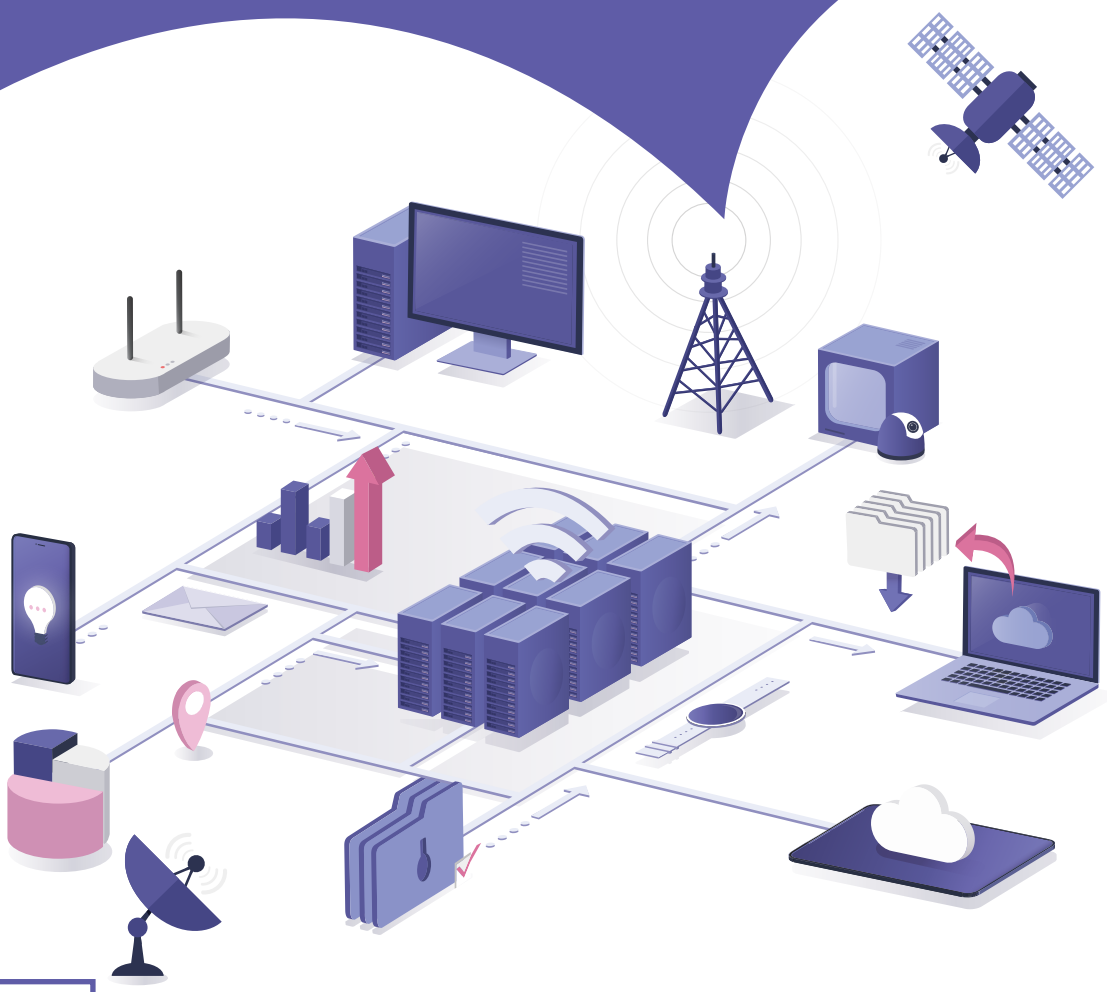
발 간 등 록 번 호
11-1721137-000092-01

RRA-2021-RP-202

5G 서비스 고도화를 위한 전파이용 제도 정비에 관한 연구



국립전파연구원
National Radio Research Agency

5G 서비스 고도화를 위한 전파이용 제도 정비에 관한 연구

국립전파연구원
National Radio Research Agency

제 출 문

본 보고서를 「5G 서비스 고도화를 위한 전파이용 제도 정비에 관한 연구」과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2020. 12. 31.

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

요 약 문

2019년 4월 세계 최초 상용화란 타이틀로 출발한 우리나라 5G 상용 서비스의 안정적인 운용은 물론 스마트공장, 자율주행 지원 등 산업 전반의 영역에서 5G 융·복합 서비스 확산에 필요한 추가적인 제도개선이 필요하다. 아울러 우리 5G 기술의 ITU 국제 표준화 추진과 전파규칙(Radio Regulations), 3GPP 등 국제규정을 반영한 국내 제도정비와 2019년 12월에 발표된 5G+ 스펙트럼 플랜에 따른 6㎓ 이하의 5G 추가 주파수 발굴도 필요한 상황이었다.

이에 본 보고서에는 최고 품질의 5G 세상을 실현하기 위한 5G 전파이용 제도 개선 연구 결과를 중심으로 기술하였다. 다중・일체형 안테나를 탑재한 5G 무선기기이용 확대에 대비하여 WRC-19에서 개정된 전파규칙과 완화된 3GPP 기술규격과의 부합화를 추진하였다. 5G+ 스펙트럼 플랜에서 언급된 6㎓이하 중대역 주파수 자원 확보를 위한 시나리오 별 혼·간섭 분석기술 연구를 수행하였다. 중국, 일본 등 인접국간 무선국 보호를 위한 양자 협상 대응과 국내 이동통신 무선국 보호를 위한 지상망 ITU 국제등록을 통해 국제적 보호 권리 확보도 추진하였다.

우리나라의 5G기술을 국제 표준에 반영시키기 위한 ITU 표준화 활동을 추진하였으며 그 결과 2020년 11월 ITU가 정한 5G 국제 표준기술에 최종 채택되었다. 그 외 아태지역 무선통신 그룹 표준화 활동 등 국제 표준화 대응도 추진하였다.

본 보고서는 5G+ 스펙트럼 플랜의 신규 전파자원 확보와 이동통신 주파수의 효율적 관리에 필요한 참고 자료로 활용될 것이다.

Contents

제1장 서론 **13**

제2장 5G 고도화를 위한 기술기준 및 혼·간섭 분석 연구 **17**

제1절 5G 이동통신용 무선설비의 기술기준 개정 17

제2절 6㎓ 이하 5G 추가 주파수 발굴을 위한 혼·간섭 연구 28

제3절 국내 무선국 보호를 위한 간섭분석 및 국제등록 36

제3장 국내 5G 기술의 ITU 등 국제 표준화 대응 **39**

제1절 5G 상용기술의 ITU 표준 반영 39

제2절 28㎓ 대역 5G 확산을 위한 노력 44

제3절 WRC-23 대응을 위한 아태지역 의장단 진출 47

제5장 결론 **51**

참고문헌 52

표 목 차

[표 2-1] 현행 기지국 송신장치의 부차적전파발사 20

[표 2-2] 개정된 기지국 송신장치의 부차적전파발사 20

[표 2-3] 현행 이동국 송신장치의 부차적전파발사 21

[표 2-4] 개정된 이동국 송신장치의 부차적전파발사 21

[표 2-5] 현행 이동국 송신장치의 스퓨리어스발사 22

[표 2-6] 개정된 이동국 송신장치의 스퓨리어스발사 22

[표 2-7] 개정된 출력 허용편차 23

[표 2-8] 추가된 허용편차 23

[표 2-9] 기술기준 신·구문대비표 24

[표 2-10] 5G와 C-밴드 위성지구국 간 간섭분석 파라미터 29

[표 2-11] 5G와 AMS 간 간섭분석 파라미터 33

[표 2-12] 간섭 초과 확률 10%를 만족하기 위한 필요억압 35

[표 3-1] IMT-2020 후보기술별 IEG 평가 결과 41

[표 3-2] 5G 후보기술간 연관성 42

[표 3-3] APG-23 작업반 및 의제 현황 48

그 림 목 차

[그림 2-1] 전파규칙의 불요발사(결의 750) 18

[그림 2-2] 3GPP 기술규격에 반영된 전파규칙의 불요발사 18

[그림 2-3] 개정 전·후 기지국 불요발사전력 비교 19

[그림 2-4] 개정 전·후 이동국 불요발사전력 비교 19

[그림 2-5] 5G와 C-밴드 위성지구국 간 간섭 시나리오 28

[그림 2-6] 위성지구국 수신안테나 패턴 30

[그림 2-7] 5G 기지국 송신안테나 패턴 30

[그림 2-8] 위성지구국 보호영역 31

[그림 2-9] 간섭완화 효과를 적용한 보호영역 32

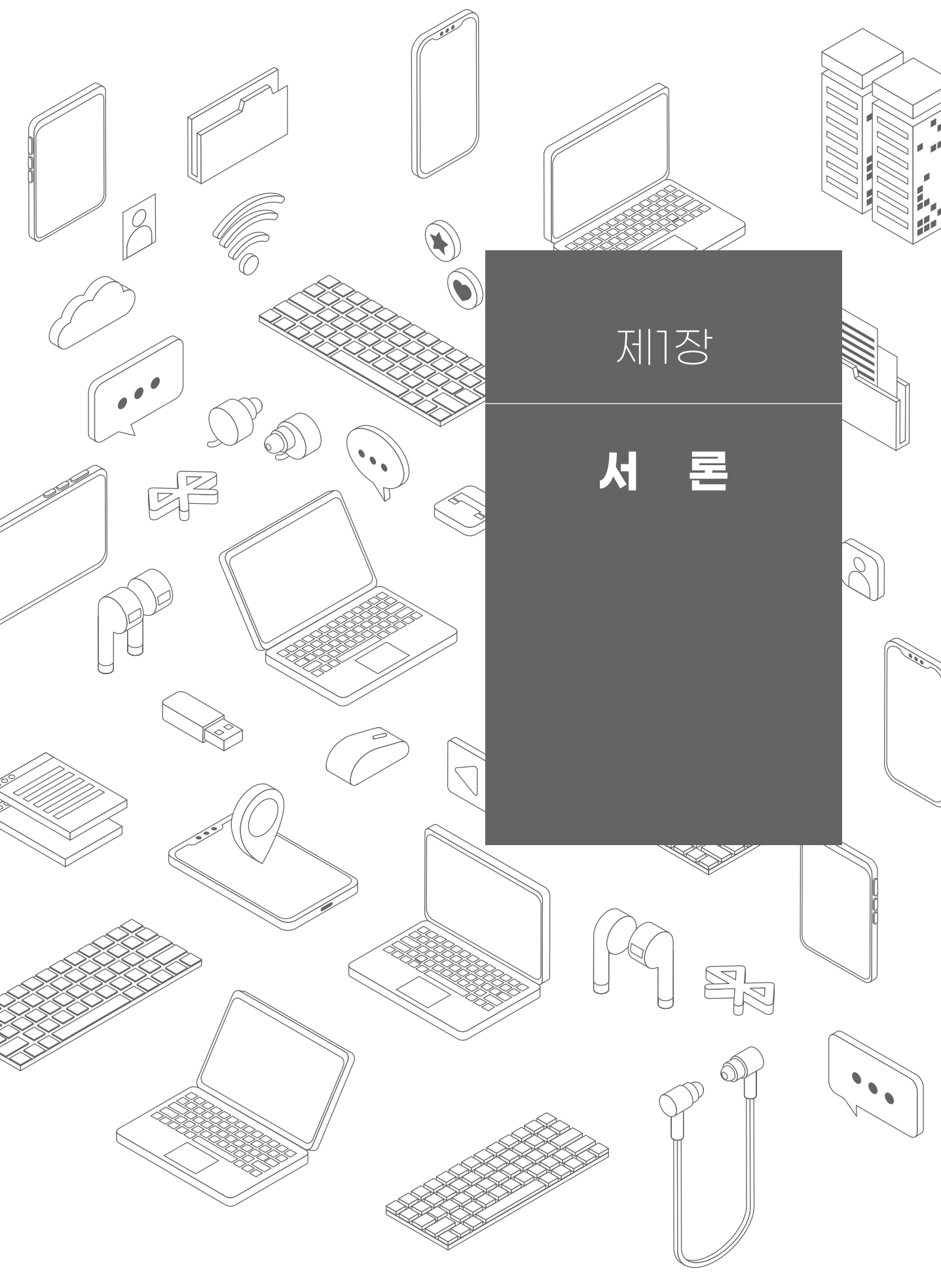
[그림 2-10] 5G와 AMS 간 간섭 시나리오 33

[그림 2-11] 누적간섭전력 CDF(간섭완화 효과 미적용) 34

[그림 2-12] 누적간섭전력 CDF(간섭완화 효과 적용) 35

[그림 3-1] 5G 후보기술 선정 결과 개요 43

[그림 3-2] AWG 조직도 현황 46



제1장

서 론

제1장 서 론

이동통신 기술 진화에 맞춰 세계 최고 수준의 통신 품질 및 경쟁력을 유지하기 위한 적기·적량의 주파수를 지속 공급하고 이러한 주파수 정책을 뒷받침하기 위한 추가적인 제도 정비가 필요하다.

