KCA연구 2019

드론, IoT, 무인이동체 등 신산업 서비스 확산에 대응한 전파관리 개선방향 연구

(최종보고서)

2019. 10.

한국방송통신전파진흥원

연구수행기관 : 미래전파공학연구소

<목 차>

제1장 서 론 ····· 1

제1절 연구 배경 및 목적 ····· 1

제2절 연구 내용 ····· 3

제2장 4차 산업혁명 시대의 전파 관련 정책동향 ····· 4

제1절 해외 정책 동향 ····· 4

1. 미국 ····· 5
2. 일본 ····· 10
3. 중국 ····· 14
4. 독일 ····· 18

제2절 국내 정책 동향 ····· 24

1. 2009 전파진흥 기본계획 검토 ····· 24
2. 2014 전파진흥 기본계획 검토 ····· 31
3. 2019 전파진흥 기본계획 검토 ····· 39

제3절 전파진흥 기본계획 검토에 따른 시사점 도출 ····· 55

제4절 전파정책의 변화와 전파관리 ····· 55

제3장 4차 산업혁명 시대의 신산업 동향 분석 ····· 61

제1절 4차 산업혁명 전파 관련 산업 전망 ····· 61

1. 전파방송통신 산업 전망 ····· 61
2. 4차 산업혁명과 5G 네트워크 ····· 64
3. 4차 산업혁명 관련 주요 전파 산업 ····· 67

제2절 전파 관련 신산업 동향 분석 ····· 72

1. 사물인터넷(IoT) 산업동향 및 전망 ····· 72

2. 드론 산업동향 및 전망 ····· 84
3. 자율주행차 산업동향 및 전망 ····· 94
제3절 신산업 서비스 기술 분석과 전파관리 필요부분 ····· 96
1. IoT 산업 ····· 96
2. 드론 산업 ····· 100
3. 자율주행차 산업 ····· 104

제4장 신산업 서비스 대응을 위한 전파관리 ····· 112
제1절 신산업 서비스 대응 전파관리 추진 과제 ····· 112
1. 4차 산업혁명과 전파관리 ····· 112
2. 중앙전파관리소 업무추진계획 ····· 114
3. 신산업 서비스 환경변화와의 적합성 검토 ····· 118
4. 신산업 서비스 대응 전파관리 시사점 도출 ····· 122
5. 신산업 서비스 대응 전파관리 개선 방향 ····· 125
6. 소결 ····· 134

참고문헌 ····· 138

[그림목차]

[그림 2-1] 5G 무선시장 국가순위 ····· 6
[그림 2-2] 인공지능 분야 국가별 현황 ····· 7
[그림 2-3] 일본의 전파 서비스 분야와 비전 ····· 13
[그림 2-4] 글로벌기업 지식재산권 등록현황('17) ····· 15
[그림 2-5] 선두기업과 중국의 메모리 반도체 공정 개발 현황 비교 ····· 17
[그림 2-6] 전파이용의 타 산업 확대 ····· 26
[그림 2-7] 전파진흥 기본계획 ····· 32
[그림 2-8] 전파방송분야 R&D 선순환 네트워크 ····· 34
[그림 2-9] 2019년 전파진흥 기본계획 목표 ····· 39
[그림 3-1] 전파 응용분야 Hype Curve ····· 63
[그림 4-1] 지능정보사회 중장기 종합계획('16.12.) ····· 113
[그림 4-2] 전파 이용환경 변화에 따른 전파감시 요구사항 ····· 129
[그림 4-3] 인지기반 사이버 물리시스템을 이용한 스펙트럼 모니터링 ····· 133

< 표 목차 >

<표 2-1> 주요 선진국 국가혁신전략 주요내용 ····· 4
<표 2-2> 미국의 과학기술 정책 방향 ····· 5
<표 2-3> 미국 AI 인니셔티브(American AI Initiative) 5가지 원칙 ····· 8
<표 2-4> AI Next 캠페인 5대 분야 ····· 9
<표 2-5> 일본의 주파수 이용 중점서비스 및 추진전략 ····· 11
<표 2-6> 독일의 연구개발 전략 변화 ····· 19
<표 2-7> 사회문제 대응을 위한 세부 분야별 활동 ····· 20
<표 2-8> 미래 경쟁력 강화를 위한 세부 분야별 활동 ····· 21
<표 2-9> 개방형 혁신 및 스타트업 문화조성을 위한 세부 분야별 활동 ····· 23
<표 2-10> 2009 전파진흥 기본계획 주요 정책 과제 ····· 36

<표 2-11> 주요 주파수 대역 이용 현황 및 할당 계획 ····· 27
<표 2-12> 2009 전파진흥 기본계획 세부 목표 ····· 30
<표 2-13> 2014 전파진흥 기본계획 주요 정책 과제 ····· 33
<표 2-14> 2014 전파진흥 기본계획 분야별 주요 R&D 목표 ····· 35
<표 2-15> 2014 전파진흥 기본계획 주파수 관리 목표 ····· 36
<표 2-16> 2014 전파진흥 기본계획 규제 개선 계획 ····· 38
<표 2-17> 2019 전파진흥 기본계획 추진전략 및 주요과제 ····· 42
<표 2-18> 전파기반 산업의 활력제고를 위한 개선활동 추진일정 ····· 45
<표 2-19> 중소·벤처기업의 전파기반 성장지원을 위한 추진일정 ····· 46
<표 2-20> 선도형 R&D 지원을 위한 추진일정 ····· 47
<표 2-21> 초연결 무선 인프라 주파수 확보를 위한 추진일정 ····· 49
<표 2-22> 산업·생활 주파수 확보를 위한 추진일정 ····· 50
<표 2-23> 공공안전 주파수 및 국제 조화를 위한 추진일정 ····· 51
<표 2-24> 전자파 안전강화를 위한 추진일정 ····· 52
<표 2-25> 신기술 대응 전자파 안전기준 정립을 위한 추진일정 ····· 53
<표 2-26> 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획 4대 전략 ····· 55
<표 2-27> 주파수 이용의 구분 ····· 60
<표 3-1> 4G와 5G 이동통신 핵심성능 비교 ····· 65
<표 3-2> 사용자 관점에서의 5G 서비스 분류 ····· 66
<표 3-3> 4차 산업혁명 시대의 주요과제 ····· 68
<표 3-4> 국내 이동통신사 5G 기반 서비스 개발 동향 ····· 68
<표 3-5> 주요 해외국의 사물인터넷 산업 발전 정책 추진 동향 ····· 69
<표 3-6> 사물인터넷을 활용한 분야별 응용사례 ····· 74
<표 3-7> 3GPP 표준 기반 IoT 상용 서비스 사업자 ····· 76
<표 3-8> 3GPP 표준 기반 IoT 상용 서비스 계획 사업자 ····· 76
<표 3-9> 사물인터넷 센서네트워크 통신기술의 비교 ····· 82
<표 3-10> 드론의 종류 및 추산 비용 ····· 85
<표 3-11> 드론의 구분 및 시장분류 ····· 86

<표 3-12> 미국의 드론 활용 기업 ····· 90
<표 3-13> 세계 드론제작시장 전망 ····· 91
<표 3-14> 중국제품과 국내제품의 비교 ····· 93
<표 3-15> 자율주행 기술수준단계 ····· 104
<표 3-16> 자율주행을 위한 판단기능 ····· 108
<표 3-17> 차량 통신 시스템 비교 ····· 109
<표 4-1> 전파 기반 및 응용분야 시장전망 ····· 114
<표 4-2> 중앙전파관리소의 중장기 추진방향 ····· 115
<표 4-3> 3세대 전파감시 시스템 구축 계획 ····· 116
<표 4-4> 빅데이터 플랫폼 단계별 구축 계획 ····· 117
<표 4-5> 국내 주파수 활용 분야 ····· 121
<표 4-6> 한국표준산업분류에 따른 전파산업 분류 ····· 123

다. 자율주행차 ITS 주파수는 2.835~5.855GHz 주파수대역에서 운영되며 10MHz 대역폭 하나의 5.8GHz 주파수는 9개의 타임 슬롯으로 나누어 제어용 및 데이터 전송용으로 사용되기 때문에 ITS 주파수는 한 개의 채널(동일 주파수)만으로 운영되므로 고속도로 및 일반국도 중첩 사용 시 간섭이 발생하게 된다. 자율주행차를 국가 주력산업으로 성장시키기 위해서는 이와 같은 주파수 간섭 및 혼신의 문제를 사전에 대비할 수 있어야 한다.

제4장 신산업 서비스 대응을 위한 전파관리

제1절 신산업 서비스 대응 전파관리 추진 과제

1. 4차 산업혁명과 전파관리

4차 산업혁명 시대 진입에 따른 전파환경 역시 변화되고 있다. 4차 산업혁명은 초연결·초고속·초저지연 등 정보통신기술과 다양한 과학기술의 융합에 기반을 둔 차세대 산업혁명으로 미래사회로 향하는 중요한 변곡점이며, 특히, 빅데이터, AI 등의 활용이 점차 가시화되고 이러한 기술과 초연결이 결합되어 4차 산업혁명이 광범위한 분야에서 주요 이슈로 대두되면서 미래 주요 변화의 동인으로 지목되고 있다.

