

# 스마트공장용 로컬 5G의 효과적 도입을 위한 공동사용정책방안

## A Spectrum-Sharing Policy to Implement Effective Local 5G for Smart Factories

김 영 문 · 윤 영 중\*

Youngmun Kim · Young Joong Yoon\*

### 요 약

본 논문은 스마트공장내에서 이용되는 UWB센서와 로컬 5G 단말간에 간섭분석을 실시하여 기존의 간섭확률 외에 점유시간비율, 간섭회피기술 등을 고려한 간섭분석을 통해 추가적인 간섭 판정기준 도입의 필요성을 제기하였다. 또한 무선인지기술(CR), AFC 시스템 도입, 공동사용제도 개선 등을 통하여 스마트공장용 로컬 5G의 효과적 도입을 위한 공동 사용정책에 대한 기술적 · 제도적 개선방향을 제시하였다. 이를 통하여 성공적인 로컬 5G 정책도입에 기여하고자 한다.

### Abstract

In this study, interference simulations are performed between the local 5G service and ultra-wideband sensors in a smart factory environment. Moreover, the necessity of introducing various interference determination criteria, such as the duty cycle and application of interference avoidance technology, in addition to the existing interference probability is evaluated. This study also suggests improvements in both the technology and policy for an effective introduction of local 5G after carefully reviewing cognitive ratio, automatic frequency coordination, and spectrum-sharing policy. As a result, the proposed scheme will greatly benefit the policy makers.

Key words: Local 5G, Coexistence, Interference, Spectrum-Sharing, Smart Factory

### I. 서 론

로컬(local) 5G는 초저지연 · 광대역, 네트워크 슬라이싱 등 주요 5G 기술을 특정지역(구역)내에서 최적화된 형태로 제공하여 기업이나 지자체 등의 맞춤형 5G 자가망을 구축할 수 있도록 하는 정책이다<sup>[1]</sup>.

국내는 '20년 1월에 로컬(local) 5G 정책방안을 발표하여 로컬 5G 주파수로 29 GHz, 4.7 GHz 대역을 지정한 바 있다. 이미 '19년부터 각국에서 로컬 5G 정책을 활발히 추진 중이다. 우선 관련 해외사례를 살펴보면 먼저 영국<sup>[2]</sup>

은 '19년 12월부터 1.8 GHz, 2.3 GHz, 3.8~4.2 GHz, 26 GHz 등 4개의 공동사용대역(shared access band)을 저전력과 중전력으로 구분하여 '20년 12월에 브리티시텔레콤 등에 794개의 로컬 5G 면허를 부여하였다.

독일<sup>[3]</sup>은 자동차 등 제조업 경쟁력 강화를 위해 '19년 11월 3.7~3.8 GHz 대역을 로컬 5G로 지정한 이후 '20년 12월에 24.25~27.5 GHz 대역을 추가로 지정하여 보쉬 등에 로컬 5G '면허를 부여하였으며, 일본<sup>[4]</sup>은 '19년 12월부터 4.6~4.8 GHz와 28.2~29.1 GHz 대역에서 통신사, 대학에게 로컬 5G 면허를 부여하고, 기지국 출력을 제한하

연세대학교 기술정책대학원 박사과정(Graduate Program in Technology Policy, Yonsei University)

\*연세대학교 전기전자공학부(School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

· Manuscript received July 02, 2021 ; Revised July 15, 2021 ; Accepted July 24, 2021. (ID No. 20210702-069)

· Corresponding Author: Youngmun Kim (e-mail: youngmunk@gmail.com)

여 실외용으로 4.8~4.9 GHz 대역을 추가하였다. 미국 FCC<sup>[5]</sup>는 기존 위성 및 레이다 대역인 3.55~3.7 GHz 대역을 병원, 대학, 기업에게 로컬 5G로 제공하였다. 공동사용 방식으로 CBRS(citizens broadband radio services)를 3계층에서 나누어 군(1계층)과 경매로 할당받은 사업자(priority access license, 2계층)다음에 비면허 형태로 이용하게 된다. 특히 미국은 공공용 주파수의 공동사용을 촉진하는 정책을 추진하고, 가용 채널을 실시간에 자동으로 선택하는 AFC (automatic frequency coordination) 시스템을 도입한 것이 특징이다.