본 연구에서는 5G 서비스 고도화를 위해 기술기준 제도 정비와 5G 추가 주파수 확보를 위한 혼·간섭 분석 연구를 수행하였다. 28㎓ 대역의 부차적전파발사, 스퓨리어스발사, 출력허용편차 등 완화된 국제규격과 WRC-19 후속조치에 따른 전파규칙 개정사항을 전기통신사업용 무선설비의 기술기준 개정을 추진하였다.

전 세계적으로 6㎓ 이하 대역에서 5G 추가 주파수 확보를 위한 관심과 경쟁이 심화되고 있다. 이에 5G+ 스펙트럼플랜에 따라 5G 서비스 커버리지 및 용량 확장을 위해 추가 주파수 확보를 위한 기존 무선국과 5G 이동통신 간 합리적인 주파수 공존을 위한 주파수 확보 · 공급 방안을 모색하였다.

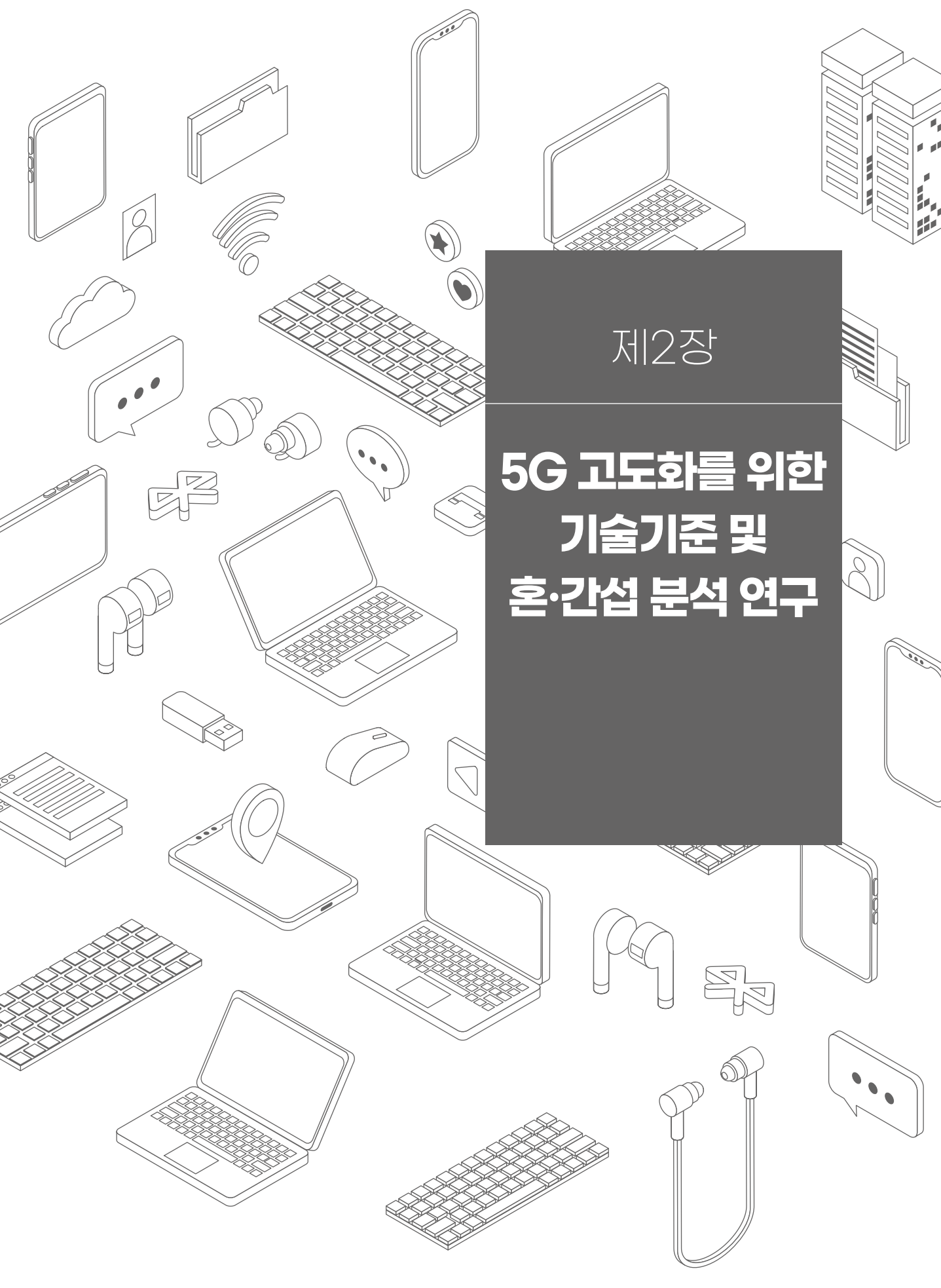
5G 이동통신 시스템 개발과 통신시스템 설비의 성능실험을 위한 무선국을 간섭분석 하였고, 인접국의 전파유입에 의한 혼신으로부터 국내 5G 이동통신 무선 설비를 보호하기 위해 대표 무선국을 ITU에 등록하였다.

또한, 한 · 중 양국 간 1.4㎓와 4.8㎓ 주파수 대역의 원활한 운용을 위해 전문가 실무회의를 통해 지상망 간섭 해소 방안을 협의하였으며 이러한 기술기준 연구와 혼 · 간섭 분석 연구 관련 사항을 2장에 기술하였다.

국내 5G 상용기술을 국제 표준에 반영시키기 위한 WP5D, AWG(아태무선 그룹), APG 국제회의 표준화 활동을 수행하였다. 국내 5G 상용기술을 ITU 표준에 반영시키기 위한 5G 후보기술 평가 작업을 선도하여 우리나라가 상용화한 5G 상세 기술규격을 반영한 ITU 신규 권고서(M.IMT-2020SPEC)를 개발을 완료하였다.

제26차 아태무선통신그룹(AWG-26) 국제회의는 한국의 주도로 AWG 조직 발전 및 구조 개편과 마스터 플랜 수립을 위한 서신그룹(Correspondence Group) 신설이 승인되었다. IMT 대역 주파수 보고서 개정 작업, 전기자동차용 무선전력 전송 주파수 연구, 열차-선로 간 무선통신, 재난문자 알림 시스템 현황 등이 논의를 결과를 도출하였다.

APG-23 1차 회의에 과학기술정보통신부를 주축으로 한국 대표단을 구성하여 대응하였다. APG 의장 연임을 추진하고, 업무작업반(Working Party) 및 실무작업반(Drafting Group) 의장을 우리나라 전문가 수임할 수 있도록 적극 대응하는 등 국내 5G 기술의 ITU 등 국제 표준화 협력 활동을 3장에 기술하였다.



제2장

5G 고도화를 위한 기술기준 및 혼·간섭 분석 연구

제2장 5G 고도화를 위한 기준 연구 및 혼·간섭 기술 연구

제1절 5G 이동통신용 무선설비의 기술기준 개정

우리원은 세계최초 5G 이동통신 무선설비의 상용화에 대비하여 2018년 8월 17일 3.5㎓(3,420 ~ 3,700㎒, 280㎒ 대역폭), 28㎓(26.5 ~ 28.9㎓ 2,400㎒ 대역폭) 주파수대역의 무선설비 기술기준을 제정하였다. 이 당시 ITU의 국제표준은 물론 3GPP의 표준이 완성되기 전에 기술기준을 마련해야 하는 상황으로 5G 주파수 할당 공고에서도 제시한 바와 같이 공공 주파수, 위성업무와 간섭 회피 등의 국내·외 전파 이용 환경을 고려해야 하는 상황이었다.

따라서 5G 무선설비의 글로벌 호환 및 시장 선점을 위해 2018년 6월의 3GPP Release 15 표준과 부합화를 고려하고, 국내 기술기준이 선제적으로 결정한 사항은 후속조치에 의해 3GPP 표준에 반영되도록 하여 기술기준을 마련하였다. 이후 WRC-19 회의 결과에 따른 후속조치 사항으로 24㎓ 대역 지구탐사위성 보호를 위한 불요발사 관련 규정을 적용하고 최근 완화된 국제규격(3GPP) 사항을 국내 기술기준에 반영하였다[2][3].

1. WRC-19 후속조치에 따른 기술기준 개정

주파수 국제 분배 등 전파규칙 개정을 위한 세계전파통신회의(WRC-19)가 10월28일부터 11월 22일까지 193개국 정부·관련 전문가 약 3,400명이 참석한 가운데 이집트에서 개최되었다. 글로벌 5G 상용화 경쟁 속에서 5G 주파수 분배는 전 세계 관심 사항으로 우리나라가 2018년도에 이미 공급한 28㎓ 대역과 인접한 26㎓대역을 포함하여 총 3.25㎓ 폭(24.25 ~ 27.5㎓)을 글로벌 5G 주파수로 분배하였다. 최대 쟁점이었던 지구탐사위성 보호를 위한 조건은 이동통신사업 활성화와 조화를 이룰 수 있도록 불요발사(대역외로 방사되는 전파) 기준을 1단계(‘21년) 기지국 -33dB(W/200㎒), 단말 -29dB(W/200㎒), 2단계(‘27년) 기지국 -39dB(W/200㎒), 단말 -35dB(W/200㎒)로 단계적으로 강화하도록 하였다. 그림 2-1은 전파규칙에 불요발사 규정을 나타내고 있으며 그림 2-2는 3GPP 기술규격에 반영된 불요발사 규정을 나타낸다.

[그림 2-1] 전파규칙의 불요발사(결의 750)

23.6-24.0 GHz	22.55-23.55 GHz	Inter-satellite	−36 dBW in any 200 MHz of the EESS (passive) band for non-geostationary (non-GSO) inter-satellite service (ISS) systems for which complete advance publication information is received by the Bureau before 1 January 2020, and −46 dBW in any 200 MHz of the EESS (passive) band for non-GSO ISS systems for which complete advance publication information is received by the Bureau on or after 1 January 2020
	24.25-27.5 GHz	Mobile	−33 dBW[a] in any 200 MHz of the EESS (passive) band for IMT base stations[5] −29 dBW[b] in any 200 MHz of the EESS (passive) band for IMT mobile stations[5]

[그림 2-2] 3GPP 기술규격에 반영된 전파규칙의 불요발사

9.7.4.3.4 Additional OTA operating band unwanted emission requirements

9.7.4.3.4.1 Protection of Earth Exploration Satellite Service

For BS operating in the frequency range 24.25 – 27.5 GHz, the power of unwanted emission shall not exceed the limits in table 9.7.4.3.4.1-1.

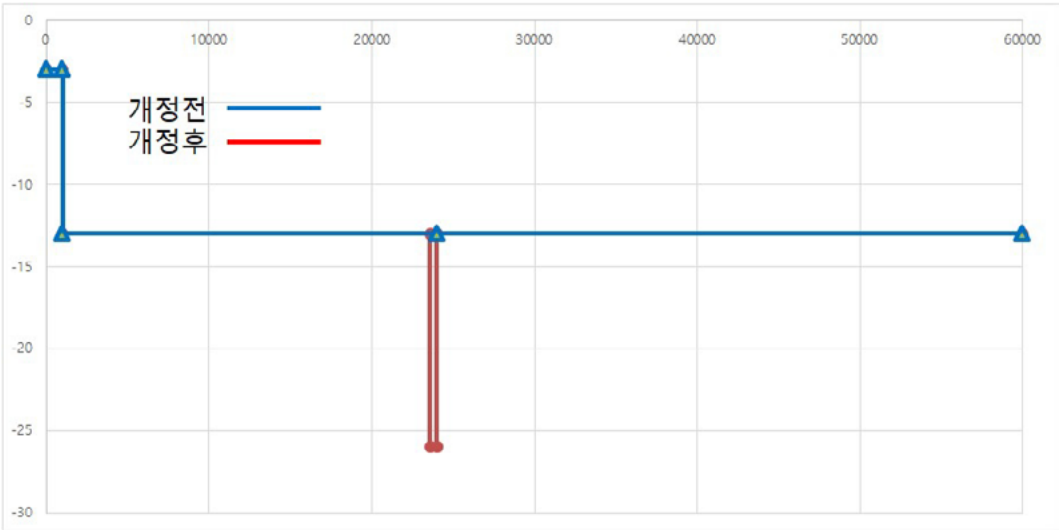
Table 9.7.4.3.4.1-1: OBUE limits for protection of Earth Exploration Satellite Service

Frequency range	Limit	*Measurement Bandwidth*
23.6 – 24 GHz	-3 dBm (Note 1)	200 MHz
23.6 – 24 GHz	-9 dBm (Note 2)	200 MHz
NOTE 1: This limit applies to BS brought into use on or before 1 September 2027 and enters into force from January 1, 2021. NOTE 2: This limit applies to BS brought into use after 1 September 2027.		