인터넷 혁명이라는 3차 산업혁명 과정의 기반위에서 지능화, 무선화, 초연결을 통해 기술 진화가 진행 중으로 정보통신기술의 근간인 전파자원에 대한 중요도는 날로 높아지고 있으며, 전파기술을 융합한 전파 산업 영역이 급속히 확대되고, 전파를 기반으로 하는 새로운 산업이 지속적으로 등장하는 추세이다. 고주파 대역에 대한 신규 자원 개발과 함께 안전한 전파환경 구축 및 효율적인 전파이용 기반조성이 요구되고 있다.

신규 서비스 출현으로 인해 전파 수요 역시 급증하고 있다. 급증되는 전파를 기반으로 하는 신산업 분야에서 IoT(Internet of Things), 무인이동체, 실감

형 콘텐츠(VR・AR・홀로그램) 등 다양한 신규 서비스가 출현하고 있다. IoT는 스마트 홈에서 스마트 공장 및 스마트 시티로 적용 영역이 확장되면서 전파 수요는 지속적으로 증가할 전망이며, NB-IoT, LTE-M 기술 기반의 스마트 공장, U-헬스(원격의료 등) 등 정밀 운용 및 고신뢰 IoT 서비스를 위한 전용(면허) 주파수 수요가 발생하고 있다.

자율주행차, 무인 항공·선박, 가사·의료로봇 등 무인 이동체 보급·확대에 따른 제어·임무(영상전송 등)용 전파 수요 발생 VR·AR, 홀로그램, 빅데이터 등 실감형·실시간·대용량 서비스를 제공하기 위한 수십 Gbps급 광대역 무선랜의 수요, 전자기기의 무선 충전 확대, 초정밀 감지, 3차원 동작인식, 분광 물질 성분분석 등 신개념 전파기반 센싱 서비스 출현으로 전파자원 수요 분야가 확대되고 있다.

[그림 4-1] 지능정보사회 중장기 종합계획('16.12.)

우리나라는 4차 산업혁명이 초래하는 산업구조·소득분배·생활방식 등의 변화가 진행되고 있고, 과학·기술혁신, 전 산업의 지능화, 제도 개혁, 교육·공공·사회혁신을 통해 새로운 산업과 일자리가 창출되는 과정에 있다. 세계 최초 5G 네트워크 상용화를 위한 서비스 망 구축 및 민간·공공의 네트워크 필수설비 공동 활용, 지상파 UHD 방송 확대, 재해·재난 예방 및 생활안전 분야의 IoT 접목 등 ICT를 통한 국민의 삶에 이전과는 차원이 다른 변화가 진행 중이다.

이와 같이 국내·외 전파 기반 시장 및 응용 분야의 지속적인 성장이 예상되며, 전파를 기반으로 하는 세계 시장과 응용 분야는 연평균 17% 성장해, '18년 478억 달러에서 '22년에는 936억 달러에 달할 것으로 전망이다. 특히 국내 시장의 경우 연평균 19.9% 증가해, '18년 13억 달러에서 '22년에는 33억 달러 규모로 성장할 것으로 전망이다.

<표 4-1> 전파 기반 및 응용분야 시장 전망

(단위 : 백만 달러)

구분	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균 성장률
세계	47,819	54,879	63,813	76,511	93,564	17.0%
국내	1,383	1,658	2,021	2,541	3,250	'19.9%

자료 : IITP, ICT R&D 중장기 기술로드맵 2022, 제2권 전파위성분야

2. 중앙전파관리소의 업무추진계획

중앙전파관리소에서는 4차 산업혁명 시대에 대응한 효율적인 업무체계 구축을 4차 산업혁명으로 촉발된 초연결 지능형 네트워크 고도화와 IoT 확산으로 인한 전파이용의 급증, 다양한 무선기기 등장에 따른 전파 혼·간섭 증가에 대비한 효과적인 업무 수행방안을 강구하고 있다.

전파수요의 증가에 따라 전파관리 정책의 관점은 기존의 전파간섭 방지에서 전파자원의 효율적 활용으로 전환하여 효율적인 전파자원 관리와 이용 환경을 조성하고자 한다. 이를 위해 자율주행차, 사물인터넷 등의 소출력 무선기기를 이용하는 서비스 산업에 대한 지원과 관리체계를 전환하기 위한 계획을 진행 중이다. 4차 산업혁명과 급속한 기술 진화 등 대외적 환경 변화와 방통위 위탁업무 이관 등 대내적 여건 변화 속에서 새로운 업무영역 확장을 위한 신규 업무를 발굴하려고 한다. 지능정보사회 진입으로 인한 국민들의 다양한 전파행정 서비스 수요에 적극 대응할 수 있는 대국민 접점 업무를 발굴하고 기존의 업무를 개선하고자 한다. 오랜 기간 규제 중심 업무방식에 치중되어 유연성이

결여되거나, 소수인력의 전문성에 의존하는 업무 수행 행태는 과감한 개선이 필요하다.

다음으로 방송통신기자재의 급증에 따른 불법 유통에 대한 선제적 대응이 필요하다. 정보통신·과학기술의 발전으로 다양한 방송통신기기가 출현하고 인증을 거치지 않은 불법 제품의 유통행위가 급증하고 있어, 이에 대한 선제적인 대응 방안 필요하다. 대부분의 불법 방송통신기자재 유통행위를 민원제보에 의해 사후적으로 대응, 예방체계 확립을 통한 선제적 대응시스템 필요하다.

<표 4-2> 중앙전파관리소의 중장기 추진방향

비전	혁신적인 전파관리로 초연결 지능화 사회 선도		
목표	4차 산업혁명 시대 전파관리 체계 확립	전파환경 변화대비 새로운 업무기반 구축	안전한 전파환경으로 국민안전 확보
추진 과제	• 전파감시 패러다임 전환 • 빅데이타·AI기반 통합형 전파관리 정보시스템 구축 • 주파수 이용현황 조사 기능개선 • 위성전파자원의 효율적 활용 및 기술지원	• 송패CT 보안 클러스터 조성 • 주파수면허제 도입 대비 허가·검사 등 업무개선 • 전파관리 전문기관 역량 강화	• 불법방송통신기자재 유통·확산 방지 체계화 • 효율적인 재난안전 통신망 구축지원 및 관리 • 방송통신 재난관리 안전점검 체계 마련

가) 전파감시 패러다임 전환

4차 산업혁명에 따른 신산업 분야의 전파수요 증가와 5G 기반의 이동통신 서비스 및 기기 이용 급증에 따라 관련 환경에 적합한 전파감시 시스템으로의 전환 및 운용 개선 필요하다. 이를 위해 자동 감시 중심 3세대 시스템의 연차적 구축('18~'23)과 다양한 감시기술 개발로 시스템 고도화를 추진할 계획을 갖고 있다. 현재는 감시요원에 의한 수동 전파감시 체계로 이루어지고 있지만 기술의 변화에 따라 빅데이터·AI기술 등을 접목한 자동 전파감시 체계로 전환하는 3세대 시스템 구축을 계획하고 있다.

<표 4-3> 3세대 전파감시 시스템 구축 계획

구 분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	계
고정감시(대)	7	9	15	13	13	13	70
이동감시(대)	1	2	2	2	2	2	11

3세대 전파감시 시스템은「3세대 전파감시시스템 설치장소 우선순위 확정」계획('18.4.10.)에 의거하여 구축할 계획이며, 2023년까지 GPS 전파혼신 탐지체계의 전국 확대를 통해 혼신탐지 취약지역 최소화할 예정이다.

자동 전파감시체계로 완전 전환 시까지 시스템 운용·관리, 불법주파수 및 전파혼신 등 특이신호 확인을 하는 시스템 운용요원과 빅데이터·스펙트럼 등 측정자료 및 혼·간섭 등 신호원 특성을 분석하는 분석요원을 병행 운용할 계획이다. 주요 이동통신대역 등의 혼·간섭 전파측정기술, 효과적인 이동전파감시를 위한 탐사형 전파감시 시스템 개발 등 추진(ETRI & IITP, '21)할 계획이며, 디지털 변·복조방식 분류, 서비스 종류, 사업자 구분 등 2021년까지 디지털 신호원의 특성을 분석하는 디지털 신호식별 기술을 개발할 계획이다.

다음으로는 지형상 접근불가 지역, 일정기간 측정요구 장소에서의 전파감시 업무 수행을 위한 시스템을 개발할 계획을 갖고 있다. 산, 강, 바다 등 지리적 접근 곤란 지역에 근접하여 측정할 수 있는 드론형 전파측정시스템을 2021년까지 시범 구축할 계획이며 국제행사, 간헐적 혼·간섭지역, 특정대역 등 일정기간 측정 또는 고정 및 이동이 용이한 센서형 전파측정시스템, 통합공공망(PS-LTE)기반의 셀감시 시범시스템 구축을 2021년까지 시범 구축할 계획이다.

또한, EMP 신호를 감지하고, 주요 제원을 실시간 분석하여 신속하게 상황을 전파할 수 있는 EMP 감지시스템을 2023년까지 구축하여 전파종합관제센터에서 감지시스템을 운용 및 모니터링하고, 상황발생 시 경보발령 등 지휘통제 업무총괄 수행할 계획이다.

