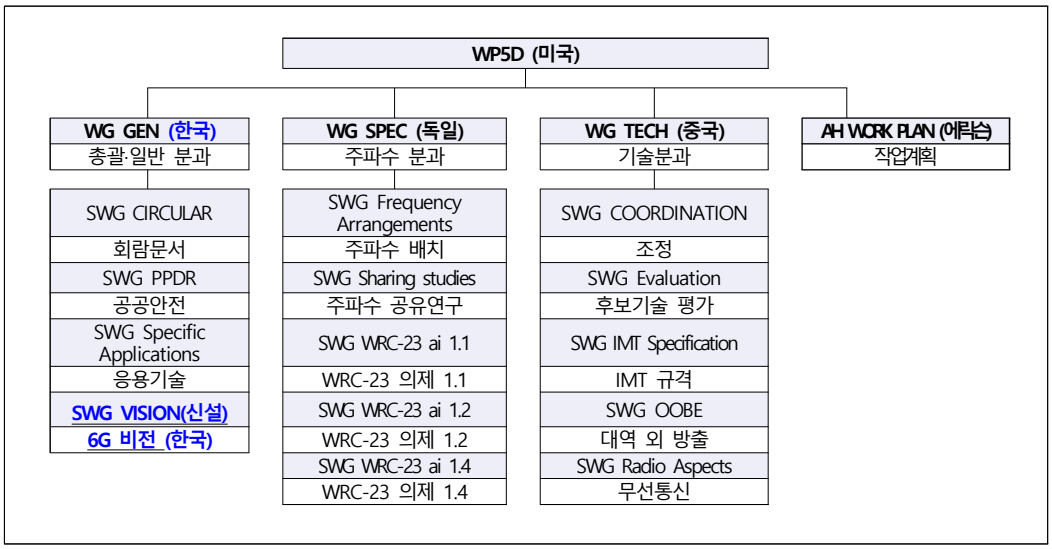
1. ITU-R WP5D 국제회의 결과

IMT-2020으로 명칭을 부여한 5G에 이어 ITU는 IMT-2030이라 이름(가칭)으로 6G 이동통신 표준화를 준비 중으로 그 책임 그룹인 Working Party 5D의 제37차 국제회의가 2021년 3월 1일부터 3월 12일까지 전자회의로 개최되었다. 금번 회의에서는 6G 국제표준화의 첫 단계인 6G 비전 개발 등 국제표준화 준비를 위한 논의와 2020년말 5G 기술 표준화 완료시 후보기술 평가에서 탈락한 중국, 유럽의 두 후보기술에 대한 재평가 논의가 진행되었으며 WRC-23 의제로 논의 중인 3㎓에서 11㎓ 사이에 5G 추가 주파수 논의가 있었다. 제37차 WP 5D 회의에서 주로 논의된 쟁점과 주요 결과를 기술하였다.

가. 6G 비전 개발 논의

ITU-R WP5D는 2030년 이후에 예상되는 6G 상용화를 위해 2023년까지 6G 비전(권고서) 개발을 추진할 계획이며, 3GPP 등 외부 표준화단체와의 협력을 위한 2022년에 6G 비전 워크숍 계획하는 등 본격적인 표준화 작업을 추진할 예정이다. 이를 위해 우리나라는 2020년 2월에 개최되었던 WP5D 34차 회의에서 6G 비전 개발 필요성을 미리 제기한바 있으며 2021년 3월에 개최되었던 WP5D 37차 회의에서 우리나라 제안으로 글로벌 6G 청사진 준비를 위한 6G 비전 작업그룹인 SWG Vision을 신설하고, 우리나라 표준 전문가(삼성전자 최형진 수석)이 의장으로 선출되었다. 중국 등은 자국의 5G 상용화에 미치는 잠재적 영향을 우려하여 비전 개발 착수 시점을 늦추자고 주장하였으나 금번 회의에 우리나라가 제안한 비전 작업일정과 비전 권고 목차 등의 논의가 6G 비전 작업그룹에서 시작됨에 따라 ITU는 공식적으로 6G 비전 개발을 착수하게 되었다.

[그림 3-1] ITU-R WP5D 구조



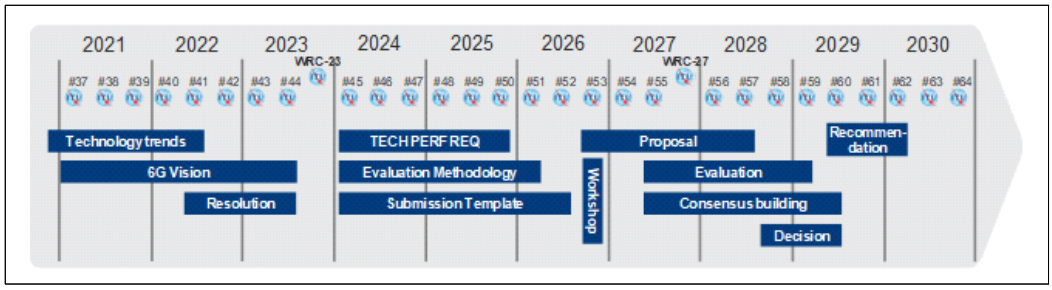
[표 3-1] 4G / 5G / 6G(논의 중) 주요 기술 특징 비교

주요 기술 목표		4G	5G	6G(논의 중)
이용 시나리오		고속	초고속/초저지연/초연결	초성능/초정밀/초공간/초대역/초지능/초신뢰
어플리케이션		음성/고화상 비디오 모바일 TV 모바일 인터넷/결제	VR/AR/360/UHD 비디오 V2X/IoT 스마트시티/팩토리/홈 원격진료/웨어러블 디바이스	홀로그램 비대면 회의 오감 실감콘텐츠 완전 자율주행 실시간 원격 수술/원격근로/원격협주 기내 고속인터넷/플라잉카/공공안전 전국 규모 스마트시티/공장
네트워크 특징		평면 구조 All-IP	클라우드화 소프트웨어화 가상화 슬라이싱	지능화 클라우드화 소프트웨어화 가상화 슬라이싱
통신/서비스 객체		사람	연결(사람/사물)	상호작용(사람/세계)
성능 요구 사항	최대속도	100 Mb/s	20 Gb/s	1 Tb/s
	체감속도	10 Mb/s	0.1 Gb/s	1 Gb/s
	주파수 효율	1배	4G의 3배	5G의 5-10배
	네트워크 전략효율	1배	4G의 1-100배	5G의 10-100배
	용량	0.1 Mb/s/㎡	10 Mb/s/㎡	1 Gb/s/㎡
	연결밀도	100,000개 단말/㎢	1,000,000개 단말/㎢	10,000,000개 단말/㎢
	지연	10 ms	1 ms	10-100 μs
	이동성	350 ㎞/h	500 ㎞/h	1,000 ㎞/h