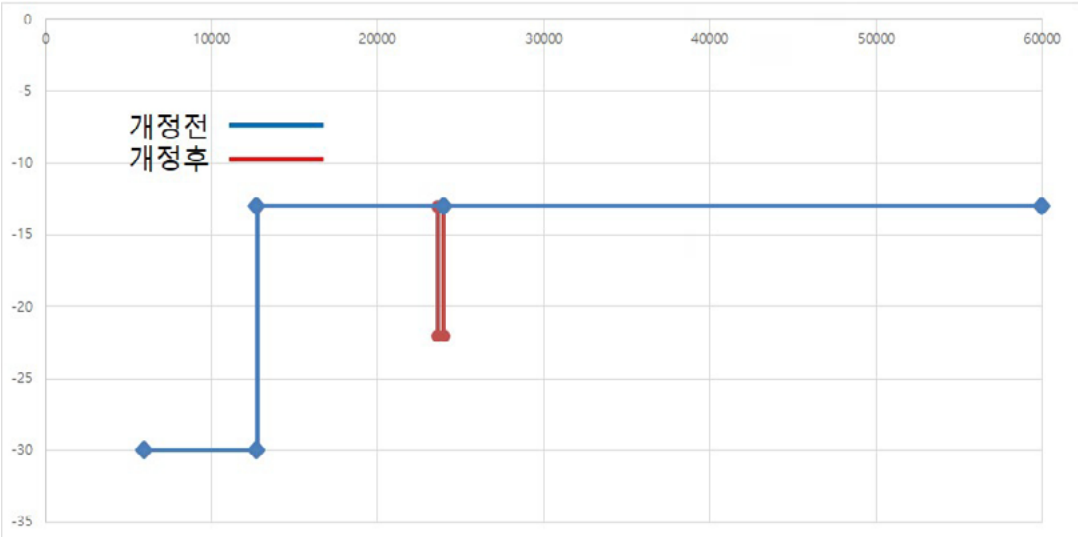
2021년부터 193개 ITU 회원국에 강제 적용되는 1단계 불요발사 전파규칙 개정내용을 국내 기술기준에 반영하였다.

이는 기존 불요발사 기준(10dBm/200㎒, 스퓨리어스발사) 대비하여 단계별로 기지국은 13 ~ 19dB, 단말은 9 ~ 15dB 강화된 기준이다. 다만 기술기준 개정 전 연구반을 운용하여 제조사 의견수렴을 통해 이미 적합인증 받은 무선설비와 향후 적합인증 받으려고 하거나 개발 중인 무선설비는 위 사항을 모두 만족할 수 있음을 확인하였다

[그림 2-3] 개정 전·후 기지국 불요발사전력 비교



[그림 2-4] 개정 전·후 이동국 불요발사전력 비교



2. 완화된 국제규격 기술기준 반영

가. 부차적전파발사

「전기통신사업용 무선설비의 기술기준」 제4조(이동통신용 무선설비) 7항 시분할 복신방식을 사용하는 28㎓ 대역 이동통신용 무선설비의 기술기준의 3호 및 5호는 기지국과 이동국의 부차적전파발사 현행 기준은 3GPP(TS38.104 V1.0.0) 규격을 참조하여 제정된 기준이다[1].

[표 2-1] 현행 기지국 송신장치의 부차적전파발사

주파수대역	불요발사 평균전력 (총복사전력)	분해대역폭
30 ㎒ ~ 1 ㎓	-57 dBm 이하	100 ㎑
1 ㎓ ~ 2차 고조파	-47 dBm 이하	1 ㎒

[표 2-2] 개정된 기지국 송신장치의 부차적전파발사

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

[표 2-3] 현행 이동국 송신장치의 부차적전파발사

주파수대역	불요발사 평균전력 (총복사전력)	분해대역폭
30 ㎒ ~ 1 ㎓	-57 dBm 이하	100 ㎑
1 ㎓ ~ 2차 고조파	-47 dBm 이하	1 ㎒

실제 대상기기 적합인증 시 높은 주파수에 따른 대상기기와 기준안테나 사이의 공간 손실이 커서 계측설비의 잡음레벨이 기술기준의 제한치를 초과하여 불요발사 평균전력 값 측정에 어려움이 있었다. 이는 3GPP에서도 문제 제기가 되어 부차적전파발사 측정 관련 논의가 계속 이루어졌고 이를 고려하여 '19년 12월 주파수대역을 더욱 세분화하고 완화된 평균전력 값으로 개정하였다. 따라서 현실적으로 측정에 어려움이 있어 향후 적합인증 시 민원 발생 소지에 대해서 선제적으로 대응하기 위함이다.

[표 2-4] 개정된 이동국 송신장치의 부차적전파발사

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 ㎒

나 . 스퓨리어스발사

스퓨리어스발사는 변조 신호의 필요주파수대역폭 바깥쪽에 위치한 하나 이상의 주파수에서 발생하는 불요발사 전력이다. 이는 대역외발사 보다 더 바깥쪽에 위치하게 된다. 이동국의 스퓨리어스발사는 전자파적합성 시험에서 이미 규제하고 있으므로 중복된 규정으로 규제를 완화하였다. 또한 CATR(Compact Antenna Test Ranges) 챔버의 주파수 측정 범위가 6㎓대역 이하는 측정이 어려움이 있다. 이를 반영하여 완화된 스퓨리어스 규정을 적용하였다.

[표 2-5] 현행 이동국 송신장치의 스퓨리어스발사

주파수대역	불요발사 평균전력 (총복사전력)	분해대역폭
30 MHz ~ 1 GHz	-36 dBm 이하	100 kHz
1 GHz ~ 12.75 GHz	-30 dBm 이하	1 MHz
12.75 GHz ~ 2차 고조파	-13 dBm 이하	1 MHz

[표 2-6] 개정된 이동국 송신장치의 스퓨리어스발사

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

다. 출력 허용편차

현행의 28GHz 대역 이동통신용 무선설비 이동국의 출력 허용편차는 상한 100%로 규정되어 있었다. 이는 3GPP에서 이동국의 출력을 등가등방복사전력(EIRP : Equivalent Isotropic Radiated Power)으로만 규정되어 있었고 총복사전력(TRP : Total Radiated Power)는 규정되어 있지 않아 일반적인 사항을 적용한 것이다.

최근 이동국의 총복사전력(23dBm)과 허용편차가 적용되었으나, 연구반 의견 수렴을 통해 28GHz 대역의 다양한 이동국 출시에 대비하여 3GPP의 규격에 등가등방복사전력의 허용편차는 적용하지 않으므로, 이를 기술기준에도 기존 등가등방복사전력 값만 규정하고 출력 허용편차는 제외하기로 하였다. 그리고 28GHz 대역 기지국은 사시험의 특성상 안테나 미매치, 거치차이, 시스템 오차 등에서 발생되는 측정오차가 발생되므로 3GPP 규격을 참조하여 상한 100% 허용편차를 추가하였다.

[표 2-7] 개정된 출력 허용편차

송신설비	허용편차(%)	
	상한퍼센트	하한퍼센트
1.주파수분할 복신 방식을 사용하는 이동통신용 무선설비 가. 이동국	20	-
2.시분할 복신 방식을 사용하는 28㎓ 대역 이동통신용 무선설비 가. 이동국	0	-
3.시분할 복신 방식을 사용하는 3.5㎓ 대역 이동통신용 무선 설비 가. 이동국	100	-
4.시분할 복신 방식을 사용하는 28㎓ 대역 이동통신용 무선 설비 가. 기지국	100	-

또한, 주파수허용편차, 인접채널누설전력비, 대역외발사에도 허용편차를 3.5㎓ 대역 이동국은 LTE 기술기준에 반영되어 있는 측정오차와 동일한 값을 대상 기기에 적용하였고, 28㎓ 대역 이동국은 복사시험의 특성상 안테나 , 거치차이, 시스템 오차 등에서 발생되는 측정오차가 발생되므로 3GPP 규격을 참조하여 표2-8과 같이 추가하였다.

[표 2-8] 추가된 허용편차

송신설비		허용편차
시분할 복신 방식을 사용하는 3.5㎓ 대역 이동통신용 무선 설비 가. 이동국	1.주파수허용편차(Hz)	±15
	2.인접채널누설전력비(dB)	-0.8
	3.대역외발사(dB)	+1.8
시분할 복신 방식을 사용하는 28㎓ 대역 이동통신용 무선 설비 가. 이동국	1.주파수허용편차(ppm)	±0.005
	2.인접채널누설전력비(dB)	-5
	3.대역외발사(dB)	+3.21

[표 2-9] 기술기준 신·구문대비표

<table>
<tr><th>현 행</th><th>개 정 안</th></tr>
<tr><td>⑦ 시분할 복신방식을 사용하는 28 ㎓ 대역 이동통신용 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.
2. 기지국 송신장치의 조건

신설

3. 기지국 송신장치의 부차적 전파발사는 다음 조건을 만족할 조건
<table><tr><th>주파수대역</th><th>불요발사 평균전력
(총복사전력)</th><th>분해대역폭</th></tr><tr><td>30 ㎒ ~ 1 ㎓</td><td>-57 dBm 이하</td><td>100 ㎑</td></tr><tr><td>1 ㎓ ~ 2차 고조파</td><td>-47 dBm 이하</td><td>1 ㎒</td></tr></table>
4. 이동국 송신장치의 조건
마. 스퓨리어스발사는 다음 조건을 만족할 것</td><td>⑦ 시분할 복신방식을 사용하는 28 ㎓ 대역 이동통신용 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.
2. 기지국 송신장치의 조건