나) 빅데이터·AI 기반의 통합형 전파관리정보시스템 구축

전파자원의 수요 증가, 전파기반 서비스의 급증에 따라 전파관리의 지속성, 안정성, 신속성 제고를 위해 전파관리 데이터의 체계적인 축적 및 분석, 활용이 필요해지면서 빅데이터 플랫폼을 구축할 계획이다. 2023년까지 다양한 형태의 전파감시, 무선국 허가·검사, 방송통신기자재 조사·단속 데이터의 수집·가공·분석 기능을 포함하는 빅데이터 기반 전파관리 정보시스템을 단계적으로 구축할 계획으로 지능형·위성·단파 감시로 분산되어 있는 정보시스템의 정보자원을 통합하고 행안부의 G클라우드 구축과 연계 추진할 계획이며 정보자원의 활용 극대화를 위하여 우리소와 국립전파연구원의 정보시스템간 기능 및 정보자원의 연계를 추진할 계획이다.

<표 4-4> 빅데이터 플랫폼 단계별 구축 계획

1단계(‘18년~’19년)	2단계(‘20년~21년)	3단계(‘22년~’23년)
■ 전파관리 빅데이터 연구과제 추진 - 과제 선정 및 시스템 구축방안 마련 등 ■ 전파관리 빅데이터 시범 플랫폼 구축 - 전파 혼·간섭 예방분석 모델 개발 등	■ 전파관리 빅데이터 플랫폼 확대 구축 ■ 정보자원 통합 및 G-클라우드 구축 ■ AI를 이용한 전파감시 수행방안 검토	■ 빅데이터 분석 모델확대 (전파감시→업무전반) ■ 전파관리 빅데이터 분석 시각화 서비스 ■ AI 학습 및 테스트용 데이터셋 구축, 활용 (전파감시업무 자동화)

다) 주파수이용현황조사 기능 개선

체계적인 주파수 회수·재배치를 위해 시급성, 용이성 기준으로 등급을 나눠 평가하는 이용 효율 개선 등급평가를 실시함에 따라 주파수 이용 현황 조사 결과의 높은 정확도 요구되고 있다. 「전파법 제60조」 및 「동법 시행령 제85조」에 의거하여 주파수 이용 현황을 공개하여야 하므로 국가에서 공개하는 데이터의 신뢰도 확보가 필요하다.

주파수 이용 현황 측정 품질 신뢰도를 높이기 위해 신규 설치되는 3세대 시스템의 측정 방법 및 문제점 등을 분석하여 기능 개선을 위해 빅데이터 시스템을 접목하여 측정 데이터의 신뢰도 검증 및 조사 결과의 다각도 분석을 통해 정책 수립 시 활용 가능한 다양한 정보 제공한다. 실측 데이터의 대역폭, 지역별 허가 무선국 등 상호 관계 분석으로 불요파, 불법 주파수 등을 검출하여 이용률에 반영하고 군 사용승인, 공공 및 비면허 주파수에 대한 주파수 이용 현황 조사를 강화하고, 일반 주파수에 대한 조사 결과는 홈페이지에 게시할 계획이다.

이를 통해 3세대 전파감시 시스템 측정 방법 개선 및 빅데이터 시스템과 연계하여 측정 시 발생 가능한 문제점 제거 및 측정 데이터의 정확도를 향상시키고 빅데이터 시스템을 통한 주파수 이용 현황 조사 결과의 다각도 분석을 통해 주파수 회수・재배치・공동사용 등을 위한 신뢰도 높은 데이터 제공한다.

라) 위성전파자원의 효율적 활용 및 기술지원

위성전파 혼신 예방과 국내 통신망 보호를 위해 위성전파 맵을 구축하고 국내 위성전파 관련 기업의 해외진출을 위한 기반을 마련하고 전문인력을 양성할 계획이다. 이를 위해 인접 위성전파의 한반도 내 분포도, 5G 대역 지상파, 북한방송 위성(Thaicom-5) 지향각, 신호세기 등 위성전파환경 측정자료를 구현할 계획이며 개발도상국을 대상으로 위성망 모니터링, 위성전파 측정, 혼신원 탐색 등 위성망 관리·지원을 위한 활동을 진행할 계획이다. 또한, 부피 1리터, 질량 1.3Kg을 넘지 않는 초소형 인공위성인 큐브위성 경진대회 등을 통해 수상 대학을 대상으로 위성전파 모니터링 운용방법 등 인력양성을 위한 기술 지원을 진행할 계획이다.

3. 신산업 서비스 환경변화와의 적합성 검토

전파 이용 기술의 보편화, 다양화, 광대역화로 인하여 주파수 수요는 지속적으로 증가해왔으나 향후 IoT 환경에서의 초연결 사회[25]는 기존보다 훨씬 방대

한 주파수를 필요로 할 것으로 보인다. 전파 기술의 발전은 크게 4가지 방향으로 일어나고 있다.

첫째, 방송·통신 위주의 활용 범위가 센싱, 에너지 전송으로 변화하고 있다. Gartner의 산업 분야 Hype Cycle[26]에 의하면 전파의 주요 활용 분야였던 방송·통신 분야는 현재 기술개발을 통해 새로운 가치를 창출하는 데 어느 정도 한계에 이르렀다고 밝히고 있다.

한편, 에너지 및 레이다·센싱 분야는 이제 본격적으로 상용화 기술의 가치가 주목을 받기 시작하였으며 다양한 분야에 융합되어 앞으로의 전파 산업을 이끌어나갈 것으로 예측하고 있다. 센싱은 현실과 가상을 이어주는 중요한 기술로, 신호처리 HW/SW 발전으로 산업생활 레이더가 확대될 전망이다. 기존 레이더는 주로 군용으로 활용되었으나 향후 자율주행 자동차 산업, 중공업·선박업 부문의 레벨 측정, 보안, 홈·오피스 환경에서의 제어 등 산업·생활에서 다양한 용도로 활용될 수 있다.

전파의 응용 분야는 방송에서 통신, 센싱(레이더), 이후에는 에너지 분야로 산업 흐름이 바뀔 것으로 전망된다. 현재 에너지 응용 기술은 상용화 단계에 이른 것은 없으나 무선 전력 전송, 전자파를 이용한 열 감지, 플라즈마 발생기 등이 주목을 받고 있다. 에너지 분야는 기술적으로 파급이 크며, 무선전력 전송, IoT의 배터리 이슈 등으로 큰 발전이 예상된다.

두 번째로, 주파수 영역은 기존의 6GHz 이하에서 밀리미터파(mmWave), 또는 테라헤르츠(THz) 영역까지 고도화되고 있으며 면허 대역에 집중된 주파수 응용 범위가 비면허 대역으로 확대될 것으로 예상된다. 5G의 주파수 분배는 26, 28GHz의 밀리미터파 대역 대부분 및 6GHz 이하에서는 4G 서비스와 함께 활용되다가 4G 이하의 서비스 수요가 감소하며 기존의 이동통신 대역을 이어받게 될 것으로 예상된다. 5G 이동통신 서비스를 위해서는 100MHz 이상의 광

25) 초연결 사회(hyper-connected society): 모든 사물인터넷 기기가 센서를 통해 정보를 전달하며 네트워크로 연결된 사회이다.

26) 신기술은 기술 촉발(Technology Trigger)단계부터 관심을 받기 시작하여 부풀려진 기대의 정점(Peak of Inflated Expectations)단계를 지나 환멸 단계(Trough of Disillusionment)로 나아가게 된다. 이 과정에서 살아남은 사업 주체들이 소비자를 만족할만한 상용화 제품을 사업화에 성공시키면서 시장의 주류로 자리 잡을 수 있다.

대역 대역폭을 분배하여야 한다.

또한 IoT 디바이스 확대, 소출력 무선기기 사용 증가에 따라 ISM[27]대역 등 비면허 주파수 대역의 운용이 앞으로 더욱 중요해질 것으로 보인다. AR/VR 산업, IoT 서비스는 대부분 비면허 대역을 사용하며 향후 비면허 대역 전체의 약 90%를 IoT 서비스가 활용하게 될 것으로 추정된다. 소출력 전파 산업은 중소기업에 적합한 아이템으로 일자리 창출이 가능하다. 현재 비면허·소출력 산업이 전체 전파 산업 일자리의 80%를 차지하고 있다.

세 번째는 HW의 지능화를 꼽을 수 있다. 디바이스는 네트워크 연결에 의해 각각의 성능을 뛰어넘어 더욱 고성능의 소프트웨어를 구현할 수 있다. 현재 전파 산업은 소비자의 다양한 수요 충족을 위해 단독의 하드웨어 기기 산업에서 소프트웨어 플랫폼 위주로 변화하고 있다. 즉, 제품의 지능화에 따라 HW보다 SW의 중요도가 더 커지고 있으며, 특히 전파활용센서 분야에서 성능 극대화를 위해 지능화(AI/기계학습)를 적용하고 있다.