우리나라는 2021년 2월에 완성된 5G 국제표준 개발 과정에서도 2013년부터 5G 비전 개발을 주도하여 2019년 세계 최초 5G 상용화라는 타이틀은 물론 5G 단말·장비 시장 점유율 확대 등 글로벌 경쟁력을 높이는데 기여한 바 있다. 우리나라를 비롯한 미국 등 주요국들이 6G에 대한 선제적 연구와 투자가 시작된 가운데, 우리나라 주도로 ITU 6G 비전 작업그룹을 신설하고, 의장직을 확보하게 되므로 6G 표준화 주도권 경쟁력을 강화했했다는 점에서 그 의의가 크다고 평가할 수 있다. 아울러, 이동통신 분야의 글로벌 리더 국가로서 6G 비전 개발 전 과정을 선도하고 국제 공조를 통해 미래 통신기술을 정립해 나아가며 ITU내 국가 위상과 대표성을 더욱 높일 것으로 기대된다.

아울러 다가올 WP5D 회의에서부터 2030년까지의 ITU 6G 국제표준 개발 전체 작업을 제시하고 6G 비전 개발 논의를 본격화 예정이다. 2023년까지 6G 비전 신규 권고서를 개발하고 2023년부터 2026년까지 6G 기술성능 및 평가 기준 정의하여 2027년부터 2029년까지 6G 후보기술 접수 받고 평가와 선정과정을 거쳐 2030년에는 6G 기술 국제표준을 완성한다는 계획이다. 아래 그림은 우리나라가 제안할 2030년까지의 6G 표준화 논의 전체 일정을 나타낸다.

[그림 3-2] 우리나라가 제안한 6G ITU 표준화 전체 작업 계획(안)



나. 28㎓ 5G 기지국 출력 규정 검토

지난 WRC-19를 통해 ITU는 26㎓ 대역을 5G 글로벌 공용 주파수로 결정하였다. 당시 지구탐사 위성 등 기존업무 보호를 위해 새롭게 규정한 총복사전력 (TRP :Total Radiated Power)의 출력 규정이 도입됨에 따라 기존의 출력 규정인 안테나 공급전력과 상간관계를 규명할 필요가 있다. 이는 최근의 5G 무선국이 일체형의 빔포밍 다중 안테나기술을 사용하기 때문에 발생된 상황으로 현 전파규칙은

아직까지 안테나 분리형 기지국에 적용하는 안테나공급전력의 출력 규정에 기반하고 있으며 특히 26㎓ 대역은 위성 업무 보호를 위해 최대 10W 이하로 기지국 출력을 제안하는 규정(RR 21.5 조항)을 적용받고 있다. 아래 표는 새로운 출력 규정의 상반된 입장을 나타낸다.

[표 3-2] 5G와 위성 진영 간 새로운 출력규정에 대한 입장

구분	5G 진영	위성 진영
새로운 출력 규정의 해석	**(한국, 미국, 영국, 5G 산업계)** 완화된 5G 기지국 출력 (10 W 이상) 지지	**(러시아, 프랑스, 인마셋 등 산업계)** 위성 보호를 위한 엄격한 출력 (5/10 W 이하) 지지

우리나라, 미국 등 5G 진영은 5G 기지국 출력으로 10W 이상의 출력이 허용되는 완화된 전파규칙 해석 입장이나 러시아, 프랑스 등 위성 진영은 엄격하게 출력 규정을 해석하여 5/10W 이하로 5G 기지국 출력을 제한되어야 한다는 입장이다. 본 논의가 WRC-23의 공식 의제로 의제화 되지 않았다는 점과 차기 WRC-27을 통해 관련 전파 규칙이 개정되기 전까지는 각 주관청의 책임으로 ITU의 무선국 국제등록이 가능하는 입장으로 대응 중이다.

다. 시사점

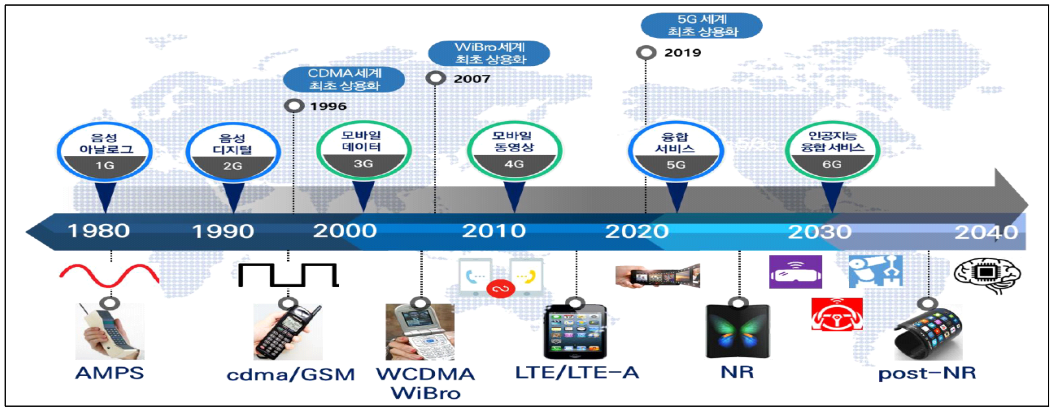
우리나라는 5G에 이어 6G에서도 국제적 우위를 확보하고자 금년부터 6G 기술 개발 등 R&D 사업을 추진하고 있으며 이를 바탕으로 6G 비전 개발 등 글로벌 표준을 선도하기 위한 WP5D 총회 산하 6G 비전 작업반 신설하고 해당 의장직을 확보하는 등 ITU내 6G 표준화 활동을 선도하였다. 주파수 분야에서도 5G 추가 주파수 발굴과 향후 6G 주파수 발굴에 우위를 확보하고자 아태지역 WRC-23 준비그룹(APG-23)에서 의장직을 연임하는 등 적극적인 표준화 활동을 전개하고 있다. 2030년 이후 예상되는 6G 시대에 대비하여 그간의 표준화 경험과 역량이 잘 발휘될 수 있도록 산·학·연·관 표준 전문가들의 지속적인 노력과 활동이 기대되는 바이다.