바. 제2호라목 및 마목의 조건에도 불구하고 26.5 ~ 27.5 ㎓ 대역에서 운용하는 기지국은 다음의 추가적인 불요발사 조건을 만족할 것
<table><tr><th>주파수대역</th><th>불요발사 평균전력
(총복사전력)</th><th>분해대역폭</th></tr><tr><td>23.6 ㎓ ~ 24 ㎓</td><td>-3 dBm 이하</td><td>200 ㎒</td></tr></table>
3. 기지국 송신장치의 부차적 전파발사는 다음 조건을 만족할 조건
<table><tr><th>주파수대역</th><th>불요발사 평균전력
(총복사전력)</th><th>분해대역폭</th></tr><tr><td>30 ㎒ ~ 1 ㎓</td><td>-36 dBm 이하</td><td>100 ㎑</td></tr><tr><td>1 ㎓ ~ 18 ㎓</td><td>-30 dBm 이하</td><td>1 ㎒</td></tr><tr><td>18 ㎓ ~ 23.5 ㎓</td><td>-15 dBm 이하</td><td>10 ㎒</td></tr><tr><td>23.5 ㎓ ~ 25 ㎓</td><td>-10 dBm 이하</td><td>10 ㎒</td></tr><tr><td>25 ㎓ ~ 32.5 ㎓</td><td>-10 dBm 이하</td><td>10 ㎒</td></tr><tr><td>32.5 ㎓ ~ 41.5 ㎓</td><td>-15 dBm 이하</td><td>10 ㎒</td></tr><tr><td>41.5 ㎓ ~ 2차고조파</td><td>-20 dBm 이하</td><td>10 ㎒</td></tr></table>
4. 이동국 송신장치의 조건
마. 스퓨리어스발사는 다음 조건을 만족할 것
<table><tr><th>주파수대역</th><th>불요발사 평균전력
(총복사전력)</th><th>분해대역폭</th></tr><tr><td>6 ㎓ ~ 12.75 ㎓</td><td>-30 dBm 이하</td><td>1 ㎒</td></tr><tr><td>12.75 ㎓ ~ 2차 고조파</td><td>-13 dBm 이하</td><td>1 ㎒</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>현 행</th><th>개 정 안</th></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th>주파수대역</th><th>불요발사 평균전력
(총복사전력)</th><th>분해대역폭</th></tr>
<tr><td>30 ㎒ ~ 1 ㎓</td><td>-36 dBm 이하</td><td>100 ㎑</td></tr>
<tr><td>1 ㎓ ~ 12.75 ㎓</td><td>-30 dBm 이하</td><td>1 ㎒</td></tr>
<tr><td>12.75 ㎓ ~ 2차 고조파</td><td>-13 dBm 이하</td><td>1 ㎒</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>신설</td><td>바. 제4호라목 및 마목의 조건에도 불구하고 26.5 ~ 27.5 ㎓ 대역에서 운용하는 이동국은 다음의 추가적인 불요발사 조건을 만족할 것
<table>
<tr><th>주파수대역</th><th>불요발사 평균전력
(총복사전력)</th><th>분해대역폭</th></tr>
<tr><td>23.6 ㎓ ~ 24 ㎓</td><td>1 dBm 이하</td><td>200 ㎒</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>5. 이동국 수신장치의 부차적 전파발사는 다음 조건을 만족할 것
<table>
<tr><th>주파수대역</th><th>불요발사 평균전력
(총복사전력)</th><th>분해대역폭</th></tr>
<tr><td>30 ㎒ ~ 1 ㎓</td><td>-57 dBm 이하</td><td>100 ㎑</td></tr>
<tr><td>1 ㎓ ~ 2차 고조파</td><td>-47 dBm 이하</td><td>1 ㎒</td></tr>
</table>
</td><td>5. 이동국 수신장치의 부차적 전파발사는 다음 조건을 만족할 것
<table>
<tr><th>주파수대역</th><th>불요발사 평균전력
(총복사전력)</th><th>분해대역폭</th></tr>
<tr><td>6 ㎓ ~ 20 ㎓</td><td>-36.8 dBm 이하</td><td>1 ㎒</td></tr>
<tr><td>20 ㎓ ~ 40 ㎓</td><td>-29.8 dBm 이하</td><td>1 ㎒</td></tr>
<tr><td>40 ㎓ ~ 2차고조파</td><td>-13.9 dBm 이하</td><td>1 ㎒</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>6. 기지국 송신장치와 이동국 송신장치를 중계하는 송신장치 조건의 가입자 방향은 제2호 조건을 만족하고, 사업자 방향은 제4호 조건을 만족할 것(다만, 인접채널누설전력비는 가입자 방향은 제외 및 사업자 방향의 전력은 제4호 나목을 만족할 것)</td><td>6. 기지국 송신장치와 이동국 송신장치를 중계하는 송신장치 조건의 가입자 방향은 제2호제3호 조건을 만족하고, 사업자 방향은 제4호제5호 조건을 만족할 것(다만, 인접채널누설전력비는 가입자 방향은 제외 및 사업자 방향의 전력은 제4호 다목을 만족할 것)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>현 행</th><th>개 정 안</th></tr>
<tr>
<td>
[별표 6]
1. 출력 허용편차
(제4조제4항제4호나목, 제4조제7항제4호나목, 제4조제8항제4호나목 관련)
<table>
<tr><th rowspan="2">송신설비</th><th colspan="2">허용편차(%)</th></tr>
<tr><th>상한퍼센트</th><th>하한퍼센트</th></tr>
<tr><td>1.주파수분할 복신 방식을 사용하는 이동통신용 무선설비
가. 이동국</td><td>20</td><td>-</td></tr>
<tr><td>2.시분할 복신 방식을 사용하는 28㎓ 대역 이동통신용 무선설비
가. 이동국</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td>3.시분할 복신 방식을 사용하는 3.5㎓ 대역 이동통신용 무선 설비
가. 이동국</td><td>100</td><td>-</td></tr>
</table>
</td>
<td>
[별표 6]
1. 출력 허용편차
(제4조제4항제4호나목, 제4조제7항제4호나목, 제4조제8항제6호나목, 제4조제7항제2호나목 관련)
<table>
<tr><th rowspan="2">송신설비</th><th colspan="2">허용편차(%)</th></tr>
<tr><th>상한퍼센트</th><th>하한퍼센트</th></tr>
<tr><td>1.주파수분할 복신 방식을 사용하는 이동통신용 무선설비
가. 이동국</td><td>20</td><td>-</td></tr>
<tr><td>2.시분할 복신 방식을 사용하는 28㎓ 대역 이동통신용 무선설비
가. 이동국</td><td>0</td><td>-</td></tr>
<tr><td>3.시분할 복신 방식을 사용하는 3.5㎓ 대역 이동통신용 무선 설비
가. 이동국</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td>4.시분할 복신 방식을 사용하는 28㎓ 대역 이동통신용 무선 설비
가. 기지국</td><td>100</td><td>-</td></tr>
</table>
2. 주파수허용편차, 인접채널누설전력비, 대역외발사의 허용편차
(제4조제8항제6호가목,다목,라목, 제4조제7항제4호가목,다목,라목 관련)
<table>
<tr><th colspan="2">송신설비</th><th>허용편차</th></tr>
<tr><td rowspan="3">시분할 복신 방식을 사용하는 3.5㎓ 대역 이동통신용 무선 설비
가. 이동국</td><td>1.주파수허용편차(Hz)</td><td>±15</td></tr>
<tr><td>2.인접채널누설전력비(dB)</td><td>-0.8</td></tr>
<tr><td>3.대역외발사(dB)</td><td>+1.8</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시분할 복신 방식을 사용하는 28㎓ 대역 이동통신용 무선 설비
가. 이동국</td><td>1.주파수허용편차(ppm)</td><td>±0.005</td></tr>
<tr><td>2.인접채널누설전력비(dB)</td><td>-5</td></tr>
<tr><td>3.대역외발사(dB)</td><td>+3.21</td></tr>
</table>
부칙
제1조(시행일) 이 고시는 공포한 날로부터 시행한다. 다만 2027년 9월 1일 이후부
</td>
</tr>
</table>

현 행	개 정 안
	터는 제4조7항2호바목의 불요발사 평균전력을 -9 dBm 이하로 제4조7항4호바목의 불요발사 평균전력을 -5 dBm 이하로 변경하여 적용한다. **제2조(경과조치)** 이 고시 시행 당시 종전의 규정에 따라 적합성평가를 받았거나 무선국 개설허가를 받아 운영 중인 무선설비는 이 고시에 의해 적합한 것으로 한다. **제3조(다른 고시의 개정)** 방송통신설비의 안전성·신뢰성 및 통신규약에 대한 기술기준 중 일부를 다음과 같이 개정한다. 제4조 관련 별표 1의 제1장 제1절 8. 통신망의 비밀보호 및 신뢰성 제고 등의 대책란 주파수분할 복신방식으로 이하 부분 중 "819 ㎒ ~ 849 ㎒"를 "819 ㎒ ~ 849 ㎒, 829 ㎒ ~ 849 ㎒", "1715 ㎒ ~ 1785 ㎒"를 "1715 ㎒ ~ 1785 ㎒, 1735 ㎒ ~ 1755 ㎒", "864 ㎒ ~ 894 ㎒"를 "864 ㎒ ~ 894 ㎒, 874 ㎒ ~ 894 ㎒", "1810 ㎒ ~ 1880 ㎒"를 "1810 ㎒ ~ 1880 ㎒, 1830 ㎒ ~ 1850 ㎒", "이동통신망 및"을 "이동통신망,", "다중접속방식을 사용하고 3420 ㎒ ~ 3700 ㎒"을 "다중접속방식을 사용하는 이동통신망, 시분할 복신방식으로 3420 ㎒ ~ 3700 ㎒, 26.5 ㎓ ~ 29.5 ㎓"으로 한다.

제2절 6㎓ 이하 5G 주파수 발굴을 위한 혼·간섭 연구

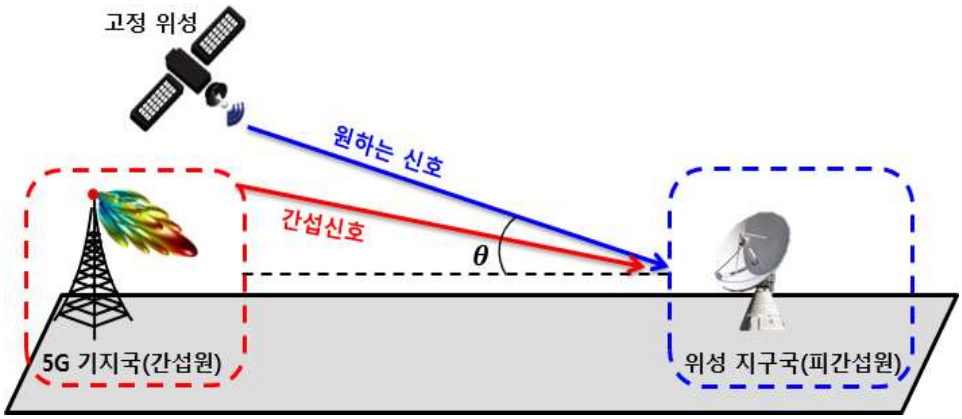
전 세계적으로 6㎓ 이하 대역에서 5G 추가 주파수 확보를 위한 관심과 경쟁이 심화되고 있다. 특히, C-밴드는 5G 대역으로서 가장 주목을 받고 있으며 빠르게 장비·단말 생태계가 구축되고 있다. '19년 12월 우리나라는 5G+ 스펙트럼플랜을 통해 5G 서비스 커버리지 및 용량 확장을 위해 추가 주파수 확보 계획을 발표한 바 있으며, 기존 무선국의 원활한 서비스와 5G 이동통신 간 합리적인 주파수 공존을 위한 주파수 확보·공급 방안을 모색하였다. 우리원은 인접국 5G 상용망과 국내 5G 특화망 도입 시 발생할 수 있는 전파간섭을 대비하고자 확률·통계적인 방법 및 SMIs의 보호영역 분석을 통해 주파수 혼·간섭 연구를 수행하였으며, 5G 기지국 운용조건 제한을 통해 간섭완화 효과를 확인하였다.

1. 5G 이동통신과 위성지구국 간 주파수 공유를 위한 간섭완화 방안

가. 간섭분석 시나리오 및 방법

그림 2-5는 5G 기지국과 C-밴드 위성지구국 간에 발생할 수 있는 동일대역 간섭 상황을 나타내고 있다. 위성지구국은 앙각 θ를 유지하며 고정위성의 하향링크 신호를 수신할 때, 5G 기지국으로부터 간섭신호를 수신하게 된다. 이때 SMIs 시뮬레이션을 통해 위성지구국을 5G 기지국의 전파간섭으로부터 보호하기 위한 보호영역 분석을 수행하였다.

[그림 2-5] 5G와 C-밴드 위성지구국 간 간섭 시나리오



간섭원인 5G 기지국과 피간섭원인 고정위성 지구국 모두 고정국으로 운영되기 때문에, 두 무선국 간 발생할 수 있는 최악의 간섭상황을 가정하기 위한 MCL(Minimum Coupling Loss) 방식을 적용하여 간섭영향을 분석하였다. 현실적인 간섭분석을 위해 실제 운용하는 위성지구국 제원과 ITU-R 보고서 M.2292(주파수 공유/간섭 분석을 위한 지상 IMT 특성)의 제원을 참고하였다[4].

[표 2-10] 5G와 C-밴드 위성지구국 간 간섭분석 파라미터

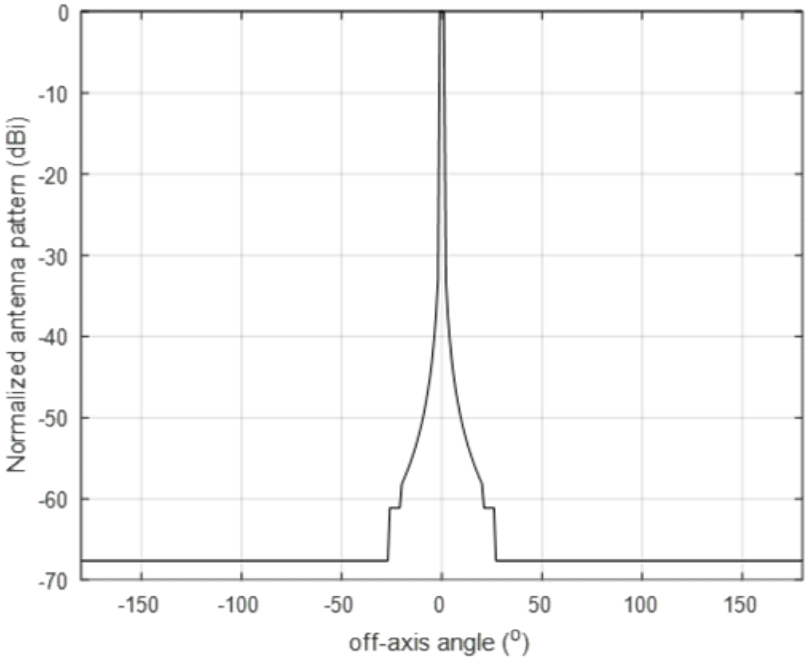
구분	값		단위
	5G 기지국	위성 지구국	
출력전력	36	-	dBm/㎒
송신 대역폭	10	-	㎒
수신 대역폭	-	17	㎒
안테나 이득	18	57.6	dBi
안테나 앙각	-	9.4	deg
안테나 방위각	-	256.2	deg
보호기준 I/N	-	-12.2	dB
간섭보호기준	-	-126.2	dBm/㎒

위성지구국이 수신하는 간섭전력은 다음과 같은 식을 따른다.