마지막으로 사회 문제 해결을 위한 응용 분야가 확대되고 있다. 주파수를 활용한 비침습적 치료, 지방분해 수술 등 ICT 기반의 의료 시장은 '20년까지 270조 원으로 확대될 전망이다. 전파 의료의 활용분야는 300MHz~2GHz 고주파를 이용한 각종 진단기, 종양 치료기 및 마이크로파를 활용한 열치료기, 초음파 치료기 등의 등장이 예상된다. 또한 고령화, 대형 재난, 환경 오염 등 다양한 사회적 문제에 대응하기 위한 공공안전망 구축, 원격의료 서비스, 환경 오염 감시 등 사회안전망 구축에 전파가 적극적으로 활용될 전망이다.

기존 주파수 영역은 면허 대역을 중심으로 이용 가능 대역이 대부분 6 GHz 이하에 집중되어 있다. 현재 주파수 이용 기술은 밀리미터파(mmWave), 또는 서브테라헤르츠(subTHz) 영역까지 고도화되고 있으며 이 분야와 연관하여 전파의 물리적 특성을 고려하여 표준화가 이루어지고 있다. 밀리미터파는 짧은 거리에서 낮은 송신전력을 가지고 활용되는 것이 특징으로 소규모 커버리지를 가지며 5G 네트워크의 경우, 24.25 GHz~ 27.5 GHz 대역에서 밀리미터파를 활용하여 스몰 셀을 배치할 계획이다.

---

27) ISM(Industrial Scientic and Medical band): 산업, 과학, 의료용 기기에서 사용 가능한 주파수 대역. 허가가 불필요한 소출력 무선기기들이 많이 사용되고 있음

5G 서비스는 빔포밍 기술을 활용하여 좁은 안테나 빔을 발사하고 단말기 사용자에 직접적으로 신호를 전달한다. 이에 따라 전송 거리가 길지 않은 경우 밀리미터파를 활용하여 통신이 가능하다. (sub)THz란 100 GHz~1 Thz 대역의 전자기 스펙트럼을 의미하며, 이주파수 영역은 센싱, 이미징 영역에 적용하기에 적합한 것으로 알려져 있다. Sub(THz)파는 밀리미터파보다 파장이 짧아 서브 밀리미터파로 불린다. 테라헤르츠 영역에 있는 광자에너지는 비금속 물질의 밴드-갭 에너지보다 작아 이런 물질들을 통과하는 성질을 가진다. 이에 따라 Sub(THz)파는 공항 보안 검색이나 X-선과 같이 물질의 특성 검사와 물체 내부의 고해상도 이미지를 만드는데 활용될 수 있다.

<표 4-5> 국내 주파수 활용 분야

구분		이동통신	산업・생활	공공	위성	방송
분류기준	서비스	이동전화	스마트공장, 스마트시티 등	안보, 교통, 기상측위 등	통신・방송 지구관측 등	방송 (TV, 라디오)
	기능	정보전달	정보전달, 센싱, 에너지전송	정보전달, 센싱	정보전달	정보전달
	이용주체	이동통신 사업자	산업체, 개인	공공기관, 軍	위성사업자, 학계 등	방송사업자
	대역	800MHz~2.6GHz (0.5GHz폭)	전 대역 (32.8GHz 폭)	전 대역 (13.8GHz 폭)	10GHz 초과 (5.4GHz 폭)	771MHz 이하 (0.35GHz 폭)
	면허유무	면허	면허・비면허	면허・비면허	면허	면허

자료: 2020 新산업·생활 주파수 공급계획(2017), 과학기술정보통신부

한편, 주파수 대역의 활용과 관련해서는 면허 대역에 집중된 주파수 응용 범위가 비면허 대역으로 확대될 것이 예상되며 IoT 디바이스 확대, 소출력 무선기기 사용 증가에 따라 산업・생활 주파수의 운용이 더욱 중요해질 것으로 보인다. 산업・생활 주파수는 신산업 개발 또는 산업현장에 사용하는 산업용 주파수를 비롯하여 개인・사회가 가정 및 사회 인프 라에 활용하는 생활용 주

파수의 통칭이며, 공동으로 사용되는 경우가 많아 별도로 구분하지 않는다. 산업·생활 주파수는 현재 32.8 GHz 대역폭을 가지며 현재 면허를 통해 이용하는 이동통신, 공공, 위성 및 방송 용도를 제외한 모든 주파수가 이에 해당한다.

산업·생활 주파수는 면허 대역과 비면허 대역 모두를 선택적으로 활용할 수 있다. 즉 다양한 서비스의 특징에 맞춘 자유로운 비면허 대역과 이용의 신뢰성을 보장하는 면허 대역을 조화롭게 활용 가능하다. 주요 산업은 무선기기 생산으로, 무선분야의 혁신적인 기기 생산 및 국민이 생활 밀착형으로 사용할 수 있는 다양한 무선기기 개발이 가능하다. 대부분의 무선기기 제조업체는 중소기업으로 현재 산업·생활 분야 무선기기 제조업체는 전체 전파분야 기업 수의 94.25%를 차지한다. 위 기업들을 대상으로 정책적 지원을 통한 일자리 창출이 필요할 것으로 보이며 중소기업의 도전적인 신산업 활성화를 위한 지원방안 마련이 필요하다.

4. 신사업 서비스 대응 전파관리 시사점 도출

전파 기술 및 산업의 발전은 크게 레이다·센싱, 에너지, 의료, 환경 등전파 응용 분야의 확대와 ISM대역 이용 확대 및 밀리미터파, Sub(THz) 주파수 고도화를 통한 주파수 활용의 다양화, 무선기기의 지능화라는 3 가지 흐름으로 일어나고 있다. 전파가 다양한 응용 분야로 융합됨에 따라, 기존의 전파 산업 분류 체계에 따른 통계 방법으로는 다양한 영역에 활용되는 전파의 사회적인 가치가 배제되는 결과가 나타난다. 이와 관련하여 전파 산업의 재정의(Redefining)가 필요하다고 판단되며, 협의·광의의 개념에서 전파를 재정의하고 이에 따라 전파 산업의 범위, 산업 비중을 다시 계산할 필요가 있다.

실제 전파를 기반으로 파생되거나 전파 분야와 융합되는 산업은 크게 증가하고 있으나, 산업 통계에 의한 전파 산업의 규모는 아래와 같이 성장세가 감소하는 것으로 나타난다. '14년 기준, 전파 산업의 비중은 전체 GDP의 4.16%를 차지하며 '13년 대비 하락한 것으로 나타난다. 이는 이동통신기기 제조업의 공장이 해외로 이전하였기 때문인 것으로 추정되 며, 전파 기술이 사회에 기여하는 영향력은 증가하는 상황이나, 통계적 방법은 이를 반영하지 못하고 있음을

확인할 수 있다.

전파 산업을 분류하는 방식은 세부적으로 어떠한 산업을 포함시키는가에 따라 달라질 수 있으나 한국은행의 경우 한국표준산업분류(KSIC) 47)에 따라 전파 산업을 정의하고 있다. 전파 산업은 크게 ① 전파관련기기 제조업, ② 무선통신서비스업, ③ 방송서비스업으로 나뉘며 중분류 항목으로 아래 산업을 포함시킬 수 있다.

<표 4-6> 한국표준산업분류에 따른 전파산업 분류

중분류	소분류
전파관련 기기 제조업	- 방송장비 제조업(무선 장비 일부) - 이동전화기 제조업(공장의 해외 이전으로 생산액 감소) - 기타 무선 통신장비 제조업 - 텔레비전 제조업 - 라디오, 녹음 및 재생기기 제조업 - 레이더, 항행용 무선기기 및 측량기구 제조업
무선 및 위성통신업	- 무선 및 위성통신업
방송업	- 라디오 방송업 - 지상파 방송업 - 위성 및 기타 방송업

자료: 2020 新산업·생활 주파수 공급계획(2017), 과학기술정보통신부

이를 기준으로 전파 산업을 분류할 경우 국내 전파 산업은 '11년~'15년 기간 중 약 100조원 규모인 것으로 파악된다. 생산 기반이 해외로 이전함에 따라 성장세는 감소하는 것으로 나타나며 이는 일본의 경우도 마찬가지로 일본 전파산업회(ARIB)의 통계에서도 전파 산업의 규모는 '11년 13.5조엔, '15년 11.7조엔으로 감소하는 것으로 나타났다.

전파 분야 기술의 실제 사회적인 가치를 보여주기 위해서는 기존의 전파산업통계 외에 새로운 통계 접근이 필요하다. Ovum에서 발표한 보고서에 따르면

캐나다의 무선통신산업 비중을 산정하기 위해 각 생산과 정에서의 가치기여도를 평가하여 무선통신이 캐나다 경제에 기여한 정도를 측정하였다. 그 결과, 무선통신서비스의 GDP 기여도는 농업 생산과 비슷한 수준의 150억 달러로 나타났다. 그 밖에는 4차 산업혁명 관련 무선통신의 중요성을 나타내는 지표들을 활용할 수 있을 것으로 보인다. 무선통신의 중요성을 나타내기 위한 지표로 흔히 사물인터넷 시장 규모, 모바일 데이터 트래픽 증가, 커넥티드 카의 시장 규모 확대 등이 인용된다. 전파 산업 비중을 계산하기 위해 별도의 통계를 마련하는 것에 현실적인 문제가 존재하므로 이러한 지표 들을 활용할 수 있다.