2. 6G 표준화 추진 전략

미국, 중국 등 주요 국가들은 통상 10년 주기로 전환되는 차세대 이동통신(6G)

시장 선점을 위한 기술패권 경쟁에 돌입하였다. 주기를 살펴보면 3G는 2001년 일본, 4G는 2009년 유럽, 5G는 2019년 한국이 세계 최초 상용화를 하였고 6G는 2028~2030년 상용화를 예상하고 있다. 이동통신 기술은 코로나19로 가속화된 디지털 전환의 핵심이자 미래 신산업의 성장 기반으로서 선제적인 기술개발 노력이 필요하다. 최근 한·미 정상회담(5.24)에서 6G 등 차세대 통신기술에 협력키로 하는 등 주요 국가와의 전략적 협력을 통한 글로벌 경쟁력 강화 기반도 확대되고 있다. 6G는 5G 대비 50배 빠른 전송 속도(1Tbps급), 1/10 수준의 무선지연(0.1msec 이하) 및 유선지연 고려(5msec 이하), 지상을 넘어 공중 10㎞까지 확대된 통신범위(드론, 플라잉카 지원), 완벽한 AI적용(5G는 부분 AI 적용)을 목표하고 있다.

[그림 3-3] 6G 표준화 일정



가. 주요국 동향

주요국은 향후 기술 환경변화에 빠르게 대처하고 국제 표준화 흐름에 선제 대응하여 6G를 선점하고자 경쟁적으로 6G R&D에 착수하였다. 미국은 2018년부터 DARPA 주도 장기 R&D 착수, ATIS(통신산업협회) 주도로 'NEXT G Alliance' 결성(2020.11), 주요 우방국과 5G/6G 투자협력 강화하고 있다. 중국은 2018년부터 6G R&D를 MOST(과학기술부)에서 추진, 6G 전담기구를 출범(2019.11월), CAICT(정보통신기술원)의 IMT-2030(6G) 추진단 6G 백서 발표하였다.

유럽은 핀란드 오울루 대학 주도 2018년부터 6G 플래그십을 설립하고 '6Genesis(6G-Enabled Wireless Smart Society & Ecosystem)' 프로젝트를 추진하였다. 일본은 2030년 6G 도입을 목표로 'Beyond 5G 전략' 공개(2020.8월) 및 주요 통신사 및 대학 등이 참여하여 'Beyond 5G Promotion Consortium'창립하였다.

나. 국내 동향

우리나라는 공공분야에서‘6G 핵심기술개발’ 사업 예·타 통과(2020.4월, 2021~2025, 1,917억원) 이후 ‘6G R&D 추진전략’ 수립(과기장관회의, 2020.8월)하고 이행 추진 중에 있다. 민간분야에서는 THz 대역에서 기가급(6.2Gbps) 데이터 전송 시연 성공(2021.6월, 삼성전자) 등 기술 경쟁력 확보 중, ITU·3GPP 등에서 의장직 선출 등 국제 리더쉽을 확대하고 있다.

다. 이동통신 기술 선점

5G 기술한계 극복을 위한 6대 중점분야, 10대 전략과제 추진(2021~2025, 1,917억)으로, 세계 최고 수준의 6G 원천기술 확보할 계획이다.

[표 3-3] 6G R&D 6대 중점분야 및 10대 전략과제

구분	초성능	초대역	초공간	초정밀	초지능	초신뢰
중점 분야	1Tbps급 전송속도 (5G대비 50배)	100~300㎓ 주파수도 활용 (1Tbps급 전송속도실현)	지원고도를 지상 10km로 확대 (저궤도위성을 통한 플라잉카, 드론 수용 등)	5G 대비 지연시간을 1/10로 단축	네트워크(NW) 전 구간에 AI 적용 (코어망+무선구간)	설계단계부터 보안기술 내재화 (Embedded)
전략 과제	1. Tbps 무선통신 2. Tbps 광통신	3. THz RF 부품 4. THz 주파수모델	5. 공간 이동통신 6. 공간 위성통신	7. 종단간 초정밀 네트워크	8. 지능형 무선 액세스 9. 지능형 네트워크	10. 6G 품질상시 보장보안기술

초성능, 초대역을 이용해 테라헤르츠대역(100~300㎓)에서 1Tbps급 전송 속도 확보를 위한 초세밀 빔포밍 기술(무선)·초저지연 패킷처리기술(유선) 및 RF 핵심 부품(고출력 전력증폭기 등)을 개발하여 완전자율주행 등을 구현할 계획이다. 또한 저궤도 위성을 활용, 이동 중인 비행체(플라잉카, 드론 등)와 해상·재난지역 등에서도 Gbps급 전송이 가능하도록 3차원 공간 무선전송 및 신호 릴레이 기술, 위성·지상 통합 엑세스 기술 등을 개발할 계획이다. 초정밀, 초지능, 초신뢰로 종단간 지연을 5ms(5G는 수십ms) 이내로 줄일 수 있는 기술, 네트워크 전구간의 지능화 기술, 내재화된 보안설계 등을 통해 초정밀 원격진료·드론제어, 완전 무선화된 스마트 시티 등을 구현할 계획이다. 이를 위해 미국, 중국 등 주요국과 공동 연구 등 국제 공조를 강화하는 등 국제 협력 체계를 마련하고 국내 전문가의 표준화 기구 의장단 수행(삼성전자 최형진)하는 등 표준화 시장에서의 국내 산업계 리더십과 역할을 강화하고 있다.

제2절 WRC-23 이동통신 의제 대응 등 아태지역 표준화 대응

1. APG23 국제회의 결과

ITU는 2023년에서 개최될 WRC에서 5G 추가 주파수를 발굴하기 위한 WRC-23 의제로 3㎓에서 11㎓까지를 6개 대역을 선정하여 의제별 논의가 진행 중이다. 후보 주파수 대역의 기존업무 보호에 대해 지역/국가별로 입장이 상이하며, 특히 위성 진영과 5G 진영의 입장차이로 산업계/국가 간 찬·반 입장이 대립하고 있는 양상이다. 기존 업무로는 3.7㎓대역에 위성방송, 3.3㎓대역 레이다, 4.8㎓대역 드론, 6㎓대역에 WiFi/위성/방송중계 등 고정업무, 10㎓대 위성업무 등 기 이용 중인 업무가 다양한 상황이다. 아래 표는 6개 후보 주파수 대역별로 찬·반 입장으로 요약 정리하였다.