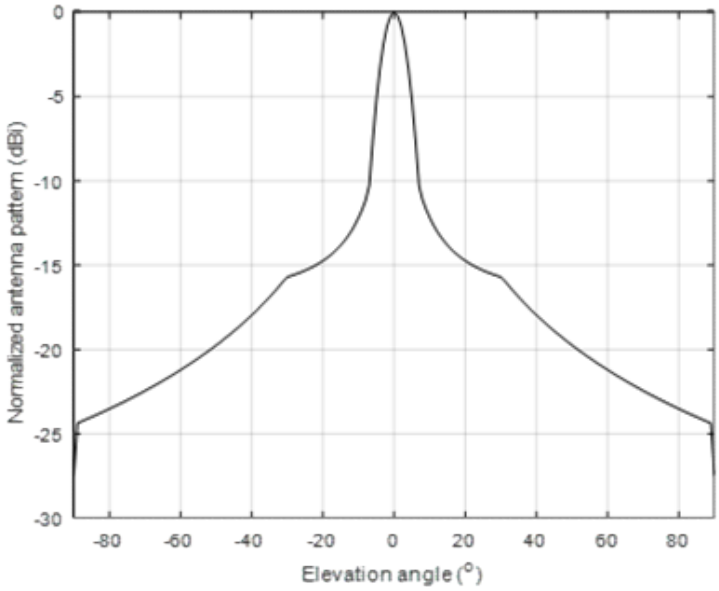
$$I = Pt_{BS} + G_{BS} + G_{ES} - L_{P.452} \quad (1)$$

여기서 Pt_{BS}는 5G 기지국 출력(dBm/㎒), G_{BS}는 5G 기지국 송신안테나 이득(dBi), G_{ES}는 위성지구국 수신안테나 이득(dBi), 그리고 $L_{P.452}$는 송수신단 사이에서 발생하는 경로손실(dB)로 ITU-R 권고 P.452-16을 적용하여 분석한다[5]. 위성지구국과 5G 기지국 안테나 패턴은 그림 2와 3에서 나타내고 있으며, 각각 ITU-R 권고 S.580(정지 위성으로 동작하는 지구국 안테나 설계를 위한 안테나 패턴)과 F.1336(주파수 공유/간섭 분석을 위한 고정 및 이동 업무 안테나 패턴)를 참고하였다[6],[7].

[그림 2-6] 위성지구국 수신안테나 패턴



[그림 2-7] 5G 기지국 송신안테나 패턴

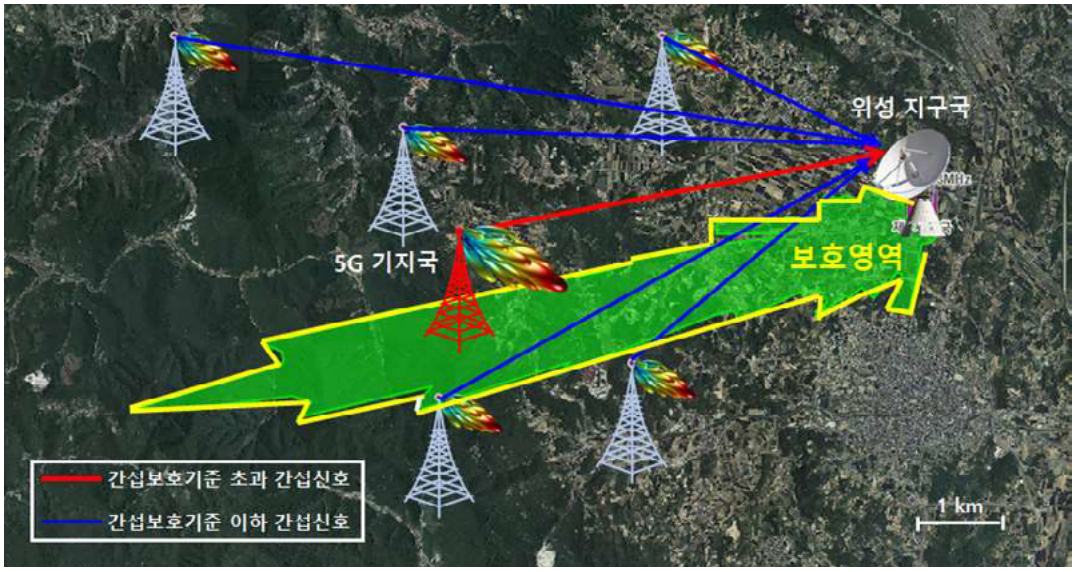


나. 간섭분석 결과

그림 2-8은 우리나라 전체 면적에 가상의 5G 기지국을 200m 간격으로 치국하여 단일 5G 기지국으로부터 발생하는 전파간섭이 위성지구국의 간섭보호기준을 초과하는 영역을 나타내었다. 이는 위성지구국의 보호영역을 가시적으로 나타낸 것이며, 5G 기지국이 해당 영역에 치국될 경우 전파간섭이 발생함을 의미한다. 보호영역은 위성지구국이 지향하는 방향으로 전개되어 있는 것을 확인할 수 있으며, 이 영역의 면적을 줄이면 두 시스템 간 원활한 주파수 공유가 가능할 것이다. 이를 위해 5G 기지국의 안테나 방향을 15° 하향시키고 방위각을 위성지구국으로부터 90° 지점을 지향시킨다면, 약 8dB의 간섭완화 효과가 있었다. 따라서 보호영역은 그림 2-9와 같이 줄어드는 것을 확인할 수 있었으며, 기지국 출력의 제한 및 차폐효과 등을 적용하면 보호영역의 면적이 크게 줄어들었다.

C-밴드 대역에서 5G 기지국으로부터 고정위성 수신에 전파간섭을 미쳐 일부 수신영역 내에 5G 기지국이 운용할 수 없는 것으로 나타났다. 그러나 고정위성 수신에 원활한 서비스를 위해 기지국의 배치, 안테나 주빔의 방향, 출력 제한 등 운용조건과 차폐물 설치를 통해 간섭을 완화한다면 보호영역은 비약적으로 줄어들 수 있음을 SMIS 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

[그림 2-8] 위성지구국 보호영역



[그림 2-9] 간섭완화 효과를 적용한 보호영역

2. 5G 이동통신과 항공이동업무 간 간섭 분석 및 완화 방안 연구

가. 간섭분석 시나리오 및 방법

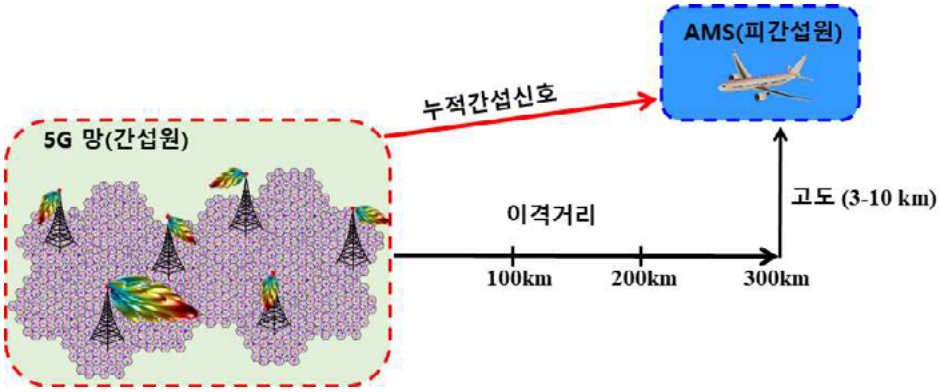
그림 2-10은 6GHz 이하 대역의 5G 망과 상공에서 운용되는 AMS(Aeronautical Mobile Service) 간에 발생할 수 있는 간섭 상황을 나타내고 있으며, 다중 5G 기지국의 누적 신호로부터 3-10㎞ 상공 및 100-300㎞ 이격거리에 있는 AMS 수신기가 전파간섭을 받는 시나리오를 확인할 수 있다. 현실적인 누적 간섭 현상을 분석하기 위해 실제 5G 망이 운용되는 유사한 환경을 구현하여 확률·통계적 분석방법인 Monte-Carlo 기법을 적용하였다.

AMS가 수신하는 누적간섭전력은 다음과 같은 식을 따른다.

$$I_{agg} = 10\log_{10}\left(\sum_{i=1}^{N_{BS}} 10^{(I_i/10)}\right) \quad (1)$$

여기서 N_{BS}는 5G 기지국의 총 개수로 분포면적을 기지국의 커버리지 영역으로 나눈 값으로 계산되며, i는 기지국의 인덱스, 그리고 I_i는 i번째 기지국의 단일 간섭전력(dBm)을 의미하며 다음과 같이 계산한다.

[그림 2-10] 5G와 AMS 간 간섭 시나리오



$$I_i = Pt_{BS} + G_{BS} + G_{AMS} - L_{free} - OTR \quad (2)$$

여기서 Pt_{BS}는 5G 기지국 출력(dBm), G_{BS}는 5G 기지국 송신안테나 이득(dBi), G_{AMS}는 AMS 수신안테나 이득(dBi), L_{free}는 송수신단 사이에서 발생하는 자유공간 손실(dB)[8], 그리고 OTR은 동일한 채널에서 두 시스템의 대역폭 차이에 의해 발생하는 송신전력 대비 수신전력 비(dB)를 의미한다. 위 식들을 통해 계산된 간섭전력을 AMS의 간섭보호기준과 비교하여 간섭 가능성을 확인하였으며, ITU-R의 권고와 보고서를 참고하여 무선국 제원과 안테나 패턴 등을 본 연구의 시스템 파라미터로서 적용하였다[4],[7],[9].

[표 2-11] 5G와 AMS 간 간섭분석 파라미터

구분	값		단위
	5G 기지국	AMS	
출력전력	46	-	dBm
송신 대역폭	10	-	㎒
수신 대역폭	-	5.76	㎑
셀 반경	0.6	-	㎞
안테나 이득 및 패턴	18[7]	14[9]	dBi
안테나 다운틸트	6	-	deg
운항고도	-	3-10	㎞
간섭보호기준	-	-116	dBm/㎒

나. 간섭분석 결과

그림 2-11은 5G 기지국으로부터의 누적간섭전력의 CDF를 나타내고 있다. CDF 곡선의 90%를 기준으로 이격거리가 100㎞인 경우 간섭전력은 -65.5dBm/㎒, 이격거리가 300㎞인 경우의 간섭전력은 -72.3dBm/㎒ 임을 알 수 있다. 이는 AMS의 간섭보호기준인 -116dBm/㎒를 초과할 확률이 10%를 만족하기 위해서는 5G 기지국으로부터의 간섭전력을 약 50.5dB와 43.75dB 만큼 각각 억압해야 한다는 것을 의미한다. 이격거리가 100㎞에서 300㎞로 약 3배 증가했음에도 간섭완화 효과는 약 7dB라는 낮은 수치를 통해 해당 간섭분석 시나리오에서 이격거리 설정은 효과적인 간섭완화 방안이 아님을 알 수 있다.

[그림 2-11] 누적간섭전력 CDF(간섭완화 효과 미적용)

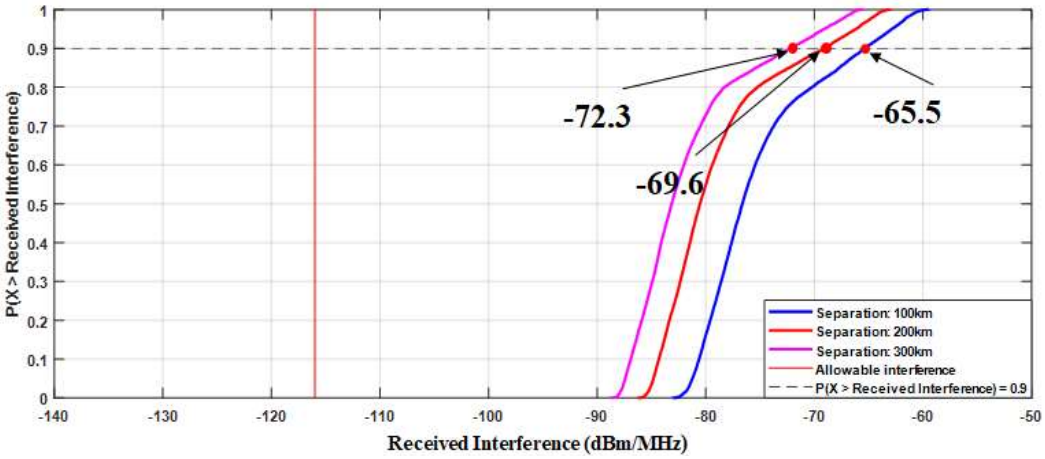


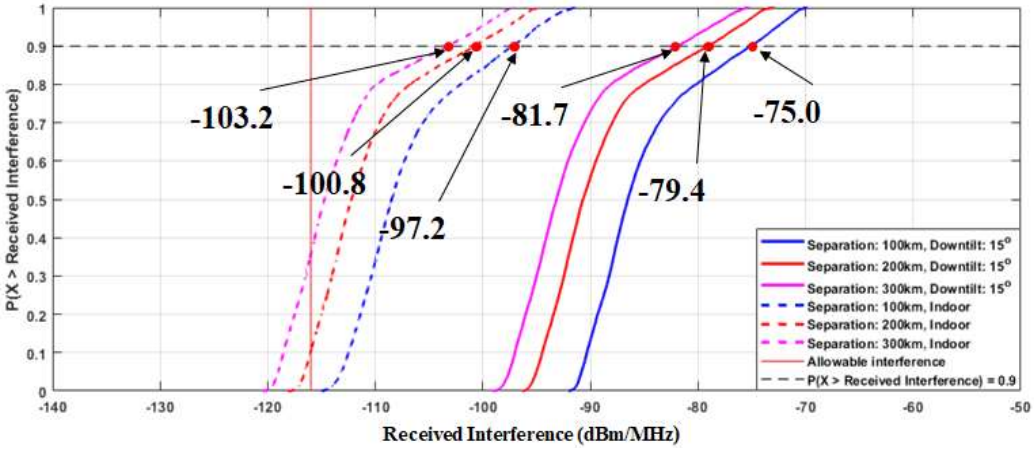
그림 2-12은 5G 기지국의 운용조건 조정을 통해 완화된 누적간섭전력의 CDF를 나타내고 있다. 실선으로 나타낸 CDF 곡선들은 기지국의 안테나를 15° 하향시킨 결과를 나타내며, 점선으로 나타낸 CDF 곡선들은 실내에서 기지국이 운용되었을 경우의 결과를 보여준다. 5G 기지국 안테나 하향을 통해서는 약 10dB 만큼, 실내운용을 통해서는 약 31dB 의 간섭완화 효과를 확인하였다.