로컬 5G는 초기에는 공장자동화와 CCTV 영상관제 용도로 주로 사용될 것으로 예상된다. 로컬 5G의 성공적인 정착을 위해서는 기존 이동사의 상용 5G 기업용서비스보다 비용절감과 보안성 등 장점을 살리면서 자동정밀조립, 초저지연, 초고용량 등 5G의 기술적 우위를 얼마나 보장하느냐가 중요하다.

로컬 5G사업자는 전기통신사업법에 따라 자가망 설치자로 신고하거나 기간통신사업자로 등록할 수 있고, 주파수는 전파법상 간섭분석을 거쳐 지정받을 수 있다.

현재 로컬 5G 대역으로 공고된 29 GHz 대역은 상용 5G 인접대역으로 향후 신청되는 서비스 유형, 설치장소 등에 따라 적절한 간섭분석이 필요하다. 4.7 GHz 대역에서는 현재 UWB(ultra-wideband), 마이크로웨이브(M/W) 중계, 군 무인기 등이 사용 중인데, M/W는 대부분 해안지역에서 사용되고 있어 로컬 5G와 지역적으로 공동사용이 가능하고, 군에서 사용 중인 무선국은 간섭분석을 통하여 이격거리 설정 등이 필요하다. 본 연구의 간섭분석은 스마트공장내에서 사용되는 UWB와 로컬 5G간에 효과적인 공동사용, 공존연구로 한정한다.

4.7 GHz 로컬 5G는 공동사용형태로 사용되는 데 할당된 주파수를 회수하는 데는 많은 비용이 소요되기 때문에 앞으로 이러한 공동사용에 대한 논의가 확대될 것으로 예상된다. 주파수의 공동사용이란 둘 이상의 주파수 이용자가 동일한 범위의 주파수를 상호 배제하지 아니하고 사용하는 것을 말한다(전파법 제2조 제1항제4호의5). 공동사용기술로 에너지 탐지(detection)방식의 센싱기술은 송수신기가 멀리 떨어져 있거나 장애물 등이 있는 경우(은닉노드(hidden node) 문제) 인식율이 높지 않다. 한편,

DB(DataBase) 기반기술의 경우, 관련 무선국 정보를 수시로 업데이트해야 하고, 응답시간 지연 등의 문제가 있어 최근에 센싱과 DB기술을 결합한 AFC 기술적용이 추진되고 있다<sup>[6]</sup>. 현재 국내도 미국의 AFC와 같은 공동사용기술에 관한 연구개발을 추진 중이다.

주파수 이용방식에서 공동사용은 면허와 비면허 대역 기반으로 구분된다. 면허대역을 기반으로 공동사용되는 사례가 TVWS(TV White Space)이다. 국내도 '15년부터 방송대역에서 유람선 와이파이, 산불감시 용도로 1개 사업자가 TVWS 서비스를 운영 중이나, 출력이 제한적이고 비즈니스모델이 부족하여 아직 활성화가 더딘 상황이다.

'14년에 3GPP는 LTE-LAA(licensed-assisted access)표준, '20년에 5G NR-U(new radio-unlicensed)표준을 제정하여 면허기반으로 쓰이던 이동통신기술을 비면허대역에 적용했다. Wi-Fi 진영(WFA)도 '20년에 5G급 성능을 가지는 Wi-Fi 6E 규격을 발표하였다. 국내도 '20년 12월에 6 GHz 대역에 Wi-Fi 6E 규격을 기술기준에 도입하면서 5G NR-U기술의 사용가능성도 열어놓았다. 이와 같이 기술의 발전과 융합이 가속화되면서 공동사용정책도 이러한 변화에 맞는 대응이 요구된다. 그러나 아직 면허기반은 기존 면허사용자 보호로 신규사업자 진입이 어렵고, 소출력 중심의 비면허 쪽은 대역폭이나 성능부족으로 혁신적인 서비스 개발 지원에 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 6 GHz 대역 이하에서 스마트공장내에서 사용되는 UWB와 로컬 5G간에 간섭 영향 분석을 실시하여 추가적인 간섭판정기준 도입의 필요성을 검토하고, 무선인지기술, AFC 시스템 도입, 공동사용제도 개선 등 기술적·제도적 개선방향을 제시하고자 한다.