[표 3-4] 주파수대역 별 주요국 찬반 입장

5G 주파수 검토		찬성입장	반대입장
①	3300~3400㎒ (제1, 2지역)	**(아프리카, 중국 등)** 5G 중대역 지지 ※ 3.5㎓ 위성 보호로 5G 중대역 대안	**(미국, 프랑스, 한국, 호주 등)** 레이더 보호 ※ 선박/육상 레이더 제조사, 운용국 중심
②	3600~3800㎒ (제2지역)	**(미국, 한국, 일본 등)** 5G 중대역 지지 ※ 3.5㎓ 5G와 연속된 광대역 이용	**(러시아, 중국 등)** 위성 보호
③	4800~4990㎒ (글로벌)	**(러시아, 중국 등)** 5G 중대역 지지 ※ 3.5㎓ 위성 보호로 5G 중대역 대안	**(프랑스, 미국, 한국 등)** 드론 등 항공기 보호 ※ NATO 공공용 및 민간 드론 운용
④	6425~7025㎒ (제1지역)	**(유럽, 중국 등)** 5G 중대역 지지	**(미국, 한국 등)** 와이파이, 방송중계 등 기존업무 보호
⑤	7025~7125㎒ (글로벌)	**(유럽, 중국 등)** 5G 중대역 지지	**(미국, 한국 등)** 와이파이, 방송중계 등 기존업무 보호
⑥	10~10.5㎓ (제2지역)	**(아랍, 아프리카 등)** 5G 중대역 지지	**(유럽, 호주 등)** 위성 등 기존업무 보호

이에 ITU의 간섭분석 등 공유 연구를 지지하며, 다른 지역의 IMT 운용이 3지역의 기존 업무에 부정적 영향을 미치지 않아야 한다는 APT 잠정입장을 개발하였다. 아래는 각 주파수별 APT 잠정입장이다.

[표 3-5] 주파수대역 별 APT 잠정 입장

5G 검토대역		APT 잠정입장
①	3300~3400㎒ (제1, 2지역)	제1, 2지역의 IMT 운용이 제3지역 업무에 부정적 영향을 미치면 안 됨
②	3600~3800㎒ (제2지역)	제2지역의 IMT 운용이 제3지역 업무에 부정적 영향을 미치면 안 됨
③	4800~4990㎒ (글로벌)	ITU-R 연구를 지지
④	6425~7025㎒ (제1지역)	제1지역의 IMT 운용이 제3지역 업무에 부정적 영향을 미치면 안 됨
⑤	7025~7125㎒ (글로벌)	- 글로벌 조화 주파수의 발굴을 위해 적절한 규정적/기술적 조건을 포함하는 ITU-R 연구를 지지 - ITU 연구 결과를 고려한 기존업무의 보호가 보장되어야 함
⑥	10~10.5㎓ (제2지역)	제2지역의 IMT 운용이 제3지역 업무에 부정적 영향을 미치면 안 됨

중국은 3300~3400㎒(제1, 2지역)과 6425~7025㎒(제1지역) 대역에서도 IMT 주파수 이용을 지지하는 입장인 반면 호주, 인도, 한국 등은 위성 등 기존업무 보호 입장으로 7025~7125㎒만 IMT 주파수 이용 논의가 가능하다는 입장으로 상호 입장이 대립하고 있다. 우리나라는 제3지역에서 7025~7125㎒ 대역을 5G 등 IMT로 지정하기 위한 공유연구 등 관련 ITU 연구는 지지하나 6㎓ 대역의 비면허기기 등 기존업무를 보호해야 한다는 입장을 제시하였다. 회의결과 ITU의 간섭분석 등 공유 연구를 지지하는 APT 잠정 입장을 개발하되, 세부 대역별 입장에 대해서는 제3차 APG23-3 회의에서 다시 논의하기로 하였다. 4800~4990㎒ 대역에 대해서도 찬·반 입장이 크게 대립되고 있는데 3.5㎓ 대역 위성 방송수신기 보호 때문에 5G 중대역 확보가 어려운 러시아, 중국, 베트남 등을 중심으로 5G주가 주파수 확보를 지지하는 한편 인접국 5G으로부터 상대적으로 간섭 보호가 취약한 도른 등 항공기 탑재 무선국을 보호하려는 우리나라, 미국, 호주 등을 중심으로 입장이 대립하고 있는 양상이다. 그 외 6~7㎓ 대역의 와이파이 등 기존업무 보호 입장과 5G 추가 주파수 발굴 입장도 대립 양상으로 ITU 관련 공유연구에 참여하고 간섭분석 결과에 근거하여 2023년 WRC-23 준비를 위한 논의를 계속 이어가기로 합의하였다.

우리나라는 지난 WRC-19를 위한 아태지역 준비그룹인 APG-19에 이어 APG-23에서도 APG 총회 의장(위규진 박사), 이동통신의제 작업반 의장(국립전파

연구원 임재우 박사)직을 연임하게 되었다. 그 외 6개 주요의제 실무 작업반에서도 의장직(국립전파연구원 서용석 연구사)을 맡게 되는 등 향후 5G 추가 주파수 발굴은 물론 6G 주파수 발굴에서도 아태지역에서의 주파수 표준화 입지를 강화하도록 대응하고 있다.