표 2-12는 5G 기지국으로부터의 간섭전력이 AMS의 간섭보호기준을 초과할 확률이 10%를 만족하기 위한 필요억압을 보여주고 있다. 이는 이격거리가 100㎞인 경우 간섭완화 효과를 적용하지 않았을 때 50.5dB의 억압이 필요한 것으로 나타나지만, 기지국 안테나 하향과 실내 운용을 동시에 적용하였을 때는 9.3dB의 억압이 필요함을

보여준다. 여전히 5G 기지국으로부터의 간섭완화가 필요한 것으로 나타나지만, 도심 빌딩 등에 의한 추가적인 전파전달 손실과 실제 RF 운용 특성을 고려할 경우 간섭영향은 매우 미미할 것으로 판단된다.

또한 안전한 간섭완화 방안으로는 상호 주파수 이격을 통해 동일 주파수 간섭을 피하는 방법이 있을 것이다. 따라서 본 연구는 물리적 이격거리를 과도하게 확보하는 것보다 5G 기지국의 운용조건 조정을 통해 간섭을 완화하는 것이 효율적인 간섭완화 방안임을 제시한다.

[그림 2-12] 누적간섭전력 CDF(간섭완화 효과 적용)



[표 2-12] 간섭보호기준 초과 확률 10%를 만족하기 위한 필요억압

간섭보호기준 초과 확률 10%를 만족하기 위한 필요억압			
간섭완화 효과 적용	이격거리		
	100㎞	200㎞	300㎞
미적용	50.5dB	46.46dB	43.75dB
안테나 15° 하향 적용	41.01dB	36.63dB	34.33dB
실내효과 적용	18.83dB	15.2dB	12.8dB
동시 적용	9.3dB	5.1dB	2.6dB

제3절 국내 무선국 보호를 위한 간섭분석 및 국제등록

1. 5G 이동통신 등 주파수 지정검토 및 ITU 국제등록

5G 이동통신 시스템 개발과 통신시스템 설비의 성능실험을 위한 28㎓ 대역 등 5G 기지국/육상이동국과 자율협력 주행 등 미래교통 혁신 기반 조성을 위한 차세대 지능형교통시스템(C-ITS) 실증을 위해서 WAVE/C-V2X 기술방식의 노변기지국과 육상이동국을 지자체 등에서 신청한 무선국 지정검토를 추진하였다. 국내·국외 주파수 분배표에 신청 주파수의 용도와 기술기준의 적합여부 및 국제 기술동향 등을 확인하고 기 운용중인 무선국과 간섭영향을 분석하기 위해 시뮬레이션을 통해 주파수 지정 가능성을 검토하였다.

우리원은 인접국 방송위성 우주국 등의 전파유입에 의한 혼신 가능성으로부터 국제적 보호 권리를 확보하기 국내 대표 무선국을 ITU에 국제 등록하였다. 향후 기 운용중인 국내 무선국 보호는 물론이고 추후 도입되는 국내 전파자원 보호를 위해 체계적이고 지속적으로 국제 등록을 추진할 계획이다.

2. 한·중 양자 실무자 회담

한·중 양국은 WRC-19 회의에서 별도 논의를 통해 지상망 간섭 해소를 위한 양국 관계 전문가 실무회의를 갖기로 합의하였다. 코로나 사태로 인해 당초 계획된 대면회의를 온라인으로 전환하여 개최하였다. 양국은 6㎓ 이하 대역 각국에서 운용하고 있는 이동통신 무선설비, 위성망 국제등록과 운용현황 등을 공유하였다. 동일 주파수대역에서 이종망 간 잠재적인 간섭영향을 세부적으로 분석하기 위해서는 실제로 운용하고 있는 무선국 운용조건이 필요한 것으로 양국은 협의하였다.

우리나라는 중국의 다수 무선국으로부터 누적되는 유해 간섭을 고려하여 우리나라에서 운용하는 수신기 특성과 보호기준을 제시하고, 유해 간섭을 예방하기 위한 기술적 조건 필요성을 제안하였다. 중국은 유해 간섭 발생 시 조정 등 해소 절차를 제안하였다. 간섭영향 추가 검토를 위한 무선국 출력과 커버리지 등 세부적인 추가 정보를 제공하기로 합의하였다.

제3장

국내 5G 기술의 ITU 등 국제 표준화 대응

3장 국내 5G 기술의 ITU 등 국제 표준화 대응

제1절 5G 상용기술의 ITU 표준 반영

1. ITU-R WP5D 국제회의

5G 기술 국제표준화 논의를 위한 국제전기통신연합 전파부문(ITU-R) WP5D 국제회의가 제34차는 2020년 2월에 스위스 제네바에서 개최되었으며 코로나로 인하여 제35차(6월), 제36차(10월), 제36차bis(11월)는 온라인 미팅으로 개최되었다. 우리나라는 국립전파연구원과 TTA, 고려대, 한국 퀄컴 등 산·학·연 전문가 구성된 대표단이 참가하여 국가 기고서를 통해 우리나라 입장을 반영하였다. 국내 5G 상용기술을 ITU 표준에 반영시키기 위한 5G 후보기술 평가 작업을 선도하여 우리나라가 상용화한 5G 상세 기술규격을 반영한 ITU 신규 권고서 (M.IMT-2020SPEC)를 개발을 완료하였다. 이후 개발된 권고서가 상위그룹(SG5)와 주관청 회람을 통해 5G 기술 표준은 2021년 2월까지는 신규 권고서로 ITU 홈페이지에 발간 될 예정이다.

2. 주요 회의 결과

지난 2019년 4월 세계최초로 선보인 우리나라 5G 기술은 3.5㎓와 26/28㎓ 대역의 3GPP 표준에 기반 한 것으로 2020년 11월까지 ITU가 개발 중인 5G (IMT-2020) 무선접속 ITU 표준에 반영하기 위한 작업을 추진하였다. 두 차례에 거쳐 우리나라는 제안자(proponent)로서 국내 5G 기술 규격을 ITU의 5G 후보기술로 제안한 바 있다. WP5D 회의를 통해 접수된 3GPP, 한국 등 후보 기술을 대상으로 ITU 국제평가 그룹(IEG: Independent Evaluation Groups)에서 5G 3대 서비스(초성능·초지연 ·초연결)와 14개 기술성능 항목(전송속도, 지연시간, IoT 연결수 등)이 최종 평가 되었다.

ITU는 초고속/초연결/초신뢰·저지연이라는 5G 목표 서비스를 달성하기 위한 5G기술을 단일무선접속기술 RIT(Radio Interface Technology)와 복합무선접속기술 SRIT(Set of RIT)의 두 가지 형태로 정의하였다. 다시 해석해 보면 ITU는 5G 기술로 완전히 새로운 무선접속기술 외에도 기존 이동통신의 진화기술을 포함하여 여러 개의 무선접속기술들이 조합된 기술도 5G 후보기술로 제안할 수 있도록 하였다.

결론적으로 우리나라, 중국, 인도가 제안한 3GPP 기술 군 외에도 유럽표준단체(ETSI)가 제안한 DECT-2020NR(Digital Enhanced Cordless Technology)와 중국 Nufront사가 제안한 EUHT(Enhanced Ultra High Throughput)기술까지 총 5개 후보기술이 접수되었다.

첫 번째 후보기술은 3GPP의 기존 LTE 기술(RIT)과 NR(New Radio) 기술(RIT)을 조합한 복합무선접속기술(SRIT)이다. 5G 도입 초기에 LTE와 NR 기술이 연동하는 5G 비단독 모드(NSA : Non Stand Alone) 기술로서 ITU의 5G 요구 성능을 만족하는 기술로 평가되었다.

두 번째 후보기술은 ITU가 제시한 5G 요구사항을 충분히 지원하기 위해 개발된 3GPP의 5G 단일무선 접속기술(RIT)이다. 3GPP, 한국, 중국에 의해 제안되었으며 3.5㎓, 28㎓대역 3GPP 기술(Rel-15, 16)이 해당되며 ITU의 5G 요구 성능을 충분히 만족하는 것으로 평가 되었다.

세 번째 후보기술은 통신 커버리지 확대(최대 6km) 기술인 LMLC(Low Mobility Large Coverage) 기술과 3GPP NR을 조합한 기술로 인도 표준기관 (TSDIS)이 제안하였다. 특히 교외지역의 기지국 구축 비용을 낮출 수 있는 장점이 있으나 특수한 RF 필터가 요구되는 단점이 있으나 인도의 이동통신 기술시장을 고려하여 ITU 국제표준 기술로 평가되어 반영되었다.

네 번째 후보기술은 DECT-2020NR (Digital Enhanced Cordless Tech.) 기술이다. 3GPP의 NR기술과 DECT 진화기술을 조합한 복합기술(SRIT)로 유럽 표준기관(ETSI)이 제안하였다. 이는 유럽 디지털무선전화기 기술 시장은 물론 가정과 기업 사내망과 헤드셋 등 웨어러블 시장 고려하여 유럽 산업계가 제안하였으나 초연결과 저지연에서 일부 5G 요구 성능이 부족하여 ITU의 5G 표준대상 기술로 선정되지 못했다. 기존 DECT 기술의 진화 기술인 DECT-2020 component RIT의 경우 5GIA 평가그룹, 중국 평가그룹, 캐나다 평가그룹과 5GIF 평가그룹이 Urban Macro-mMTC와 Urban Macro-URLLC의 요구사항을 만족하지 못한다는 평가결과를 제출하였다.

다섯 번째 후보기술은 EUHT (Enhanced Ultra High Throughput) 기술이다. 무선랜과 유사한 중국 독자기술로 지하철, 고속도로 CCTV영상 전송에 응용,

IEEE 표준화에 실패한 기술이다. Nufront社 중국 민간기업 자체 기술로 대부분의 5G 요구 성능을 만족하지 못해 ITU의 5G 표준대상 기술로 선정되지 못했다. 중국 칭와대와 북경우전대 연합으로 구성된 Bnrist 평가그룹은 EUHT 기술이 IMT-2020 요구사항을 모두 만족함에 따라 IMT-2020 기술로 채택되어야 한다는 평가결과를 제출한 반면 다수 평가그룹들(5GIA 평가그룹, 캐나다 평가그룹, 5GMF 평가그룹, 5GIF 평가그룹 및 CIRAT 평가그룹)은 5개 시험환경 모두에 대하여 요구사항을 만족하지 못한다는 평가 결과를 제출하였다.