해외 주요국의 전파 관련 정책 조사 결과에 따르면 미국, 영국 등 주요국들은 특정 산업의 진흥 목적보다는 신규 서비스·산업의 수요에 대비한 주파수 확보 및 인프라 구축을 목적으로 하였다. 주요 화두는 5G 서비스 도입에 필요한 광대역 주파수 확보, 인프라 구축, 투자 및 상용화 촉진방안과 공공용 주파수의 공동사용을 추진하였다. 또한, 기본계획 정책 수립 프레임워크과 관련하여 미국 FCC나 호주 ACMA 등 선진국의 사례를 참고할 수 있다.

호주 ACMA의 경우, '09년부터 주요 전파정책 이슈 및 추진방향이 담긴 향후 5개년 계획(Five-year Spectrum Outlook, 이하 FYSO)을 매년 발표하고 있다. 일반적으로 5개년 계획은 5년 동안의 정책 방향을 담고 있으나 FYSO는 매년 환경 변화를 반영하여 주기적으로 내용을 수정 전파관리(Spectrum Management)는 스펙트럼 자원의 효율적 활용을 위하여 스펙트럼 이용효율 극대화 및 스펙트럼 이용 서비스의 간섭을 최소화하기 위한 전반적인 활동이다. 스펙트럼 모니터링(Spectrum Monitoring)은 사용 가능하고 혼신 없는 스펙트럼 실현을 목적으로 하는 활동으로 전파관리(Spectrum Management) 활동의 눈과 귀가 되는 역할을 수행한다.

스펙트럼 모니터링은 전반적인 전파측정 활동으로 피드포워드(Feedforward Activity)와 피드백(Feedback Activity) 활동으로 구분된다. 피드포워드(Feedforward)적인 역할은 전파이용 환경의 이해와 효율적인 스펙트럼 활용을 촉진하기 위한 정보를 수집 제공하기 위한 전파환경 측정, 스펙트럼 점유율 측정 등 일상적인 스펙트럼 측정 활동이며 피드백(Feedback) 은 전파관리에 의해 규정된 스펙트럼 이용환경으로부터 전파 신호 특성 및 신호원 추정 기술을 이

용한 불법, 위규 전파사용의 제거 및 주파수간 혼신의 원인을 제거하는 활동이다.

그러나 4차 산업혁명 핵심기술의 대두, 이동통신 무선국의 증가, 불법무선국의 증가, 기존 무선국의 노후화 등으로 인해 전파이용 환경이 복잡하게 변화하고 있으며 이러한 전파 이용 환경 변화에 대응하기 위해서는 능동적인 전파 이용 관리를 위한 미래 지향인 스펙트럼 모니터링 기술 개발 및 시스템 구축 등 체계적인 대응방안 수립 필요하다. 현재 무선국의 전파 이용 현황 측정은 무선국의 출력을 기준으로 관리대상을 선정하고 해당 무선국에서 발생되는 전자파를 기준으로 관리하고 있으나, 통신 시스템의 다양화로 인해 한 장소에 다수의 무선국이 동시에 운영되는 경우가 다수 존재하며 이에 다수의 무선국에서 동시에 발생되는 전파에 대한 측정 및 관리 방안이 필요하다.

5. 신사업 서비스 대응 전파관리 개선 방향

전파 관리의 목적은 스펙트럼 이용효율 극대화 및 전파 이용 서비스의 간섭 최소화를 위한 전반적인 활동으로 이루어 저야 한다. 즉, 신사업 서비스 대응 전파관리는 신사업 서비스 활성화 및 보호를 위한 기반 활동 중심으로 미흡한 사항과 중점적으로 추진해야 할 사항들을 전략적으로 구축해 나가야 한다.

신사업 서비스에 대응한 전파관리 방향은 전파관리의 일반적인 추세에서와 같이 전파 이용환경의 이해와 효율적인 스펙트럼 활용 촉진을 위한 정보 수집 제공을 위한 피드포워드 적인 역할이 보다 강조 되고 있다. 특히, 기존의 전파감시는 전파감시 업무 기능별로 구분된 다채널 측정수신기로 구성되는 고정 감시국을 중심으로 하는 고출력 면허 대역 위주의 전파 신호특성(전파품질) 측정을 통한 위규 및 불법 감시 업무를 주축으로 하고 있다.

신사업 서비스 대응을 위한 전파관리는 앞에서 분석된 바와 같이 면허, 비면허를 구분하지 않는 다양한 서비스 형태와 주파수의 공동사용이라는 전파 이용환경 변화를 중심으로 대응할 필요성이 있다. 미국 정보통신국(NTIA) 등 에서도 국가 전파 자원인 전대역 스펙트럼 이용환경을 공간적으로 확대한 전파 빅데이터를 활용하는 전파감시 정보의 활용성이 논의 되고 있다.

기존의 전파감시는 허가 대역의 서비스 무선국 중심으로 관리를 하고 있으나, 앞에서 분석된 바와 같이 통신 시스템의 다양화로 인해 한 장소에서 다수의 소출력 무선국이 동시 운용되거나 자율주행차, 드론, 로봇 등에서 광대역 스펙트럼 특성은 가진 레이더 센서 등에서 발생하는 인접 주파수의 전파 간섭 분석 등을 위해서는 광범위한 전파 스펙트럼을 포함한 지속적인 전파 스펙트럼 수집, 분석, 관리 및 전파 감시 데이터 수집이 필요하다.

즉, 신산업 서비스 확대 등 전파 이용 환경 변화에 대응하기 위해서는 능동적인 전파 이용 관리를 위한 미래 지향인 전파 빅데이터 플랫폼 기반의 스펙트럼 모니터링 기술 개발 및 시스템 구축 등 체계적인 대응방안 수립 필요하다. 이같은 접근은 전파 감시의 기본 역할인 스펙트럼 데이터 중심의 전파 모니터링 파라미터 결정이 필요하며, 신산업 확산에 따른 소출력 무선 서비스 등 공간 중심의 무선 서비스 출현에 대응한 GIS 정보를 기반으로 한 데이터 관리 및 분석 기술 필요하다. 이러한 새로운 전파관리 대응은 채널 중심의 전파감시 시스템 구성에서 벗어나 스펙트럼 중심의 직관적 분석 및 예측으로부터 전파의 효율적 관리가 가능해 질 것이다.

공간 중심의 신산업 확산에 따른 무선 서비스 출현에 대응한 전파감시는 전파이용 기술의 동향에 맞추어 갈 과감한 접근이 필요할 것으로 판단되며, 셀 기반의 전파감시 시스템 구축 및 데이터 관리 방안 수립이 필요하다. 4차 산업혁명시대 핵심 기술인 데이터 관리 및 분석기술은 공간 중심의 전파서비스 환경 도래에 따라 전파감시 분야에서도 꼭 필요한 핵심기술로 판단되며, 4차 산업혁명 시대에 대응한 전파감시 접목기술은 빅데이터 분석을 위한 데이터 포맷, 플랫폼 개발, 데이터 분석 알고리즘의 체계적인 개발 적용이 필수적이다.

4차 산업혁명시대 전파감시 핵심 대응 기술인 빅데이터 분석을 접목한 기술 개발을 위해서는 4차 산업혁명의 핵심요소인 센싱 및 데이터 수집, 데이터 분석, 정보 생성을 위한 과감한 투자와 접근이 필요하다. 이러한 4차 산업혁명 시대의 플랫폼 중심은 이미 한때 미래 키워드로 만들어졌던 유비쿼터스 센싱 네트워크의 무선환경에 대한 대응과 무관하지 않게 구체적으로 현실화 되고 있다. 따라서, 4차 산업혁명시대 전파 감시 대응은 유비쿼터스 사회에 논의되었던 전파감시 대응 패러다임으로부터 더욱 구체화 하고 보완하여 나갈 수 있을 것이다.

고전적인 감시 업무인 아날로그 신호의 전파품질 파라미터 측정을 과감히 탈피하여, 스펙트럼 자원보호를 위한 스펙트럼 마스크에 의한 전파감시, 스펙트럼 자원의 효율적 관리를 위한 스펙트럼 데이터의 처리, 분석을 위한 시스템 개발 및 구축 추진이 필요하다. 이미 잘 알려진 바와 같이 무선국의 소출력, 고주파수, 광대역화 기술 동향과 셀기반의 무선통신 서비스 환경에 맞게 구축시스템은 과거 집중화된 고정 시스템이 아니라, 분산된 전파공간의 감시를 위한 시스템 개발, 배치가 필요하다. 분산배치를 위한 기술, 경제적 타당성은 이동통신 기지국이나 가로등과 같이 자유로운 망구성이 가능한 기존의 무선 기지국 인프라를 활용하는 방안도 있다.