제2절 WRC-23 이동통신 의제 대응 등 아태지역 표준화 대응

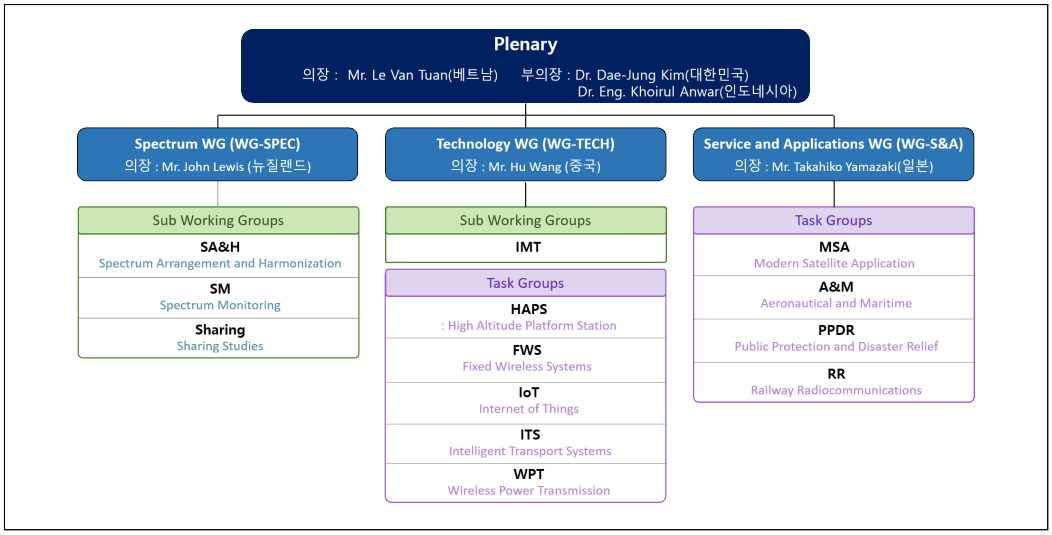
1. 제28차 아태무선그룹(AWG) 국제회의 결과

제28차 AWG 회의는 2021년 9월 1일부터 14일까지 개최되어 25개 APT 회원국, 국제기구 관계자, 산업계 등 425명이 참가하였으며, COVID-19 상황이 계속됨으로 인해 이전의 두 차례 회의와 마찬가지로 비대면 온라인 회의로 진행되었다. 온라인 회의라는 특수한 상황 속에서 각 작업반과 산하 작업반에서 충분한 논의시간을 갖기 위해 7일간 3개의 세션을 병렬로 운영하였다. 우리나라는 국립전파연구원, TTA, ETRI, 삼성전자, RAPA 등 총 37명이 대표단으로 참가하였다.

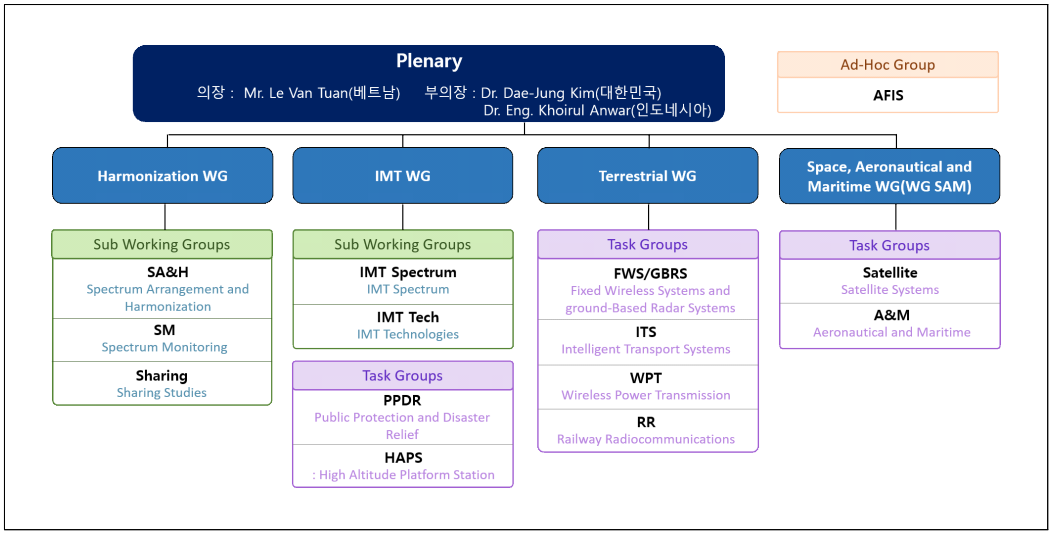
가. AWG 조직개편

전차 AWG 회의에서는 AWG 조직개편 논의를 위한 서신그룹(CG RS)이 구성되어 우리나라의 김대중 단장(TTA)이 CG RS의 의장(convener)으로 선임되었다. 제28차 AWG를 앞두고 수 차례 논의를 진행한 결과 3개 작업그룹(WG)으로 구성되어 있는AWG의 현재 체계를 IMT, 지상, 위성·항공·해상, 스펙트럼 등 4개의 작업그룹과 AFIS Ad-hoc 그룹으로 개편하는 방안을 마련했고, 이번 AWG 총회(Plenary)에서 이를 채택하였다.

[그림 3-4] 현행 AWG 조직 구조



[그림 3-5] 개편된 AWG 조직 구조



이어서 AWG 조직개편 관련 나머지 이슈(WG, SWG 및 TG의 ToR, WG 간 업무균형, 조직개편에 따른 전환조치 등)를 다루기 위해 총회 하에 Ad-hoc 그룹을 만들어 논의하였다. 또한 기존에 별도로 정해져 있지 않던 WG 의장의 임기를 4년으로 하되, 1회에 한해 연임할 수 있도록 하고, AFIS 유지·관리를 APT 사무국의 역할로 명확화하고 개편된 조직구조는 제29차 AWG 회의부터 적용하기로 하였다.

나. IMT 주파수대역 조화 연구

1) 600㎒ 확장대역 주파수 배치

470~698㎒ 대역 IMT 주파수 배치에 관한 현행 APT 보고서(APT/AWG/REP-79)에 포함되어있는 600㎒ 대역 단일 옵션 주파수 배치 외에 추가적인 옵션을 포함하기 위한 개정 논의를 계속하였다. AWG는 인접한 APT 700 밴드와 함께 보다 효율적으로 사용될 수 있는 주파수 배치를 개발하기 위해 추가적인 두 주파수 배치 옵션 (B1, B2)에 대한 연구를 3GPP에 요청한 바 있으며, 3GPP는 이번 회의에 연락서한을 통해 두 옵션에 대한 타당성 분석 결과를 제공하는 기술보고서가 작성되었음을 알려왔다. AWG는 우선 두 옵션 모두를 검토 대상으로 하되, 차기 회의에서 단일 옵션을 선택할 계획이며, 차기 회의 전 비공식 논의를 통해 두 옵션에 대해 무선 성능, 구현 복잡도 등 세부적인 기술적 측면에 대한 정보를 담은 기고문을 마련하여 제29차 AWG 회의에 제출할 예정이다.

2) 1.4㎓ 대역 주파수 배치

아·태지역에서의 1427~1518㎒ 대역의 지상 IMT 주파수 배치에 대한 보고서 개발 논의가 계속되었다. 이 대역은 인접한 MSS와의 공유·양립성 이슈가 제기된 바 있다. 작업그룹(SWG SA&H) 의장은 공유연구와 주파수 배치 이슈를 분리(decouple)하여 논의하기로 한 총회의 가이드를 따라 이번 회의에서 보고서 개발을 마무리하려 하였으나, ITU-R의 공유연구 완료 시까지 보고서 완료를 미루자는 위성 진영의 주장으로 보고서 개발을 완료하지 못하고 차기 회의에서 다시 논의하기로 하였다.