## II 공동사용 조건 및 간섭 분석

### 2-1 공동사용 조건 분석

스마트공장에서 일부 이용되고 있는 Wi-Fi, LoRa(Long Range), LTE-M(Category M1) 등의 IoT(internet of things) 서비스는 ISM대역(2.4 GHz, 5.8 GHz) 등을 이용하고 있고, 협대역서비스로 간섭원으로 작용할 영향은 미미하다. 다만 UWB는 광대역서비스로 3~10 GHz에서 CCTV 관제, 위치추적용도로 사용 중인데, 공장내 증가하는 산업재해

때문에 안전관리용으로 사용이 늘어나는 추세다. 따라서 본 연구에서는 공장에서 지게차로 물류운반시 주변에 작업자, 벽, 위험지역 등에 접근할 때 충돌방지를 위한 경보를 발송하는 역할을 하는 UWB 센서를 간섭분석 대상으로 하고, 주파수는 4.243~4.742 GHz, 대역폭은 500 MHz를 사용한다.

표 1과 표 2의 보호 기준(C/I), 수신 감도 등의 간섭 파라미터는 ITU<sup>[7]</sup>, 3GPP<sup>[8],[9]</sup> 등의 표준 규격을 참조한다. 간섭 여부 판단은 3GPP와 유럽 CEPT 등에서 제시하는 C/I 기준값과 간섭확률 기준(5 % 이하) 등을 기준으로 한다.

표 1의 UWB 센서의 출력, 안테나이득 등은 국내 기술

표 1. UWB 센서 성능 파라미터

Table 1. UWB sensor parameter.

Parameter	Value
주파수	4.5 GHz
대역폭	500 MHz
출력	-41.3 dBm/MHz
안테나 높이	1.9 m
안테나 이득	3 dBi(송신), 0 dBi(수신)
송신기 밀도	500 km <sup>2</sup>
보호 기준	10 dB(C/(I+N))
송신기 개수	25개(지게차나 위험지역, 벽 등에 부착)
수신 감도	-70 dBm
셀 반경	20 m

표 2. 로컬 5G 성능 파라미터

Table 2. Local 5G interference parameter.

Parameter	값	
	기지국	이동국
주파수	4.75 GHz	
대역폭	100 MHz	
출력(dBm/100MHz)	24 dBm	23 dBm
안테나 높이	3 m	1.5 m
안테나 이득	0 dBi	-4 dBi
송신기 밀도	100 km <sup>2</sup>	
보호 기준(C/I)	19 dB	
기지국 개수	1개/0.1 km <sup>2</sup>	
수신 감도	-72 dBm	

기준<sup>[10]</sup>과 인증제품 규격을 인용하였고, 송신기는 직경 100 m 공장에 시설물과 지게차 등에 총 25개가 설치된 것으로 가정하고, 최대센싱거리(40 m) 등을 감안하여 안테나 높이, 셀 반경 등을 정하였다.

표 2에는 ITU-R에서 정의<sup>[7]</sup>한 Indoor small cell 규격에 따라 로컬 5G의 출력과 안테나 높이, 이득 등을 정의하였고, 기지국은 공장(높이 3.5 m, 100 m×100 m) 정중앙에 3 m 높이로 1대가 설치되고, 단말은 공장내에 로봇팔, 컨베이어, Actuator 등 다양한 시설·장비나 작업자에 부착되어 있거나 직접 들고 사용하는 형태를 가정하였다.