기존의 무선 기지국 인프라를 활용 경우 이동통신 기지국의 전원, 네트워크 인프라 공유를 통한 전파감시 고정국 구축비용 절감, 무선국 이용 수요에 따른 셀플랜 및 전국망을 활용하여 유연한 그리드형 전파감시 토폴로지 구성 가능하다는 장점이 있다. 하지만 이동통신 기지국의 무선 주파수 출력으로부터 센서의 보호 및 수신 혼변조가능성, 이동통신사와의 전원, 네트워크 인프라 공유 협력 등의 해결해야되는 과제가 남아있는 것이 사실이다.

드론, 로봇을 이용한 전파감시분야 도입은 전파감시 보조적인 플랫폼으로서의 가능성은 있으나 본격적인 핵심 전파감시 기술 분야로 보기에는 안정성, 도심에서의 운용 등 전파감시 도입 한계 극복이 필요한 사항으로 안정성 확보를 위한 장기적인 도입 추진은 타당성이 있는 것으로 분석된다. 특히, 드론을 이용한 전파감시에서 드론의 안정성을 제외한 전파감시 분야에서의 구체적인 활용은 공간적인 전파감시 접근성의 이점이 있어, 특정 상황에서 전파감시, 특히 간섭원 해소의 보조적인 수단이 될 것이다.

신산업 서비스 확산에 따른 전파관리 대응 플랫폼으로 공공재난·통신망(PS-LTE)과 같은 국가 공공 통신망을 공유하여 분산 네트워크 기반의 전파모니터링 테스트베드를 구축하고, 빅데이터 수집 플랫폼으로 활용하는 방안에 대한 구체적이고 실현가능한 방안 논의도 하나의 접근이 될 수 있을 것이다.

또한, 전파감시 플랫폼 장비의 개발은 네트워크화, 모듈화, 재구성 가능, 소형 경량화의 방향으로 개발되어야 하며 가능한 전파감시 대응시나리오에 맞게 유연하게 적용되어야 한다. 각 대응 시나리오는 공간적, 시간적 그리고 주파수

적 대응으로 구분한다. 공간적 대응은 통상 감시 지역과 선제적 대응지역을 중심으로 시간적 대응은 상시와 비상시로서 그리고 중점 대응 주파수와 혼간선섭 대상 주파수 대역 예측을 감시하는 방안으로 다양한 운영 방안에 대하여 유연하게 구축되도록 해야 한다.

4차 산업혁명의 핵심기술인 데이터 중심의 IoT, Big-Data, Cloud 및 인공지능의 기본 기술인Machine Learning 기술은 4차 산업혁명시대에 대응하는 전파감시 프레임워크의 핵심요소가 되어야 할 것이다.이러한 4차 산업혁명시대 전파감시 환경 구축을 위해서는 정책적인 방향, 혁신적인 기술, 시스템적 구축을 위한 인프라 분야에서 모든 것이 갖추어 져야 한다.

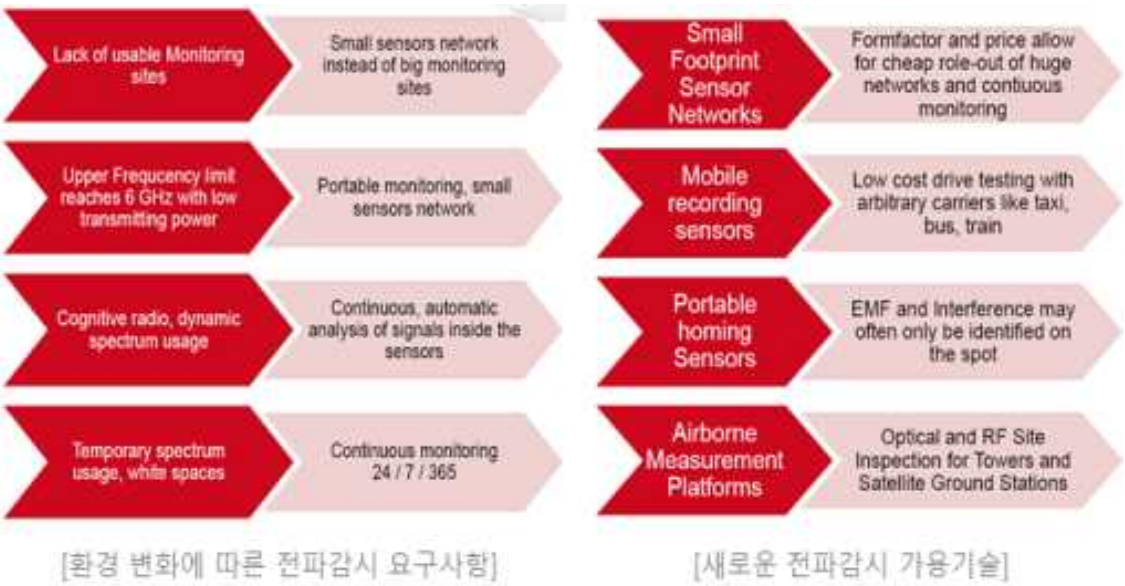
4차 산업혁명시대에 대응한 기술의 방향은 명확히 전제되어 있으나 현실적인 실현 가능성에 대해서는 여러 이견이 존재할 수 있으며, 4차 산업혁명의 사물 인터넷으로 대표되는 플랫폼 형태인 셀기반의 많은 전파감시 센서의 구축이 현실적인가에 대한 부분은 기술적 타당성의 문제 보다는 경제적 타당성과 전파 이용환경 변화에 따른 선택과 집중을 통한 정보의 효용성이라는 논리로 접근한다면 보다 현실적인 대안을 도출 할 수 있을 것이다.

위에서 제시된 4차 산업혁명 시대에 대응한 전파감시 시스템 구축을 위해서는 과감하게 탈피하거나 집중해야할 기술적 요소에 대한 논의도 필요하다.

4차 산업혁명 시대변화에 따른 신산업 서비스가 확산되고 있으며, 전파 이용환경 및 기술의 변화도 과거와는 다른 전파감시 패러다임이 요구되고 있다. 데이터 중심의 네트워크 기술 및 빅데이터 분석 기술의 보편화에 따라, 전파감시 패러다임 변화를 반영하여 센서 기반의 공간 상관이나 시간 상관 등 빅데이터 분석기술 도입을 통하여 현재의 인력중심 전파감시 운용시나리오를 기계학습 알고리즘 기반으로 발전시켜 업무의 효율 향상을 위한 접근이 필요하다.

ITU-R에서도 전파 이용환경 변화에 대응하여 전파감시 기술의 진화를 표방하고 추진하고 있으며 스펙트럼 이용 측면에서 적응형 주파수 사용(Adaptive Frequency Usage), 동일 주파수 다중화, 광대역 액세스, 확산 스펙트럼등의 기술사용과 전파 이용기술 변화에 따른 전파 이용의 초연결, 지능화, 소출력화, 고주파수화, 광대역화, 고효율화 등 4차 산업혁명시대 전파이용환경 변화에 적합한 새로운 전파감시 기술 필요성에 대하여 논의되고 있다.

[그림 4-2] 전파 이용환경 변화에 따른 전파감시 요구사항



자료: IoT 사회와 전파 모니터링, HURA(2017)

다양한 전파이용 서비스 확산에 따라 소출력, 고주파수화, 공간기반 무선 서비스 등 전파환경이 변화하고 있으나 국내의 전파감시 환경은 공간적인 전파감시 인프라 부족 및 수많은 고층 건물로 인한 방향탐지 오차 발생으로 혼신 신호원의 위치 특정이 어렵다. IoT, 자율주행차, 드론 등 신산업 무선 서비스의 경우 200mW 정도의 소출력을 가지고 있으나 특정 공간에 한정된 서비스가 아니라 공간적인 구분이 모호해지고 있으며 IoT 서비스의 경우 서비스 영역이 10Km 이상으로 확대되고 있다. 소출력, 광대역화, 공간기반 등 전파환경의 변화는 정형화된 감시 기술로는 대응에 한계가 존재하며 전파이용환경 추세에 따른 지역/공간 클러스터 단위의 데이터 수집, 처리 및 통합정보 분석 강화, GIS 기반 전파감시 체계가 필요하다.

또한 전파 빅데이터 기반 전파감시 프레임워크로의 진화를 위해서는 머신러닝 알고리즘과 같은 전파 빅데이터 처리 기술 뿐 아니라 전파 빅데이터 수집 인프라를 위한 광대역 안테나 및 수신기 소형화와 네트워크 기반의 신호수집 및 전송기술 등 핵심 H/W 기술의 개발이 필요하다. 이러한 신호 검출 기술과

빅데이터 분석 기술의 융합을 통한 초연결성 기반 전파 모니터링은 공간 분산된 센서의 그룹제어 기반 인지(센싱) 협업감시를 통해 센싱에 의한 자율판단 및 그룹 데이터 수집처리 등 4차 산업혁명의 인지 및 판단 기술이 접목될 수 있어 기존의 정형화된 시스템 기반 감시의 한계를 탈피할 수 있으며 이에 항만, 공항, 공장 등의 물류처리와 같이 전파를 이용하는 국가 기반시설에 대한 악의적인 전파교란 및 간섭 등 전파테러 발생과 같은 다양화 되고 있는 전파문제에 대응할 수 있을 것이다.