3) 2.1㎓ 대역 주파수 배치

앞선 AWG 회의에서 베트남은 2.1㎓ 대역에서 지상 IMT 용도 대역을 확대하는 주파수 배치 연구를 제안한 바 있다. 현재 전 세계적으로 3G 용도로 많이 이용하는 1920~1980/2110~2170㎒ 대역을 확장하고자 하는 취지이다. 이번 AWG 회의에는 에릭슨 등 산업계가 1920~2010/2110~2200㎒ 전체를 지상 IMT 용도로 배치하는 보고서 초안을 기고하여 신규 보고서 작업이 시작되었으며, 작업문서의 구체적 사항에 대한 별도의 논의없이 차기 회의로 이월하여 검토하기로 하였다.

4) 3.3㎓/4.8㎓ 대역 주파수 배치

아·태지역 내 IMT 중대역의 주파수 배치 조화를 위해 3300~3400㎒와 4800~4990㎒ 대역에서의 신규 권고 개발에 착수하기로 했다. 권고 개발 작업의 기반이 되는 연구 보고서는 이미 AWG에서 개발이 완료된 상태이며, 제26차 AWG 회의에서 베트남이 권고 개발을 제안한 바 있다.

다. 5G 등 이동통신 기술

1) 5G 현황 및 계획

아태지역 내 5G 구축 현황 및 향후 계획에 대한 신규 보고서의 개발을 완료하였다. 당초에는 전차 회의에서 보고서 개발을 완료할 계획이었으나, 최근의 5G 현황을 업데이트할 필요성이 있다는 의견이 제기되어 이번 회의에도 추가적인 기고문(7건)을 받았으며, 우리나라의 5G 특화망 계획 등 최신 정보를 업데이트하여 개발을 마쳤다.

2) 6㎓ 미만 대역 5G

6㎓ 미만 대역을 이용한 5G 구현에 대한 신규 보고서의 개발을 완료하였다. 이 보고서는 AAS(Active Antenna System), 4G·5G DC(Dual Connectivity), DSS(Dynamic Spectrum Sharing) 등 최신 기술정보를 제공하고 있어, 향후 자연스러운 네트워크 진화를 통해 5G를 구현하는 방안을 검토하는 아·태 지역 국가들에게 도움이 될 것으로 기대된다.

3) 24.25㎓ 이상 대역 5G

24.25㎓ 이상 대역에서의 5G 구현에 대한 신규 보고서는 당초 이번 회의에서 개발을 완료할 계획이었으나, 추가 논의 필요성이 제기되어 그 시점을 차기 회의로 미루었다. 이번 회의에서는 우리나라의 5G 특화망 도입 계획을 포함하는 등 다수의 기고문 내용을 반영하여 작업문서를 업데이트 하였다. 이 작업문서는 mmWave 대역 5G에 대한 3GPP 및 ITU-R의 표준화 논의 동향, 산업계의 개발 동향, 주요 5G 도입 국가 사례 등을 포함하고 있다.

4) 5G 단말기에 대한 OTA 측정 방법론

6㎓ 이상 대역을 이용하는 5G 단말기에 대한 OTA(Over The Air) 측정의 필요성이 제기됨에 따라, 우리나라는 전차 제27차 회의에서 이에 관한 신규 작업의 개시와 APT 회원국을 대상으로 한 설문서를 제안한 바 있다. 설문서는 아·태 지역 국가들이 OTA를 어떻게 이용하고, 적합성평가 절차를 어떻게 운용 중인지에 대한 정보를 수집하기 위한 질문들로 구성되어 있다. 이번 회의에는 일부 국가만 설문서에 대해 회신을 함에 따라, 차기 회의까지 추가적인 회신을 받아 신규 보고서 개발을 시작하기로 하였다.

라. 무선전력전송(WPT)

1) RF Beam WPT

AWG는 제23차 회의부터 RF Beam WPT 연구를 개시하여 보고서를 개발해 왔다. 현재는 일부 국가의 정보만 담고 있고, 그 밖의 APT 국가들의 주파수 이용 및 규제 현황에 대한 정보가 충분치 않음에도, 많은 아·태 국가들에게 아직 친숙하지 않은 RF Beam WPT 기술에 대한 정보를 제공하는 차원에서 이번 회의에서 보고서 개발을 완료할 목표로 논의를 진행하였다. 보고서는 RF Beam WPT 용도로 검토 중인 주파수 대역(920㎒, 2.4㎓, 5.7㎓ 대역 등), 주요 응용 분야, 표준화 현황, 임팩트 영향 등 내용을 포함하고 있다. 논의 결과 국가별 진행 현황 등을 추가하여 차기 회의에서 보고서 개발을 완료하기로 하였으며, 이를 위한 설문서가 각국에 송부되었다.

2) 전기자동차 WPT

전기자동차 무선충전을 위한 Non-Beam WPT의 주파수 범위에 대한 권고는 제26차 AWG 회의에서 일본이 제안하여 개발이 시작되었다. 우리나라는 ITU-R 권고 SM.2110의 내용과 같이 20㎑, 60㎑(55~57/63~65㎑), 85㎑의 주파수 범위를 포함하는 것을 제안했으나, 일본은 20㎑ 대역은 전파규칙에 표준주파수 및 시보 용도로 분배가 되어 있고, 60㎑ 대역은 자국이 표준주파수 및 시보 시스템을 운용 중이며, 그 밖의 이슈들이 있다는 이유로 이에 대해 반대했다. 일부 국가는 이미 ITU-R 권고가 개발된 상태에서 AWG가 별도의 권고를 개발할 필요가 있는지에 대한 문제를 제기하였다. 이번 회의에서 합의에 이르지 못함에 따라 권고 개발 완료 시점을 차기

회의로 미루고 그때까지 서신그룹 논의를 통해 합의를 도출해 나가기로 하였다.