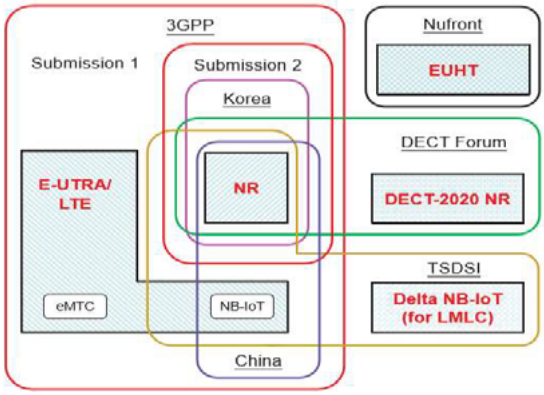
반면 3GPP 표준 기술과 일부 상이한 유럽 ETSI DECT와 중국 산업계 EUHT, 인도 TSDSI 기술은 평가그룹과 제안자 간 평가 결과에 찬·반 의견차이로 성능 평가 파라미터 조건 등 상세 기술규격 정보를 보완하여 재평가 후에 ITU 요구 성능을 만족한다면 2021년 하반기 IMT-2020(5G) 권고서의 1차 개정본에 포함시키는 절충안이 채택되었다

[표 3-1] IMT-2020 후보기술별 IEG 평가 결과

구 분	3GPP 기술		DECT 진화 기술	Nufront EUHT 기술
	3GPP 동일	3GPP 변형		
후보기술 제안자	3GPP (7개 표준기관) 한국 정부/중국 정부	TSDSI (인도)	ETSI (유럽)	Nufront (중국)
후보기술 구분	3GPP: NR+LTE(SRIT*), NR(RIT*) 한국: NR(RIT) 중국: NR+NB-IoT(RIT)	NR 수정(large cell 기술지원 필수화) + NB-IoT(RIT)	DECT-2020 NR(URLLC, mMTC) + 3GPP NR(eMBB)(SRIT)	EUHT (Enhanced Ultra High Throughput) (RIT)
기술 특징	3GPP 기술과 동일 (한국, 중국은 3GPP 주도 기술을 강조)	3GPP 기술규격의 단말 및 기지국 동작 추가·변경	유럽 디지털 코드 없는 전화 진화 기술(로밍, 핸드오버 등)	무선LAN기반에 OFDM, MIMO 등 기술 강화
국제평가그룹(IEG) 평가결과	성능 만족 (RIT: 10개 IEG SRIT: 5개 IEG)	성능 만족* (1개 IEG)	URLLC 성능 불만족 (2개 IEG)	성능 만족 (1개 IEG) eMBB, URLLC 성능 불만족 (3개 IEG)

* RIT란 5G NR 단일무선접속기술만으로 5G 성능을 지원하는 기술, SRIT란 5G NR 외 LTE 등 복수의 무선접속기술의 조합 기술을 말함

[표 3-2] 5G 후보기술간 연관성

5G 후보기술 제출 현황	5G 후보기술간 연관성
	〈 3GPP 동일 기술 〉 - 우리나라: 3GPP NR(New Radio) 기술과 동일 - 중국: 3GPP NR 및 NB-IoT와 동일 〈 3GPP 이외 기술 〉 - Nufront: 독자적인 EUHT 기술 - DECT Forum: 3GPP 5G NR 동일 부분 이외 DECT-2020 NR 기술 - TSDSI: 3GPP NR 및 NB-IoT과 동일 및 추가 정보 (커버리지 강화: LMLC(Low Mobility Large Cell)) 포함

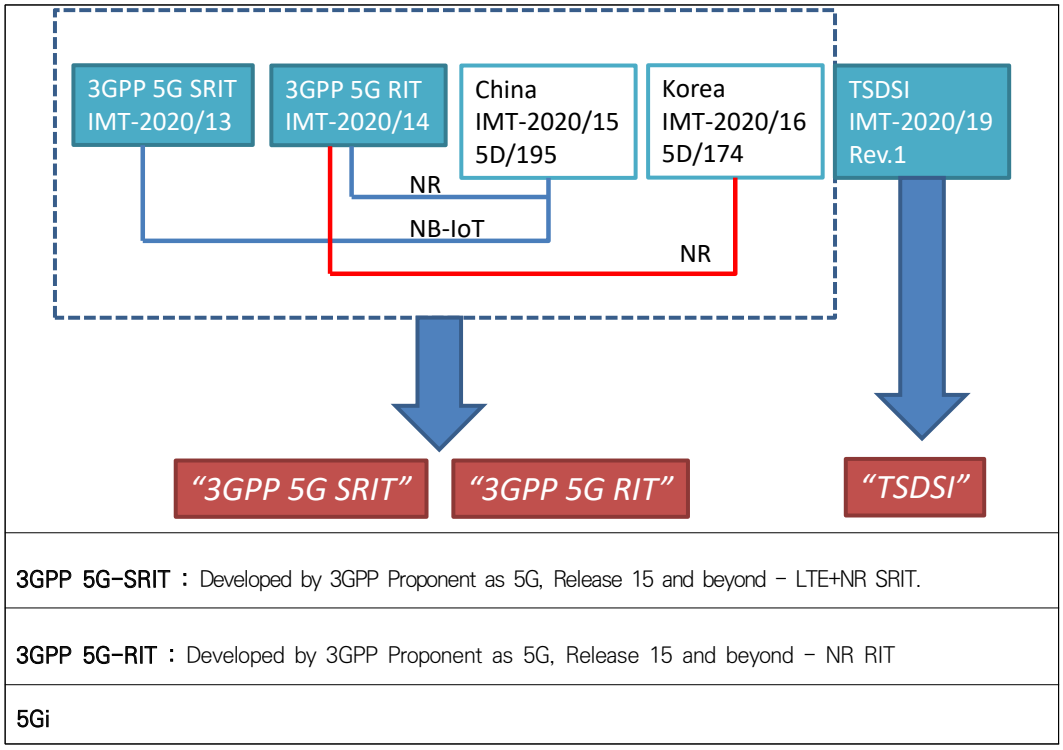
앞서 언급한 바와 같이 ITU의 5G 기술 국제표준화는 글로벌 로밍 등을 고려하여 5G 무선접속에 필요한 핵심코어 기술에 대한 신규 ITU 권고서를 제정함으로써 완성된다.

ITU는 권고서 본문에 선정된 표준대상 기술 이름만 권고(Recommend)하고 세부 기술 규격은 부속서(Annex)에 기술별로 수록하게 된다. 여기서 부속서에 기술하는 방식은 (GCS : Global Core Specification)와 (DIS: Direct Incorporated Specification) 두 가지로 정의된다.

GCS는 3GPP 등 민간사실표준 중 핵심코어규격의 표준 목록과 다운로드 링크 주소(URL) 만을 기술하는 방식으로 외부 표준기구(예 3GPP, IEEE)와 협력하여 기지국과 단말기 로밍과 호환성 확보에 필요한 무선접속기술, 코어네트워크 기술 등을 핵심코어규격(GCS)으로 선정하여 관리하는 방식이다. 4G 표준화까지 적용된 방식이다.

DIS는 후보기술 제안자가 세부 기술규격 내용을 직접 기술하는 방식으로 만약 중국 Nufront사의 EUHT 기술이 ITU 표준기술로 채택되었다면 적용 받게 되는 방식이다. 2020년 11월에 완성된 권고서에는 아래와 같이 '3GPP 5G-SRIT', '3GPP 5G-RIT', '5Gi' 3개 기술로 권고서 본문에 권고되고 부속서별로 각각의 표준 대상 기술이 GCS 방식으로 수록되었다.

[그림 3-1] 5G 후보기술 선정 결과 개요



우리나라 5G+ 전략의 국제표준화 일환으로 5G 융·복합 서비스의 버티컬 연구를 위한 ITU 신규 연구과제(Question ITU-R 262/5: usage of the terrestrial component of IMT systems for specific applications)가 우리나라 제안으로 2019년 10월 RA-19에서 최종 승인되었다. 우리나라 제안으로 5G 기반 자율주행통신, 스마트 공장, 스마트 시티, 스마트 헬스 등 산업 영역별 특화된 5G 응용 서비스 연구를 2023년까지 순차적으로 추진하는 작업방법과 일정수립 등 표준화 로드맵을 마련하였다. 5G 버티컬 분야 중 자율주행통신의 C-V2X 응용 보고서를 2021년 6월까지 개발하기로 하고, 3GPP, 5GAA를 포함한 외부 표준개발기관에 관련 연구 정보를 제출해 줄 것을 요청하였다. 아울러 5G 이후의 6G 준비를 위한 연구로 미래 이동통신 기술 트랜드 신규 ITU 보고서 개발과 이를 근거로 2021년부터 6G 비전 권고 개발을 준비를 논의하였다.

3.3㎓, 3.8㎓, 4.8㎓, 6㎓대역을 중심으로 5G 추가 주파수를 발굴하기 위한 2023년도 세계전파통신총회(WRC) 의제(AI 1.1, 1.2)와 2.7㎓ 이하 기존 IMT 대역에서 HAPS 기지국(HIBS) 연구 의제(AI 1.4)를 포함한 총 3개의 소그룹

작업반(SWG)이 신설되었다. 그 첫 단계로 간섭분석에 적용할 적절한 전파모델(SG3) 연구와 간섭원(IMT), 피간섭원(항공이동, 위성, 고정 등) 분석 파라미터 등을 3GPP와 지상망 연구반(SG5), 위성망 연구반(SG4) 등에 문의하는 등 관련 연구를 시작하였다. 각 연구반에서 WRC23 의제들의 본격적인 논의가 이뤄질 전망이다.

제2절 28㎓ 대역 5G 확산을 위한 노력

1. 제26차 아태무선그룹(AWG) 국제회의

아태무선통신그룹(AWG, APT Wireless Group)은 APT(Asia-Pacific Telecommunity, 아시아·태평양 전기통신협의체) 산하 그룹으로 아태지역의 주파수 스펙트럼 사용에 대한 지역적 조화를 촉진하고 효율적인 무선주파수 사용에 관현 협력 및 지원과 아태지역의 새로운 무선통신기술 및 어플리케이션 도입과 개발 촉진을 통한 APT 회원국의 이익 촉진을 위한 무선통신 관련 국제/지역 기구와의 교류 및 관련 권고와 보고서를 개발하는 등 무선통신 전반의 이슈를 다루는 회의체이다.

제26차 아태무선통신그룹(AWG-26) 국제회의는 2020년 9월 14일부터 18일까지 아태지역 회원국(25개국) 및 국제 기구 대표 등 총 546명이 코로나(COVID-19)로 인하여 온라인으로 진행되었다. 우리나라는 국립전파연구원(RRA), 한국정보통신기술협회(TTA), 한국전자통신연구원(ETRI), 한국방송통신전파진흥원(KCA) 및 삼성전자 등 총 42명이 참가하였다. 「5G+ 전략」 및 「5G+ 스펙트럼 플랜」 등 우리나라 주파수 정책의 성공적 이행을 위하여 ICT 기술 및 주파수 관련 아태지역의 표준화 대응체계를 강화를 도모하였다. 아울러 WRC-19 이후 APG와 WRC-23 의제 관련 아태지역 입장 정리에 필요한 기술연구를 주도함으로써 국내 입장을 APT 으로 적극 반영될 수 있도록 대응하였다.

이는 국내 무선통신 관련 기술기준 및 표준과 주파수 이용은 전파통신 정책 및 산업 경쟁력과 밀접한 관계가 있으며, 이를 APT 권고나 보고서에 반영하여 국내 산업 보호 및 성장 기반을 마련하는 기틀이 된다. 금번 회의에서는 한국의 주도로 AWG 조직 발전 및 구조 개편과 마스터 플랜 수립을 위한 서신그룹(Correspondence Group) 신설이 승인되었다. IMT 대역 주파수 보고서 개정 작업, 전기자동차용 무선전력전송 주파수 연구, 열차-선로 간 무선통신, 재난문자 알림 시스템 현황 등이 논의 결과를 도출하였다[11].

2. 주요 회의 결과

가. 24㎓ 이상 대역 공유 및 5G 확산을 위한 노력

우리나라는 28㎓ 대역 확산을 위하여 5G와 타 업무 간 공존을 위한 기술적인 조건에 대한 기고서 제출하였다. 그 내용으로 24㎓ 이상 5G 구현 보고서에 WRC-19 결과 및 한국의 경매 결과를 포함하여 작업문서 업데이트를 제안하고, 고주파 5G의 아태지역 확산을 위해 WRC-19 대역 및 28㎓ 대역에 대한 타 업무와 5G간 신규 공유연구 보고서 개발을 제안하였다.

그러나 회의 결과 중국, 인도, 사모아 등은 이미 WRC-19 결정을 위해 가동했던 TG5/1연구 결과에 따라 WRC-19에서 IMT 주파수를 지정하였으며, 그 외의 주파수 논의는 불필요하다고 반대함에 따라 다시 한번 ESIM/HAPS를 포함하여 27차 차기 회의에서 추가 공유연구하기로 하였고, 제28차 회의에 완료하기로 하였다. 우리나라는 IMT 지지 국가 및 산업계와 연계하여 28㎓ 대역 확산을 적극적으로 피력할 계획이다.