## 2.2 간섭 시나리오

간섭 시나리오는 UWB 송신기가 로컬 5G 기지국과 단말에 주는 간섭, 로컬 5G 기지국과 단말이 UWB 수신기에 주는 간섭 등 총 4가지를 고려한다. 그림 1의 간섭시나리오는 로봇을 이용한 자동화 공정 등을 갖춘 지방 산단 지역의 스마트공장의 실내에서 UWB 송수신기와 로컬 5G가 자유롭게 움직이면서 발생가능한 간섭상황을 가정한다.

## 2.3 경로손실 계산

경로손실은 고주파 대역을 사용하는 5G의 다중경로와 지연확산 특성을 반영하여 IMT-2020 채널모델개발에 사용된 모델을 대상으로 검토하였다. EU에서 IMT- Advanced를 목표로 개발한 WINNER II는 2~6 GHz의 MIMO (multiple input multiple output) 환경을 지원하고, 3GPP TR 38.901(0.5~100 GHz)는 실내공장시나리오에서 각종 기

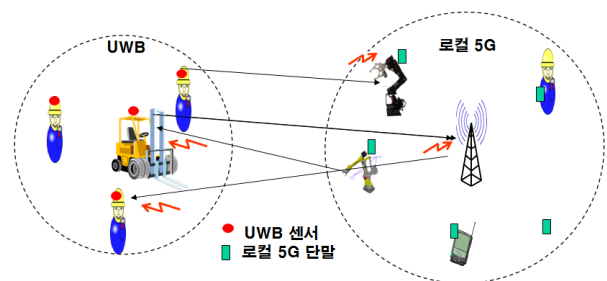


그림 1. 간섭시나리오 구성도

Fig. 1. Interference scenario diagram.

계설비에 의한 클러터손실을 유형별로 분석하고 있는 것이 특징이다. 한편, 802.11모델은 '04년에 2 GHz와 5 GHz 무선랜용 전파모델로 개발되었다.

주파수 4.75 GHz, 송수신 최대거리 100 m, 벽면이 없는 단층공장에 LOS(line of sight)환경을 가정하고, 간섭원인 UWB 송신기와 희생원인 로컬5G 단말간에 경로손실값을 계산한다. 먼저 802.11 모델<sup>[11]</sup>은 식 (1)과 같다.

$$L_{\text{total}} = L_{\text{indoor}}(d) + L_{\text{floor}} + L_{\text{wall}}$$

$$L_{\text{indoor}}(d) = L_{\text{FS}}(d), \text{ if } d \leq d_{\text{BP}} (L_{\text{FS}}(d) \text{는 자유공간손실})$$

$$L_{\text{indoor}}(d) = L_{\text{FS}}(d_{\text{BP}}) + 35 \log_{10}(d/d_{\text{BP}}), \text{ if } d \geq d_{\text{BP}} \quad (1)$$

$L_{\text{floor}}$ 와  $L_{\text{wall}}$ 는 층과 벽의 투과 손실로 여기서 모두 0임.  $d_{\text{BP}}$ 는 breakpoint distance로 여기서  $d_{\text{BP}}$ 는 10 m를 적용.

마찬가지로 식 (2)의 3GPP TR 38.901 모델<sup>[12]</sup>과 식 (3)의 WINNER(Wireless World Initiative New Radio) II 모델<sup>[13]</sup>을 적용하여 그림 2에 3개 모델에 의한 거리에 따른 경로손실을 비교하였다.

$$L_{\text{indoor\_factory}} = 31.84 + 21.5 \log_{10}(d) + 19 \log_{10}(f) \quad (2)$$

$$L_{\text{indoor\_hotspot}} = 13.4 \log_{10}(d) + 36.9 \quad (3)$$

그림 2의 계산 결과를 보면 802.11와 3GPP, WINNER II 모델순으로 손실값이 작아진다. 모델간에 8.9~37.2 dB의 손실값의 차이가 발생한다. 따라서 복잡한 공장내 전자계설비, 시설물의 재질별 반사·투과율과 5G 주파수 특성에 맞는 손실값 계산과 광선추적법기법을 통한 스마