3) 이동형 기계 WPT

WPT 응용범위가 점차 확대되고, 최근에는 COVID-19로 인해 비대면서비스에 대한 수요가 증가함에 따라, 무인운반차(AGV), 로봇, 드론, 전동휠체어 등 이동형 기계(moving machine)의 이용이 증가하는 추세이다. 이러한 이동형 기계에도 WPT 기술이 유용하게 도입될 수 있다. 제26차 AWG 회의에서는 우리나라의 제안에 따라 APT 회원국들이 개발 중이거나 검토하고 있는 이동형 기계 충전용 WPT 기술, 주파수 등에 대한 정보를 공유하기 위한 작업이 개시되었고, 이번 회의에서는 우리나라가 기고한 설문서가 승인되어 각 회원국에 송부되었다. 향후 각 회원국으로부터의 답변이 취합되면 이에 기반하여 보고서가 개발될 예정이다.

4) 무선전력전송 워크숍 개최

AWG는 WPT의 응용 서비스, R&D, 표준화, EMC, 인체노출영향 등 다양한 내용을 공유하기 위해 미니 워크숍을 개최하기로 하였다. 차기 회의인 제29차 AWG 회의부터 제32차 회의까지 4차례에 걸쳐 워크숍을 개최하기로 하고, 이를 위한 작업계획을 승인하였다. 아울러 워크숍을 효과적으로 준비하기 위하여 워크숍을 제안한 일본의 Mr. Kaz ISHIDA를 워크숍 의장(convener)으로 선임하였다.

라. 지능형교통시스템(ITS)

1) 차량탑재지구국(VMES)

Ku 대역 정지궤도 FSS 망을 이용한 VMES(Vehicle-Mounted Earth Station, 차량탑재지구국)에 대한 보고서의 개발을 완료하였다. VMES는 FSS 용도로 분배되어 있는 10.7~12.75㎓(s-E), 14.0~14.5㎓(E-s) 대역을 이용하는 육상 ESIM의 대표적 유형이다. 이 보고서는 아·태지역에서의 Ku 대역 주파수의 이용과 향후 계획, 관련 규제 제도 등 내용을 담고 있어 육상 ESIM의 도입을 고려하는 국가들에게 필요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

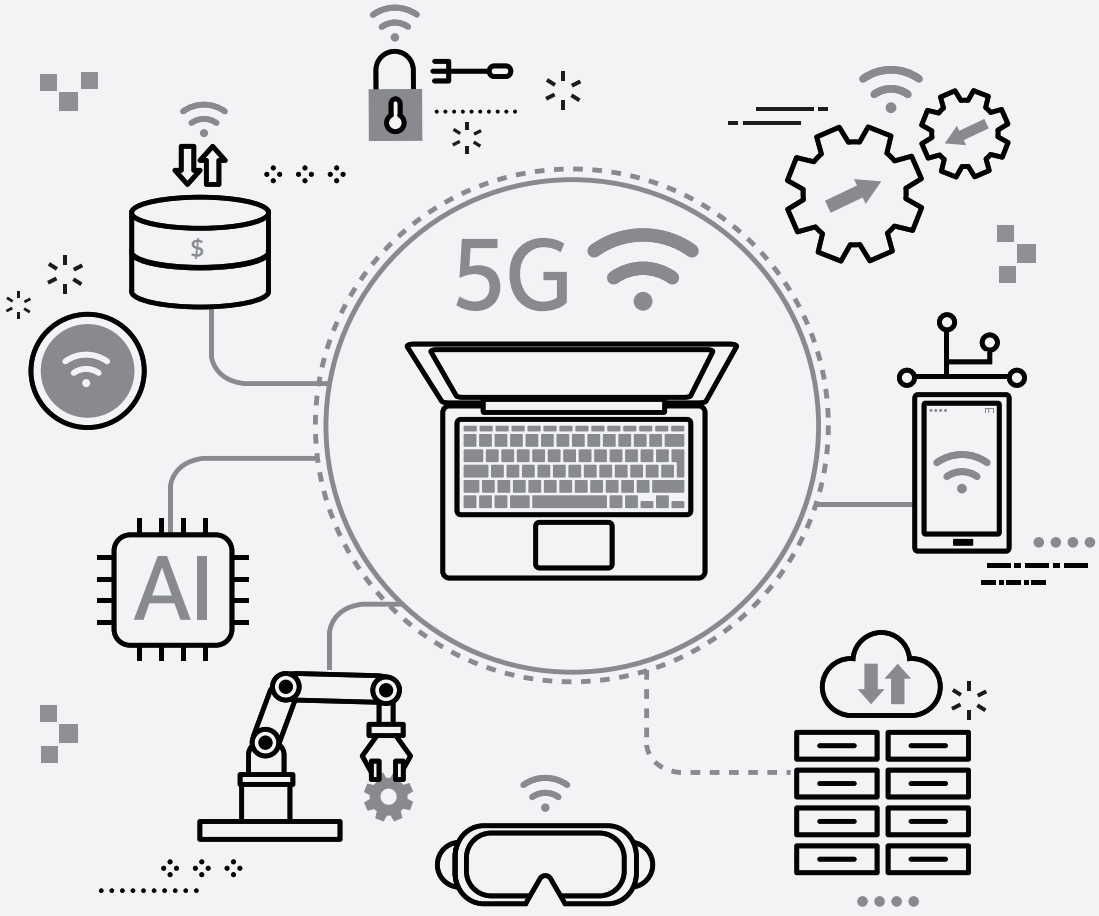
2) mmWave 대역 ITS

현재 5.9㎓ 대역만이 진화된 ITS 용도의 주파수로 국제적으로 권고가 되어 있는 상태 (ITU-R 권고 M.2121)로, 향후에는 높은 데이터 전송속도와 낮은 전송지연의 특성을 가진 mmWave 대역을 통신, 센싱 등 ITS 분야에 활용할 필요성이 제기되어 왔다. 이번 제28차 AWG 회의에서는 mmWave 대역에서 ITS 주파수를 조화롭게 이용하기 위해 신규 보고서 개발을 계속하였으며, 차기 회의에서 각 국가로부터 추가 기고문을 받아 논의할 예정이다.