모든 전파 혼·간섭의 원인을 찾아내는 것은 불가능한 일이다. 신호는 시간이 지남에 따라 달라 지거나, 다른 신호에 숨겨 지거나, 간헐적이거나 짧은 시간 동안 지속될 수 있다. 전파 혼간섭을 찾는 과정은 범죄 조사에서와 같은 포렌식 조사나 단지 부분 측정의 일부이다. 따라서, 전파 혼간섭을 찾는 일은 무선 환경을 이해하는 것이 중요한 첫 단계이다. 예를 들어 송신기의 위치, 안테나 특성 및 출력, 전파의 환경을 조사하고 이해 하는 것이 중요하다. 그런 다음 적절한 도구와 안테나로 현장의 환경을 측정하고 축적된 데이터나 경험으로 분석하여 한다.

효율적인 전파 혼간섭의 대응은 시간, 주파수 공간적인 측면에서 다양한 대응 전략이 필요하다. 전파 모니터링은 통계적 추정에 근거한 조사로 모든 상황에 완벽한 대응책은 존재하지 않는다. 이상적인 방법과 현실적인 방법을 고려하여, 적절한 전파 모니터링 자원을 확보하여 다양한 접근으로 분석이 필요하다.

셀 기반 전파 혼간섭원 추정 기술의 가장 대표적인 이점은 단일 수신안테나로 광대역 전파 혼간섭원의 효율적인 해소가 가능한 RF 센서 네트워크 기반의 TDOA(Time Diffrence of Arrival) 기술을 적용한 신호원 위치추정이 가능하다는 것이다. 기존의 AOA 방식은 반사파에 의한 방향추정 오차가 크게 나타나는 문제가 있다. TDOA 방식은 3개 이상 사이트에 설치된 다수의 RF Sensor에 도달한 신호의 시간차를 이용하는 방식으로 실외환경에서 RF Sensor 간 GPS 시각 동기 기술을 이용하여 상대적으로 반사파에 의한 영향이 적은 특징이 있다.

TDOA 방식은 광대역 신호의 신호원 추정에 적합하며, 정보가 실리지 않은

협대역 신호의 처리에는 부적한 특징이 있어 신호의 수신레벨을 비교하는 PoA(Power of Arrival)방식을 같이 사용하는 하이브리드 방식으로 적용할 필요가 있다. PoA (Power of Arrival)는 3개 이상의 모니터링 사이트에서 감지된 순간 전력 레벨을 포착하고 비교하는 위치 추정이다. 상대적인 전력 레벨을 검출함으로써, 관심있는 신호의 대략적인 위치를 추정할 수 있다. PoA는 변조 및 무 변조 (CW) 신호 유형 모두에서 동작하는 장점을 가지고 있고 버스트 또는 펄스 신호에서도 적용할 수 있고 각 수신기의 측정 신호는 정확도를 높이기 위해 시간 동기화 하여야 한다.

이러한 셀기반 전파 혼간섭 추정을 위해서는 먼저 전파간섭 해소 대상 사이트에서 3개 이상의 전파 모니터링 사이트에서 대상 신호의 수집이 가능한 플랫폼 구축이 필요하다. 앞에서 기술된 바와 같이 기지국 인프라나, 가로등과 같이 전국적인 감시망 구축이 가능한 플랫폼에 설치가 가능한 컴팩트한 전파 모니터링 시스템 적용이 선행되어야 한다. 이러한 셀 기반 전파 혼간섭원 추정 플랫폼이 구축 되며, 전국을 하나의 전파 관리권으로 구축하여 효율적인 전파 관리가 가능한 진정한 전파 거버넌스를 이룰 수 있는 토대가 마련될 것이다.

해당 플랫폼 구축을 통하여 주파수 공동사용 도입 등 신규 주파수 확보를 위한 주파수 관리 자동화 및 전파 생태계 변화에 대응한 효율적이고 과학적 주파수 수급체계가 가능할 것이다. 또한, 공간기반 스펙트럼 센싱, 연속성 있는 DB 구축으로 효율적인 전파간섭 보호 및 빅데이터 기반 스펙트럼 관리 DB 구축 등 빅데이터 기반 전파관리 체계를 통한 실시간 신뢰성 있는 주파수 사용 정보 제공으로 신규 무선 산업 창출할 수 있는 견인이 될 것으로 기대할 수 있다.

사회 전반적인 정보통신 기술의 변화는 3차 산업혁명을 넘어서 4차 산업혁명이라는 보편적인 기술환경으로 변화하고 있다. 전파감시 기술의 발전도 기술의 진화, 시스템의 진화, 네트워크의 진화, 운용의 진화로 이어지고 있다. 운용의 진화는 4차 산업혁명 시대를 대표하는 ICBM(IoT, Cloud, Big Data, Mobile)과 AI 기술의 중심에서 전파 빅데이터의 가공, 처리 분석을 통한 전파감시 업무의 패러다임 변화가 필요할 것이다.

전파 이용환경은 유비쿼터스를 넘어 IoT 세상으로 변화하고 있고, 전파 모니터링의 대응전략도 센서 기반의 전파 스펙트럼 빅데이터 환경으로의 변화에

대한 대응이 필요하다. 빅데이터와 인공지능의 성공적인 상호 연관성은 빅데이터의 품질이 큰 영향을 미치게 된다. 따라서, 빅데이터 분석을 위한 충분한 정보를 수집하여 저장할 수 있도록 설계하는 것이 매우 중요하다. 결국, 빅데이터 분석은 인텔리젼스(Intelligence)를 강화하기 위한 것이다.

또 다른 전파감시 대응에 있어서 다른 빅데이터와의 차별성은 '센싱 > 데이터 수집 > 분석 > 처리'로 이어지는 사이클에 있어 신속성을 가진 실시간 대응으로 전파감시 센서와의 상호 측정 연관성을 가져야 한다는 것이다. 그리고, 기술의 변화에 대응하기 위한 오픈소스 기반의 안정성확보, 호환성, 확장성 등이 확보되어 효과적인 비용으로 빅데이터의 활용이 가능하도록 하여야 할 것이다.

빅데이터 분석은 정보 소스를 중심으로 하는 '발견' 위주의 접근 방법이다. 기존의 전파 모니터링 분석은 구조화되고 획일화된 분석 방법으로 결과를 도출할 수 있도록 데이터를 구조화한 DB 플랫폼으로 이루어져 있었다. 그러나 새로운 전파 빅데이터 플랫폼의 분석 구조는 유연하고 탐색적인 분석이 가능하도록 플랫폼을 제공하고 어떤 분석이 이루어질지는 탐색에 의해 지속적으로 확장될 수 있는 구조이어야 한다. 이 두 가지 방법은 정보기반의 통찰력을 확보하기 위하여 상호 보완적으로 사용되어야 한다.

신산업 전파 서비스 확산에 따른 전파 혼간섭 분석 및 효과적인 대응을 위해서는 앞에서 제안한 기지국 플랫폼을 이용한 전파측정 빅데이터를 이용하여 아래에 기술되는 다양한 분야의 전파분석 및 전파환경 예측기술 개발이 필요하다.

- 다양한 통신 서비스 네트워크의 출현과 한정된 스펙트럼의 효율적 사용을 위한 스펙트럼 공유통신 기술 도입에 따른 능동적인 전파측정 및 전파관리 기술의 개발
- 주파수 재사용 및 스펙트럼 공유통신 환경 등 새로운 전파 응용기술 및 통신시스템에 적합한 전파환경(신호, 잡음) 측정 기술의 개발 및 전파환경 분석자료 공유를 위한 네트워크 기반의 전파환경 예측기술 개발
- 네트워크 기반의 전파측정시스템 개발로 이종 시스템으로부터 측정된 전파환경 측정 DB 구축 및 분석기술
- 항만, 공항, 공장 등의 물류처리 등 전파를 이용하는 국가 기반시설에 대한

악의적 전파 교란 등 전파테러 발생에 대비한 실시간 전파관리에 의한 전파 간섭 분석기술 개발

- 네트워크 기반의 실시간 신호 수집기술 및 불법, 간섭신호 분석 및 간섭원 위치 추정 알고리즘 개발
- 광대역 안테나 및 수신기 소형화 기술, 네트워크 기반의 신호수집 및 전송 기술 등 핵심 H/W 기술개발
- 다양한 형태의 불법 변조 신호에 대응한 신호 식별 알고리즘 개발을 통한 과학적인 불법 신호원 분석기술 개발

[그림 4-3] 인지기반 사이버 물리시스템을 이용한 스펙트럼 모니터링

자료: IoT 사회와 전파 모니터링, HURA(2017)

제2의 클라우드 혁명이라 불리는 엣지 컴퓨팅이라는 기술이 새로운 화두로 떠오르고 있다. 과거 기술의 발전은 Scale-Up을 통한 시스템의 성능을 확대하는 방향으로 발전하였다. 하지만 집중화된 성능에 한계 때문에 분산처리를 통한 Scale-out을 통해 무한대의 성능을 발휘하는 방향으로 발전하고 있다. 점점 소형화, 고성능화된 정보통신 기술의 영향으로 IoT 생태계도 지능을 가지는 엣지 인텔리전스를 지향하고 있다.