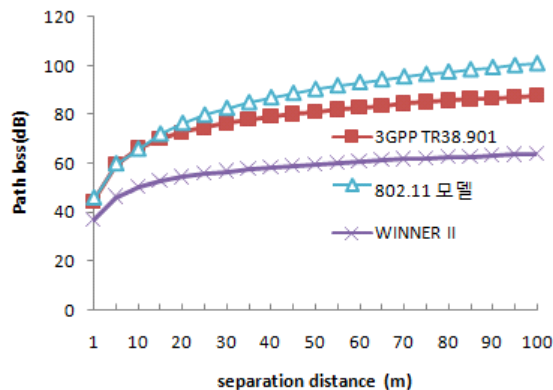


그림 2. 전파모델별 경로손실  
Fig. 2. Path loss by propagation models.

트공장 전용전파모델 개발이 필요하다. 특히 대다수 NLOS (non loS)환경인 공장환경에서는 RDS(rms delay spread) 등 파라미터분석을 통한 다중경로특성과 클러터손실연구가 요구된다. 현재 ITU SG(study group)3에 에릭슨, 노키아 등이 각국의 측정데이터와 공장내 다양한 클러터손실에 대해 연구하여 스마트공장 전용모델을 수년내에 ITU표준으로 제정할 것으로 예상된다. 또한 향후 공장내에 실제 로컬 5G시스템 구축이후 실측값과의 평균제곱근 오차 비교를 통하여 모델의 유효성에 대한 추가 검증 작업이 필요하다.

## 2.4 간섭 분석

다수의 간섭원으로부터 누적되는 총 간섭확률을 통계적으로 예측하는 MC(Monte Carlo)방법인 SEAMCAT(Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)을 사용하기 위하여 움직이는 지게차나 작업차에 부착된 로컬 5G 단말기와 UWB 기기를 반경 50 m내에 임의로 분포시켜 총 2만회 시뮬레이션을 실시한다. 경로손실모델은 로컬 5G 송수신과 로컬 5G와 UWB간의 전송구간은 다중경로, 클러터손실이 반영된 3GPP 모델을 적용하고, WB 송수신구간은 802.11 모델을 사용하였다.

표 3의 4개 시나리오별 결과, UWB 송수신기와 로컬 5G 단말과 기지국에 주는 간섭확률이 간섭기준 5%를 초과하여 모두 간섭이 발생한다고 판정할 수 있다. 그래서 간섭을 줄여 공존 가능성을 높이기 위하여 본 연구에서는 출력, 거리, 점유시간 등 다양한 파라미터별로 간섭 완화방법을 검토한다. 이를 위하여 표 3의 4개의 시나리오 중에서 다양한 시설·장비나 움직이는 작업자 등에서 이용되어 거리, 점유시간 등 파라미터에 대한 영향이 높은 로컬 5G 단말기가 UWB 송신기로부터 받는 간섭을 대상

표 3. 시나리오별 간섭확률

Table 3. Interference probability by scenario.

간섭원	희생원 (Victim)	간섭확률
UWB 송신기	로컬 5G 기지국	30.1 %
UWB 송신기	로컬 5G 단말	29.4 %
로컬 5G 단말	UWB 수신기	14.3 %
로컬 5G 기지국	UWB 수신기	9.1 %

으로 먼저 출력, 거리 변화에 따른 간섭확률 저감효과를 살펴본다.

우선 UWB 센서의 불요발사 레벨을 조정하여 간섭영향을 분석해 보면 그림 3과 같이  $-48.5$  dBm에서 누적간섭확률 5 % 값을 갖는다. 다만 이미 기술기준에 따라 인증( $-41.3$  dBm)되어 사용 중인 UWB 센서에 필터를 설치하여 간섭을 줄이는 것은 비용이 많이 소요된다.

또한 표 4처럼 이격거리별 간섭확률을 보면 UWB 센서로부터 로컬 5G 단말이 40 m 이상은 이격해야 간섭확률이 5 % 이내로 감소함을 알 수 있다.