마. 시사점

AWG는 국제적 차원에서 이루어지는 ITU-R의 연구 및 표준화 활용에 대응하여 아·태지역 국가들의 공조를 강화하고, 정보를 모을 수 있는 무선통신 분야의 전략적 플랫폼으로서 그 중요성이 더해가고 있다. 이번 제29차 AWG 회의의 대표적인 결과물은 조직개편이라고 할 수 있다. 이를 통해 주요 스펙트럼 이슈에 대한 논의가 분야별 WG으로 나누어짐에 따라 WG 간 작업량의 균형과 권한의 분산을 도모하면서, 전체적으로는 조직운영의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 이번 조직개편 논의 과정에는 AWG 부의장인 우리나라 김대중 단장이 CG RS 의장과 Ad-Hoc Plenary 의장을 맡아 회원국 간 의견들을 주도적으로 조율하여 합의를 유도함으로써 성공적으로 결과를 이끌어냈다고 평가되었다. 조직개편 외에도 우리나라는 이번 AWG 회의에서 5G, ITS, 무선전력전송, OTA 측정 등 주요 이슈에 대한 논의에 적극적으로 참여하므로써 향후 논의를 주도할 수 있는 여건을 마련했다고 할 수 있다.

차기 회의부터 새로운 AWG 조직이 출범됨에 따라 이에 맞추어 국내 산·학·연 전문가를 연계하여 대응 체계를 강화하고, 의장단에 추가 진출하는 방안 등을 검토할 필요가 있을 것이다.



제4장

결론

제4장 결 론

본 연구에서는 2021년도에 자체 과제로 수행한 「5G+ 융합 확산 및 6G 표준화 준비를 위한 연구」결과를 중심으로 기술하였다. 우리나라는 세계 최초 5G 상용화를 통해 코로나 사태로 더욱 가속화되고 있는 디지털 대전환에 선제적으로 대비하고 있다. 이에 우리원은 산업 전반의 새로운 혁신을 가져다 줄 디지털 뉴딜의 핵심 인프라로서 5G 이동통신 기술이 활용될 수 있도록 관련 제도 개선과 미래 6G 시대를 준비하기 위한 ITU 6G 비전 개발을 추진하는 등 국제 표준화 활동을 수행하였다.

5G 특화망 주파수가 원활히 공급될 수 있도록 혼·간섭 분석 기술을 연구하고 효율적 주파수 이용을 위한 공유기준을 마련하였으며 5G 특화망 기지국과 단말기 등 관련 무선설비가 원활히 시장에 공급될 수 있도록 기술기준과 적합성 평가 시험 방법 등 관련 제도를 적시에 정비하였다. 또한 5G 추가 주파수 발굴 시 요구되는 혼·간섭 연구와 5G 특화망 주파수 공급 시 요구되는 기존 업무와의 간섭분석과 적정 서비스 커버리지, 주파수 소요량 등 기술적인 분석을 수행하였다.

5G 추가 주파수 발굴을 위한 간섭분석 등 공유 연구는 물론 간섭으로부터 국내 이동통신 무선국의 국제적 권리 확보를 위한 ITU 국제등록을 수행하였다. 아울러 5G에 이어 미래 6G에서도 국제표준화를 선도하여 글로벌 리더쉽을 확대하기 6G 비전을 개발을 추진하는 등 6G 국제표준화 활동과 아태지역에서도 표준화 역량을 확대하기 위한 표준화 활동도 활발히 수행하였다. 이를 통해, 이동통신 분야의 글로벌 리더 국가로서 6G 비전 개발 전 과정을 선도하고 국제 공조를 통해 미래 통신기술을 정립해 나아가며 ITU내 국가 위상과 대표성을 더욱 높일 것으로 기대된다.

향후, 5G 특화망을 포함한 5G+ 융합·확산 등 5G 이용과 산업 활성화를 기대하고 세계최초 5G에 이어 6G에서도 국제표준화 선도하여 글로벌 경쟁력을 확대할 것이다. 이 자료는 이동통신 신규 주파수 발굴과 공급에 필요한 참고 자료로 활용될 계획이다.

[참고문헌]

[1] 혁신성장 실현을 위한 “5G+ 전략”, 과기정보통신부/관계부터 합동 2019.4.8.

[2] 세계 최고 5G 강국 실현을 위한 “5G+ 스펙트럼 플랜”, 과기정보통신부 2019.12.

[3] 5G+ 융합서비스 확산 전략(안), 과기정보통신부/관계부터 합동 2021.8.18.

[4] 5G 특화망으로 통신서비스의 새 장을 연다, 과기정통부 보도자료, 2021.629.

[5] 5G 특화망 구축·운영을 위한 가이드라인, 과기정보통신부/KCA, 2021.10.28.

[6] 5G 특화망 주파수 공동사용을 위한 이용조건 및 세부사항에 관한 지침, 과기정보통신부, 2021.10.28.

[7] 5G 송신신호에 의한 위성방송수신 간섭시험(나주 RRA, 1차/2차) 결과분석, 한국전자통신연구원, 2021.12.30.

[8] 6G 시대를 선도하기 위한 「미래 이동통신 R&D 추진전략」, 과기정보통신부, 2020.8.6.

[9] Base Station (BS) radio transmission and reception(3GPP TS 38.104 V 17.3.0), Sep, 2021

[10] User Equipment (UE) radio transmission and reception(3GPP TS 38.101-1 V17.3.0) , Sep, 2021.

[11] User Equipment (UE) radio transmission and reception(3GPP TS 38.101-2 V17.3.0) , Sep, 2021.

[12] User Equipment (UE) radio transmission and reception(3GPP TS 38.101-3 V17.3.0) , Sep, 2021.

[13] Characteristics of terrestrial IMT-Advanced systems for frequency sharing/interference analyses, document Rep. ITU-R M.2292-0, Dec, 2013.

[14] Radiation diagrams for use as design objectives for antennas of earth stations operating with geostationary satellite, document Rec. ITU-R S.580-6, 2003.

[15] Reference radiation patterns of omni-directional, sectoral and other antennas for the fixed and mobile services for use in sharing studies in the frequency range from 400 MHz to about 70 GHz, document Rec. ITU-R F.1336-5, Jan, 2019.

[16] Calculation of free-space attenuation document Rec. ITU-R P.525-4, Aug, 2019.

[17] 제37차 ITU-R WP5D 및 APG23-2 국제회의 결과, TTA저널 195호, 5월호 2021.

5G+ 융합확산 및 6G 표준화 준비를 위한 연구

국립전파연구원
National Radio Research Agency

(58323) 전남 나주시 빛가람로 767
발행일 2022. 4.
발행인 서 성 일
발행처 과학기술정보통신부 국립전파연구원
전 화 061) 338-4414
인 쇄 다우프린팅
Tel. 062) 952-2033

ISBN : 979-11-5820-206-4 <비 매 품>

주 의

1. 이 연구보고서는 국립전파연구원에서 수행한 연구결과입니다
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 국립전파연구원 연구결과임을 밝혀야 합니다.