전파 모니터링의 생태계도 저전력 고속 프로세서의 등장으로 전파 센싱 기

반의 실시간적인 대응이 가능해지고 있다. 이러한 기술의 변화는 특정 지역에 한정된 고성능의 시스템에서 측정을 수행해온 고전적인 정형화된 감시기술로 실시간적인 전파간섭 대응에는 한계가 있으며, 시스템 기반이 아니라, 공간에 분산된 센서의 그룹제어 기반의 인지(센싱)/협업감시 개념의 도입이 필요하다. 소위 인지 전파 감시기술(Cognitive Radio Monitoring)에 의해 앞에서 제안된 '공간기반 스펙트럼 관리 플랫폼'을 활용하여 전파 센싱에 의한 자율판단 및 Group 데이터 수집처리(Aggregation Server) 기술의 적용이 가능해지고 있다.

[그림 5-3]은 4차 산업혁명 시대로 대표되는 Big Data와 인공지능의 기술 연계로 보편화되고 있는 초연결, 초지능에 기반한 사이버 물리 시스템(Cyber Physical System) 사이클을 설명하는 그림이다. 공간(GIS) 기반 전파감시 정보 분석 대응은 네트워크 기반의 전파감시 기술에 대응하는 지역/공간 클러스터 단위의 데이터 처리 및 정보 분석을 의미화며, 다양한 이종 데이터 통합 기술 도입 및 GIS 네트워크 기반의 Spatial use of Spectrum, Temporal use of Spectrum, Location/Orientation of Devices와 같은 다차원적인 분석기술 고도화를 의미한다.

6. 소결

4차 산업혁명의 발전으로 무선 네트워크 환경이 변화함에 따라 모든 사물과 사물이 무선 네트워크로 연결되고 있으며, 이에 전파관리 역시 대응전략 마련이 요구되고 있다. 다양한 스마트 디바이스들의 등장에 따라 멀티미디어, 영상서비스, 위치정보 서비스 등 광대역 서비스에 대한 수요가 급속도로 증가하는 추세이며 여러 전문 연구기관들은 향후 모바일 데이터 트래픽의 급증을 예측하고 있다. 하지만 무선통신 기술의 발전에 따른 주파수 효율성 향상은 이에 미치지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 4차 산업혁명 시대의 전파환경 정책 및 시장동향을 살펴보고 이에 대응한 전파관리 개선방향을 제시하고자 하였다.

이를 위해 4차 산업혁명 시대의 핵심 인프라인 무선네트워크 환경 변화에 따른 국내외 전파관리 정책을 먼저 조사를 하였다. 국내의 경우 깨끗한 전파환

경을 구현을 위하여 2011년 1월의 “모바일 광개토 플랜”을 시작으로 “모바일 광개토 플랜 2.0” 거쳐 중장기 계획인 K-ICT 스펙트럼안을 수립하였다. K-ICT 스펙트럼안 계획을 통해 이동통신, 산업, 공공안보체계, 위성의 각각의 분야의 추가 주파수 대역확보 통해 주파수 부족현상을 완화하기 위하여 공동사용을 활성화하고, 회수 등급제를 도입하는 등 주파수의 효율적 이용을 위한 관리를 체계화 할 계획이다. 향후 센서 네트워크, 드론, IoT기기, 무인이동체 등 수요가 증가가 될 것으로 예상되며 공유기술의 발전으로 주파수를 효율적으로 공유 가능하기 위한 이용방안 마련이 필요하다는 시사점을 도출하였다.

4차 산업혁명시대를 이끌 핵심 인프라인 무선서비스의 활성화를 위한 효율적인 전파관리를 위해 중앙전파관리소의 입장에서는 산업환경 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 전파감시 업무가 필요하며, 주파수 이용 수요가 증가하는 상황에서 필요한 전파감시 활동을 살펴보았다. ITU-R에서도 전파 이용환경 변화에 대응하여 전파감시 기술의 진화를 표방하고 추진하고 있으며, 새로운 전파 및 통신기술 도입에 따른 전파감시 기술 진화에 대한 지속적인 연구는 필요하다. 전파 이용환경의 변화는 초연결, 소출력화, 고주파수화, 광대역화 및 동일 주파수 다중화 등 스펙트럼 이용 측면에서 고효율화 되고 있다.

자율주행, 드론, 공장자동화 등 레이더 센싱기술 등 전파이용 환경변화에 대응하기 위해 고전적인 전파감시 기술을 포함하여 선택과 집중을 통한 소출력 펄스 신호의 광대역 신호수집 및 분산 클라우드 기반의 후처리 분석 기술 개발을 위한 전파센싱 플랫폼(이벤트 처리를 통한 블랙박스) 개발 등의 후속 연구 추진 필요성이 제시하였다. 또한, 이러한 전파환경 변화에 대응하기 위해 본 연구에서는 공간적 분산 네트워킹을 통한 효율적 전파감시 시스템 구축을 위한 시험 플랫폼 구축을 추진하는 방안으로 이동 통신 기지국 등 공공 인프라를 활용하여 전파이용 서비스 플랫폼과 전파감시 플랫폼을 공유하는 방안 등이 제시되었으며, 향후 해당 제안의 도입에 대한 구체적 타당성 검토는 추후 논의 되어야 할 것이다.

구체적인 실현 타당한 방안으로 4차 산업혁명시대 전파감시 기술 및 시스템 개발을 위한 플랫폼으로 공공재난 통신망과 같은 공공통신망을 공유하여 분산 네트워크 기반의 전파모니터링 테스트베드를 구축하고 4차 산업혁명 시대에

대응한 전파감시 기술개발 및 후속 연구에 필요한 빅데이터 수집 플랫폼으로 활용하는 방안에 대한 구체적 실현방안 논의가 이루어져야 할 것이 다. 또한, 단일 시스템에서 수행되는 스펙트럼 감시 활동의 범위를 넘어 수집(센싱)되는 측정데이터의 효율적 사용 및 분석을 위한 빅데이터 서버 구축, 빅데이터 기반 전파감시 분석기술의 단계적이고 지속적 개발이 진행되어야 할 것이다. 이러한 공간적으로 분산된 이종 데이터의 상관성에 기반한 미약신호 검출, 동일채널 분석 등 빅데이터 수집, 분석 기술 개발의 위해서는 위에서 언급된 분산 네트워크 기반의 전파모니터링 플랫폼 개발, 구축 방안 수립이 선행되어야 할 것이다. 빅데이터 기반 4차 산업혁명 기술의 도입은 시스템 기반이 아니라, 공간 분산된 센서들의 센싱에 의한 자율판단 및 그룹제어 기반 데이터 수집처리(Aggregation Server), 인지 판단 기술이 접목된 전파간섭 분석 해소 기술 등 궁극적인 전파감시 기술의 4차 산업혁명을 위한 후속연구가 이루어 져야 한다.

국내의 전파감시망을 이용한 전파감시 커버리지는 35%에 불과하며 65%의 전파사각지 대가 아직도 존재하며 이동 전파감시 차량 접근이 어려운 계곡이나 협곡에서의 혼신원이 발생하게 되면 혼신원 색출에 어려움이 있다. 또한, 홍수통제소 부근의 민원이 발생하면 이동차량으로 근처에 가되 도로를 따라 이동하므로 측정사각지대가 문제점이 지속적으로 제기되어지며 도심의 경우에도 고밀집 아파트 단지내에서의 혼신원 색출시 휴대용 방탐기로 감시할 경우에 주거침입등의 문제로 혼신원 근접 접근 감시업무 수행이 어렵고 소출력 무선국의 미약신호로 인한 감시 사각지대 발생하는 등 다양한 기존 국내 전파감시의 한계가 존재한다. 이에 전파의 감시 사각지대 발생을 막고 효율적으로 전파감시를 하기 위해서는 드론과 그리드 모니터링 시스템을 이용한 감시 방안을 제안하였다. 이슈화 되고 있는 드론을 이용한 전파감시는 공간적인 전파감시 접근성의 이점이 있어, 특정 상황에서 간섭원 해소의 보조적인 수단이 될 것이다. 그러나 전파감시 분야에서의 실제적인 활용은 도심 에서의 운용 안정성 등 전파감시분야 도입 한계 극복이 필요한 사항으로 안전성 확보를 통한 장기적인 도입 추진은 전파감시 보조적인 플랫폼으로서의 가능성이 있을 것이다.

국내에서는 관계부처와 공동으로 IoT, 빅데이터 등의 신기술 및 서비스 분야를 대상으로 규제혁파를 추진하고 있다. 또한 과학기술정보통신부는 2017년

12 월 자율주행자동차, 드론, 무인선박 등 무인이동체를 4차 산업혁명의 혁신성장 핵심동력으로 육성하기 위하여 ‘무인이동체 기술혁신과 성장 10개년 로드맵’을 발표하였다. 10개년 로드맵을 통해 해외 수입에 의존하고 있는 현 상황을 극복하고 차세대 무인이동체 기술 및시장을 선점하기 위한 국가차원에서의 R&D 추진방향을 제시하였다.

본 연구의 결과는 4차 산업혁명 시대로의 변화하는 환경에 전파관리 방안에 관한 내용을 정리한 것으로서 향 후 전파관리 대응전략을 위한 후속 연구의 기반 자료로 활용 가능하다.