그러나 간섭원과 희생원이 모두 무작위로 움직이는 상황에서 거리이격은 간섭완화 방법으로 현실성이 떨어지므로 본 연구에서는 채널의 점유시간, LBT(listen before talk)를 중심으로 추가적인 간섭저감·회피방안을 알아본다.

먼저 표 5의 송신기의 점유시간(duty cycle)에 따른 영향을 비교해 보면 간섭원인 UWB센서가 탑재된 지계차

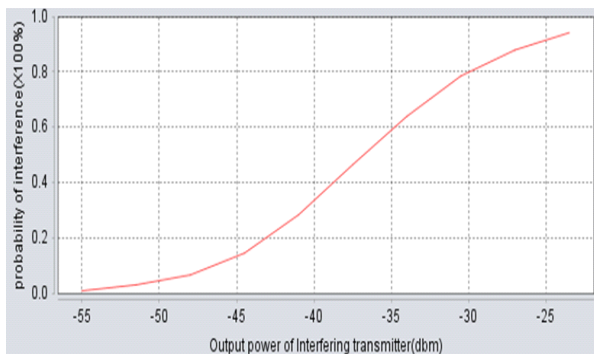


그림 3. UWB 센서 출력별 간섭확률

Fig. 3. Interference probability per UWB sensor power.

표 4. 이격 거리별 간섭확률

Table 4. Interference probability per protection distance.

거리	0 m	10 m	30 m	40 m	50 m	100 m
간섭 확률	29.4 %	27.6 %	11.6 %	5.02 %	1.3 %	0.0 %

표 5. 점유시간 비율에 따른 간섭확률

Table 5. Interference probability by duty cycle.

점유시간	100 %	50 %	40 %	2 0%
간섭확률	29.4 %	15.7 %	10.7 %	5.2 %

표 6. 간섭회피 임계값별 간섭확률

Table 6. Interference probability per detection threshold.

Detection threshold	-86 dBm	-116 dBm	-121 dBm	-146 dBm
간섭확률	29.4 %	14.7 %	5 %	0 %

나 작업자의 점유시간이 20 % 이내가 되면 간섭확률 5 % 이내로 감소함을 알 수 있다.

또한 국내 UWB 기술기준에 포함되어 있는 LBT 기능을 이용하여 로컬 5G 시스템이 임계값(detection threshold) 이상으로 전송 중인 경우, 간섭원의 사용을 중지시키는 간섭회피기술을 적용하였을 때의 간섭확률을 계산하였다. SEAMCAT의 기능을 이용하여 계산한 스펙트럼 센싱 값( $-70$  dBm~ $-130$  dBm)에 Hidden node(16 dB)마진값을 고려하여 표 6에서 설정한 임계값  $-121$  dBm이하에서 간섭확률이 5% 이내로 감소함을 알 수 있다.

따라서 보다 효과적이고 현실적인 공동사용정책을 위해서는 위에서 살펴본 점유시간, LBT 등과 같이 간섭회피·저감기술과 다양한 간섭판정기준에 대한 추가연구가 필요하다.

### Ⅲ. 국내 공동사용정책 개선 방안

영국 Ofcom에서 제안한 SQB(spectrum quality benchmarks)<sup>[14]</sup>는 앞서 살펴본 점유시간비율, LBT 외에도 특정 지역사용빈도 등 다양한 간섭판정기준 도입을 통한 간섭에 대한 총량 관리의 필요성을 제시하고 있다. 또한 미국 FCC의 간섭온도<sup>[15]</sup> 제안처럼 송신기 출력에서 수신기 관점의 규제전환의 방식 도입에 대한 고민도 필요하다. 이처럼 이제 국내도 스마트공장내 로컬 5G서비스 등 신규 서비스 유형의 등장에 맞추어 다양한 간섭 판정기준이나 회피·저감방법을 기술기준에 도입하여 주파수 분배, 허가, 회수 등 전체 스펙트럼 관리주기(lifecycle)에 걸쳐 활용하는 등 보다 산업 친화적인 공동사용정책이 필요한 시점이다.