나. AWG 발전 방안 주도

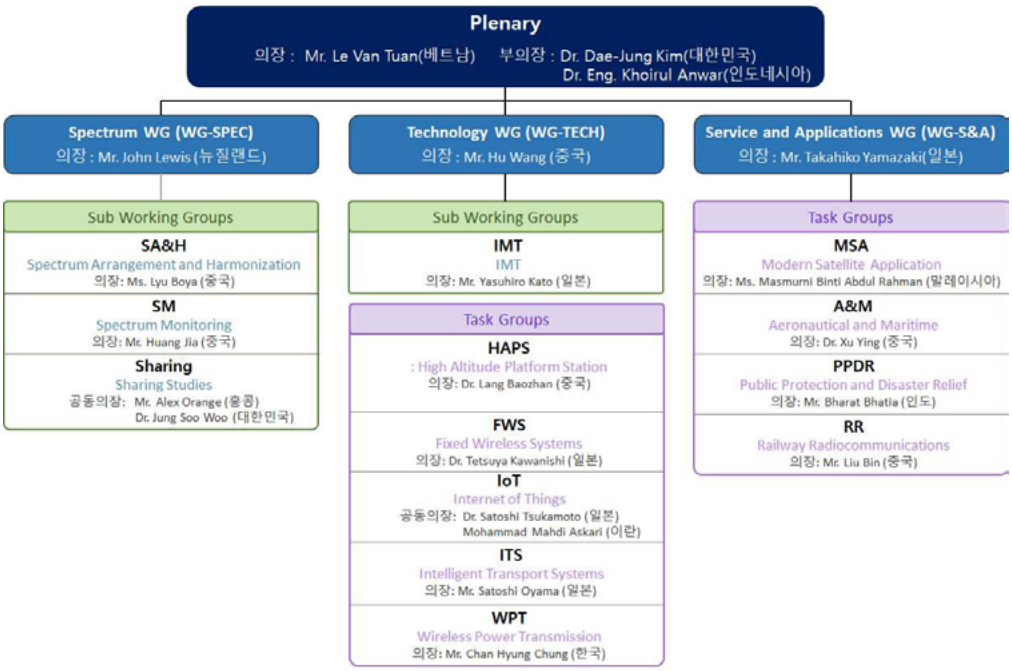
지난 제25차 아태무선통신그룹 회의에서 현 의장단의 임기가 2019년 9월 종료되어 의장단 선출이 진행되었다. 그림 3-1과 같이 AWG 부의장에 한국정보 통신기술협회 김대중 단장이 선출되었고, 기존 WG 의장을 수행하던 사항은 총회(Plenary) 부의장으로 선출됨에 따라 산하 WG 의장도 변경되었다.

이러한 인사 개편에 따라 아태무선통신그룹의 전반적인 발전 방안과 조직 구조 개편 등을 포함한 마스터플랜 수립을 위한 서신그룹(Correspondence Group) 신설이 합의된바 있으며, APT 사무총장은 비대면 회의 개최 근거 마련을 위한 규정(Working method) 개편 작업을 요청하였었다. 이에 우리나라는 일본과 공동기고를 통해 AWG 조직 개편과 발전방안(안)을 포함한 서신그룹 결성과 27차 회의에 개발 완료하자고 제안하였다. 또한 베트남, 일본, 인도네시아는 27차 회의에서 우선순위로 다루어야할 아이템 등을 제안하였다.

회의 결과 13개의 작업 우선순위 항목에 대한 명칭과 기간(2021~2023년)에

합의하였고 서신그룹 신설이 승인 되었다. 또한 정규회의 및 임시 회의에 대한 온라인 및 하이브리드 회의 개최를 가능하도록 작업방법 개정안을 만들었다. 이에 따라 향후 GSA(에릭슨 등) 멤버들이 SWG(Sub WG) IMT 그룹의 임시회의 개최를 적극 활용할 것으로 예상됨에 따라 이에 대한 아태지역 구조화 가능성에 대한 검토가 필요할 것으로 보이며, 우리나라는 서신그룹 의장(김대중 단장)을 수임함에 따라 AWG의 조직개편 및 발전방안 등을 포함한 마스터플랜(안) 작업을 완료할 예정이다.

[그림 3-2] AWG 조직도 현황



다. 1.4㎓/2.1㎓/4.8㎓ 대역 IMT 주파수 배치 보고서 이슈에 대한 대응

국내 무선국 보호를 위한 대응을 위해 제안했던 1.4㎓/2.1㎓/4.8㎓ 대역 IMT 주파수 배치 이슈는 다음과 같이 진행되었다. 4.8㎓ 대역은 TDD로 접속 방식을 정의하는 초안이 마련되었지만 우리나라는 국내 상황을 고려하여 ITU-R 연구진행 중임을 이유로 연기를 주장하였으며, 제25차 회의에서 중국 및 베트남 등 다수 국가는 완료를 주장하였으나, WRC 의제와 관련이 된 사항으로 금번 회의에 우리나라에서 아태지역 조화주파수는 전파규칙의 항공이동 보호 조건을 따라야 한다는 문장을 삽입하여 보고서 개발을 완료하였다. 2.1㎓ 대역은 중국이 자국의 위성보호를 위해

결의 212의 일부를 발췌하는 문장을 제안하였다. 이에 회의 시 우리나라와 일본은 보고서 개발에 추가적인 논의가 불필요하고 결의의 일부만 발췌하는 것은 보고서 개발 목적에 혼란을 야기할 수 있음을 강조하였다. 결과적으로 이에 우리나라는 27차 차기회의에 관련 결의 212의 위성/지상 IMT 보호를 위한 가이드라인을 추가하여 간섭완화방안 제안을 검토할 계획이다. 1.4㎓ 대역은 일본, 삼성 등 산업체가 보고서를 완료하고자 제안 하였으나 뉴질랜드, 인도, 사모아, 인마셋 등이 공유연구가 마무리 되지 않아 추가 연구가 필요함을 주장하였고, 결국 개발이 완료되지 못하고 차기회의에 추가 논의하기로 하였다.

라. 5G 총복사전력 측정 신규 제안

우리나라는 5G 표준화 및 시스템 구축 이후 총복사전력 측정방법 관련 이슈가 아태지역에서 부각되고 있어 관련 신규 보고서 개발을 제안하였다. 이번 회의를 통해 5G mmWave 측정 방식의 특성에 따라 관련 연구의 필요성에 대한 공감대를 형성하였으며, 차기 회의에서 아태 회원국을 대상으로 5G 측정 관련 설문을 진행하기로 하였다. 차기회의에 설문조사 항목 준비 및 국내에서 개발 중인 총복사전력(TRP) 측정 방법을 소개할 것이다.

제3절 WRC-23 대응을 위한 아태지역 의장단 진출

APG-23(APT Conference Preparatory Group for WRC-23)는 WRC-23 대응을 위한 APT 회원국의 사전준비회의로 통상 WRC 개최 전에 5회 개최된다. ’23년 개최되는 WRC-23 회의를 대비하여, 아·태지역 공동대응을 위한 APG-23 조직구성, 의장단 선출 및 주요 활동계획 등이 논의 된다. 이번 APG 회의는 ‘20년 9월 24일부터 25일 2일간 전자회의로 진행되었다.

우리나라는 과학기술정보통신부 주축으로 유관부처 및 관계자 등으로 한국 대표단을 구성하여 회의 참가· 대응하였다. APG 의장 연임(위규진)을 추진하고, 업무작업반(Working Party) 및 실무작업반(Drafting Group) 의장을 우리나라 전문가 수임할 수 있도록 적극 대응하였다. 이에 의장에 위규진(한국) 박사가 연인하게 되었고, 부의장에 Zhu Keer(중국), Muneo Abe(일본), 편집위원장에 Christopher Hose (호주), 특별자문 위원에 Kavouss Arasteh(이란), 작업반 의장에 우리원 임재우 연구관을 포함하여 7명이 선출 되었다.

[표 3-3] APG-23 작업반 및 의제 현황

작업반		담당의제	의장(국가명)
WP1	고정 이동 방송	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 9.1 Topic c) 결의 175 제21조5	Dr. jaewoo LIM (한국) Dr. Hiroyuki Atarashi (일본)
WP2	항공 해상	1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11 결의 427	Mr. Bui Ha Long (베트남)
WP3	과학	1.12, 1.13, 1.14 9.1 Topic a) 결의 657 9.1 Topic d) WRC-19 Doc. 535 결의 655	Mr. Wahyudi Hasbi (인도네시아)
WP4	위성	1.15, 1.16 1.17, 1.18 1.19, 7	Ms. Fenhong Cheng (중국) Mr. Mrunmaya Pattanaik (인도)
WP5	일반	2, 4, 8, 10 9.1 Topic b) 결의 744	Mr. Taghi Shafiee (이란)

실무작업반(DG, Drafting Group) 의장은 각 주관청이 DG 의장 후보자를 10월까지 APT로 제출하고, 해당 WP의장이 APG-23 의장과 논의 후 APG23-2 회의에서 확정할 예정이다. APG는 WRC-23 개최 전, 총 6회의 회의를 개최하여 차수별 결과를 도출하고 최종 APT 공동 제안서 마련 등 WRC-23에 대응할 계획이다.

제4장

결 론

제4장 결 론

본 연구에서는 5G 서비스 고도화를 위해 기술기준 제도 정비와 5G 추가주파수 확보를 위한 혼·간섭 연구를 수행하였다. 28㎓ 대역의 부차적전파발사, 스퓨리어스발사, 출력허용편차 등 완화된 국제규격과 WRC-19 후속조치에 따른 전파규칙 개정사항을 전기통신사업용 무선설비의 기술기준 개정을 추진하였다. 5G+ 스펙트럼플랜에 따라 5G 서비스 커버리지 및 용량 확장을 위해 추가 주파수 확보 계획을 추진하기 위해 기존 무선국의 원활한 서비스와 5G 이동통신 간 합리적인 주파수 공존을 위한 주파수 확보·공급 방안을 모색하였다. 5G 이동통신 시스템 개발과 통신시스템 설비의 성능실험을 위한 무선국을 간섭분석 하였고, 인접국의 전파유입에 의한 혼신으로부터 국내 5G 이동통신 무선설비를 보호하기 위해 대표 무선국을 ITU에 등록하였다. 또한, 한·중 양국 간 6㎓ 이하 주파수 대역의 원활한 운용을 위해 전문가 실무회의를 통해 지상망 간섭 해소 방안을 협의하였다.

국내 5G 상용기술을 국제 표준에 반영시키기 위한 WP5D, AWG(아태무선그룹), APG 국제회의 표준화 활동 적극 추진하였다. 국내 5G 상용기술을 ITU 표준에 반영시키기 위한 5G 후보기술 평가 작업을 선도하여 우리나라가 상용화한 5G 상세 기술규격을 반영한 ITU 신규 권고서(M.IMT-2020SPEC)를 개발을 완료하였다. 이후 개발된 권고서가 상위그룹(SG5)와 주관청 회람을 통해 5G 기술 표준이 권고될 것으로 예상된다.

제26차 아태무선통신그룹(AWG-26) 국제회의는 우리나라 주도로 AWG 조직 발전 및 구조 개편과 마스터 플랜 수립을 위한 서신그룹(Correspondence Group) 신설이 승인되었다. IMT 대역 주파수 보고서 개정 작업, 전기자동차용 무선전력전송 주파수 연구, 열차-선로 간 무선통신, 재난문자 알림 시스템 현황 등이 논의를 결과를 도출하였다. 세계 최고 5G를 넘어 5G+ 융합 확산과 세계 최초 6G를 위한 표준화 준비 도 지속적으로 수행해 나갈 것이다.

[참고문헌]

[1] Base Station(BS) radio transmission and reception, 3GPP TS 38.104 V16.4.0), Jul, 2020.

[2] User Equipment(UE) radio transmission and reception, 3GPP TS 38.101-2 V16.4.0), Jul, 2020.

[3] Base Station(BS) radio transmission and reception, 3GPP TS 38.104 V1.0.0), Dec, 2017.

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

[5] *Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz*, document Rec. ITU-R P.452-16, Jul, 2015.

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

[7] *Reference radiation patterns of omnidirectional, 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.

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

[9] *Mathematical models for radiodetermination radar systems antenna patterns for use in interference analyses*, document Rec. ITU-R M.1851-1, Jan, 2018.

[10] 제34차 ITU WP5D 회의, TTA저널 188호, 3/4월호 2020.

[11] 제26차 아태무선그룹(AWG-26) 국제회의결과, TTA저널 192호, 11/12월호 2020.

5G 서비스 고도화를 위한 전파이용 제도 정비에 관한 연구

국립전파연구원
National Radio Research Agency

(58323) 전남 나주시 빛가람로 767
발 행 일 : 2020. 12.
발 행 인 : 김 정 렬
발 행 처 : 과학기술정보통신부 국립전파연구원
전　　화 : 062) 338-4414
인　　쇄 : (사)중증장애인복지협회 도둠
Tel. 062) 363-4454

ISBN : 979-11-5820-177-7　〈 비매품 〉

- 주　의 -

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

국립전파연구원
National Radio Research Agency

58323 전남 나주시 빛가람로 767(빛가람동)
http://www.rra.go.kr

비매품
93560
9 791158 201777
ISBN 979-11-5820-177-7