아울러 SEAMCAT은 물리계층에서 간섭을 분석하고 수신되는 전력크기만으로 간섭확률을 나타내기 때문에 다소 과대평가되고 정확도가 떨어질 수 있다. 그래서 네트워크 시뮬레이터(NS-3)를 통하여 MAC(media access

control)계층에서의 throughput 5 % 또는 10 % 저하를 기준으로 추가하는 것이 대안으로 제안된 바도 있다<sup>[16]</sup>. 현재의 SEAMCAT에 국내의 3차원 지형정보와 간섭측정 실측값 DB를 연계하고, 실제 서비스 후에 실측 데이터 값으로 보정하는 과정을 통하여 실측치와의 오차를 줄여 모델의 유효성과 신뢰성 확보를 위한 노력 또한 지속적으로 요구된다.

그리고 LBT와 같은 수동적인 간섭회피 방법으로는 복잡한 무선환경에서 효과적으로 간섭을 회피하거나 줄이는 데 한계가 있으므로 인공지능 알고리즘을 적용한 협력센싱기술 등에 대한 연구<sup>[17]</sup>를 통하여 발전된 CR(cognitive radio) 기술을 국내 기술기준에 도입하고, 다양한 로컬 5G 버티컬 서비스 요구 수준(QoS)에 따라 실시간에 전력이나 변조방식 변경이 가능한 적응형 공동사용방식 도입이 필요하다.

제도적인 측면에서도 국내도 해외처럼 6 GHz 이하 대역에서 시장 수요에 따라 로컬 5G용 공동사용 대역을 점차 늘려 나갈 필요가 있다. 이를 위하여 기존 회수재배치에서 공동사용으로 정책 비중을 점차 높여 나가고, 현재 6 GHz Wi-Fi 등 비면허 대역을 대상으로 적용을 추진중인 AFC와 같은 가용채널탐색기술을 다른 공동사용 대역으로 확장할 수 있도록 국내 기술기준과 공동사용지침에 반영하기 위하여 향후 지속적인 연구가 요구된다.

그리고 공동사용 비율에 따라 주파수 이용대가와 연동하고, 이용자에게도 간섭회피나 자료제출의무부과 등 다양한 개선책도 전파법에 추가해야 한다. 또한 전파법상 이용자의 배타적 사용권을 보장하는 조항(제14조)과 제6조의3의 주파수 공동사용 규정간의 상충부분, 이용효율이 낮은 공공주파수의 경우, 공동사용 유도 등 공동사용 기반의 로컬 5G의 입법적 보완도 필요하다<sup>[18]</sup>. 아울러 본 연구에서는 특정지역내의 스마트공장에 한정하여 논의하였으나, 다른 지역에 있는 Local 5G 시스템과의 연계나 상용 5G의 로밍 등의 이슈도 지속적으로 고민해야 한다.

#### IV. 결 론

6 GHz 이하 대역에서 로컬 5G가 UWB 등 기존 서비스와 공존가능성을 높이기 위해서는 간섭확률외에 다양

한 간섭기준, 저감기술을 기술기준에 반영하는 것이 필요하다. 또한 제도적으로도 공동사용지침에 CR, AFC 시스템을 도입하고, 다양한 인센티브 추가를 위한 법령 개정을 통하여 기존 이동사의 5G 네트워크 슬라이싱<sup>[19]</sup>, Wi-Fi 6E와도 차별화된 서비스를 제공하도록 하는 것이 중요하다. 이러한 공동사용정책 활성화를 통하여 스마트공장 등 산업별로 특화된 5G 버티컬 서비스를 확대하여 국내 이동통신 산업의 질적 성장을 지원해야 한다.

#### References

- [1] Ministry of Science and ICT, "Local 5G policy," Sejong, Korea, Jan. 2021.
- [2] Ofcom, "Shared access licence: Guidance document," London, UK, Jul. 2020.
- [3] Federal Network Agency, "Administrative regulation for frequency assignments for local frequency usage in frequency range 3,700~3,800 MHz(VV Local Broadband)," Bonn, Germany, Nov. 2019.
- [4] Ministry of Internal Affairs and Communications, "Draft guidelines for introducing local 5G," Tokyo, Japan, Dec. 2019.
- [5] eCFR [Electronic Code of Federal Regulations], "47 CFR Part 96 - Citizens broadband radio service," National Archives and Records Administration, College Park, MD, Jun. 2015.
- [6] Dynamic Spectrum Alliance, "Automated frequency coordination: An established tool for modern spectrum management," Beaverton, OR, Mar. 2019.
- [7] *In-band and Adjacent Band Coexistence and Compatibility Studies Between IMT Systems in 3,300~3,400 MHz and Radio Location Systems in 3,100~3,400 MHz*, Recommendation ITU-R M.2481, Sep. 2019.
- [8] 3GPP, "User equipment radio transmission and reception," Sophia Antipolis, France, Mar. 2021.
- [9] 3GPP, "Base station radio transmission and reception," Sophia Antipolis, France, Mar. 2021.
- [10] Ministry of Science and ICT, "Technical standards for

radio equipment of radio stations that can be established without reporting," Sejong, Korea, 2020.

- [11] IEEE, "802.11ax task group, channel model document," Piscataway, NJ, *Report no. IEEE 802.11-14/0882r4*, Sep. 2014.
- [12] ETSI, "Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz," *European Telecommunications Standards Institute, Sophia Antipolis, France, Report no. ETSI TR 138 901*, Nov. 2020.
- [13] IST, "WINNER D5. 4 v. 1.4, Final report on link level and system level channel models," *Information Society Technologies, Luxembourg, Report no. IST-2003-507581*, Sep. 2007.
- [14] Transfinite Systems, "Generic radio modelling tool for spectrum trading," Apr. 2006.
- [15] FCC, "Establishment of an interference temperature metric to quantify and manage interference and to expand available unlicensed operation in certain fixed, mobile and satellite frequency bands," *Federal Communications Commission, Washington, DC, Report no. FCC-07-78*,

Nov. 2003.

- [16] B. J. Jang, S. Choi, and H. Yoon, "Interference analysis and its mitigation policy based on MAC layer for peaceful co-existence between unlicensed devices," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 24, no. 8, pp. 841-848, Aug. 2013.
- [17] W. Lee, M. Kim, and D. H. Cho, "Deep cooperative sensing: Cooperative spectrum sensing based on convolutional neural networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 68, no. 3, pp. 3005-3009, Mar. 2019.
- [18] J. M. Ahn, "A study on legislative direction to promote spectrum sharing," *Journal of Law & Economic Regulation*, vol. 9, no. 2, pp. 191-205, Nov. 2016.
- [19] P. Rost, C. Mannweiler, D. S. Michalopoulos, C. Sartori, V. Sciancalepore, and N. Sastry, et al., "Network slicing to enable scalability and flexibility in 5G," *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 5, pp. 72-79, May. 2017.

#### 김 영 문 [연세대학교/박사과정]

<https://orcid.org/0000-0002-5051-2376>



1996년 2월: 숭실대학교 전자계산학과(공학사)  
 2005년 12월: 중부유럽대 MBA(경영학석사)  
 2011년 9월~현재: 연세대학교 기술정책 대학원 박사과정  
 1998년 4월~현재: 과학기술정보통신부

근무

[주 관심분야] 정보통신정책 및 표준화 등

#### 윤 영 중 [연세대학교/교수]

<https://orcid.org/0000-0002-9585-9867>



1981년 2월: 연세대학교 전기전자공학과(공학사)  
 1986년 8월: 연세대학교 전기전자공학과(공학석사)  
 1991년 12월: Georgia Institute of Technology(공학박사)  
 1992년~1993년: 한국전자통신연구원 위

성통신기술연구원 선임연구원

1993년~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수

2011년: 한국전자과학회학회장

[주 관심분야] 광대역 안테나, 고출력 안테나, 의료용 안테나, reflect array, 배열 안테나 및 전파전파