



# 정보통신 산업동향

## 목 차

[정책 동향] .....	1
◇ WiFi 7 및 6 GHz 비면허 주파수 동향	
[이슈 분석] .....	13
◇ 양자암호통신의 이해와 정보통신공사 업계에 주는 시사점	
[연구원 소식] .....	27





# WiFi 7 및 6 GHz 비면허 주파수 동향

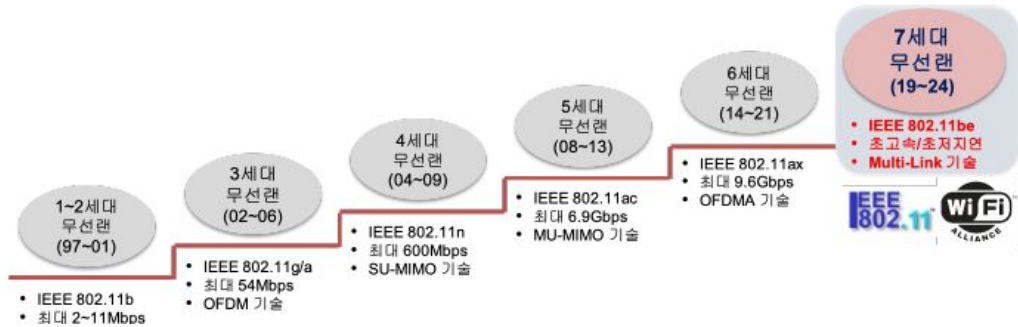
통신자원관리실 연구원 황석현

hsh@kici.re.kr

## I. 개요

비면허 주파수란 발사하는 전파가 미약한 무선국으로 전파법 시행령 제25조에 의하여 ‘신고하지 아니하고 개설하는 무선국’이 사용하는 주파수를 말한다. 4차 산업 혁명 시대에선 AR/VR, 실시간 고화질 스트리밍과 같이 높은 처리량 및 고신뢰, 저지연 등의 고성능 통신서비스를 요구함에 따라 광대역의 비면허 주파수 확보가 꼭 필요하다. 무선 트래픽 증가 추세가 매년 기하급수적으로 증가함에 따라 무선 자원 부족 문제는 앞으로 더욱 심화할 것으로 전망되고 있다. 따라서 비면허 주파수 신기술 및 서비스는 국민 일상과 산업 전반에 활용되는 필수재로 거듭나고 있으며, 6GHz 대역(5925~7125MHz)을 이용한 차세대 Wi-Fi 기술들로 이를 해결할 수 있을 것이다.

이를 위해 IEEE 802.11 워킹 그룹은 차세대 Wi-Fi 표준인 IEEE 802.11be (Wi-Fi 7) 극초고속(EHT, Extremely High Throughput) 무선랜 표준을 제정하고 있다. IEEE 802 그룹은 LAN(Local Area Network)기술에 대한 표준을 이끌고 있는 그룹이며, 여기서 802.11 시리즈는 Wi-Fi 표준을 일컫는다. 최초의 표준은 802.11b로 1997년에 최초로 발표가 되었으며, IEEE 802.11그룹은 이의 개선 표준을 계속해서 11g, 11a, 11ac, 11ax, 11be와 같이 발표하고 있다.



[그림 1] Wi-Fi 세대별 진화 과정

2018년에는 EHT(Extremely High Throughput) SG(Study Group)에서 차세대 무선랜 표준 규격 (802.11be)에 대한 논의가 본격적으로 시작되었다. [표 1]은 기존 무선랜 표준과 차세대 무선랜 표준을 비교한 것으로, 802.11be를 중심으로 살펴보도록 한다. 802.11be는 2024년 상용화를 목표로 하고 있으며, 비디오나 AR/VR, 원격 작업, 클라우드 컴퓨팅 환경에서 더 짧은 지연 시간으로 더 높은 처리량을 달성하는 것이 핵심 목표이다. 핵심 목표를 달성하기 위한 주요 성능 목표는 320MHz 이상의 채널 대역폭, 6GHz 이하 대역에서의 30Gbps 이상 최대 속도 등이 있다.

[표 1] Wi-Fi 주요 특징

구분	Wifi 5	Wifi 6	Wifi 7
IEEE 규격	802.11ac	802.11ax	802.11be
최대 이론 속도	3.5Gbps	9.6Gbps	30Gbps
주파수	5GHz	2.4GHz, 5GHz, 6GHz(Wifi 6E)	2.4GHz, 5GHz, 6GHz
최대 대역폭	160Mhz	160Mhz	320Mhz
주파수 변조	256 QAM OFDM	1024 QAM OFDMA	4096 QAM OFDMA, Multi-RU



앞으로의 통신은 AR/VR, 실시간 스트리밍과 같이 높은 처리량 및 고신뢰, 저지연 등의 고성능 통신서비스를 요구함에 따라 광대역의 비면허 주파수 확보가 필수적으로 요구된다. 해외에서도 6 GHz 대역을 신규 비면허 대역으로 개방할 수 있도록 활발히 움직이고 있다. 예를 들어, 유럽은 5.925~6.425 GHz 대역의 500 MHz 대역폭을 FCC는 5.925~7.125 GHz 대역의 1.2GHz 대역폭을 신규 비면허 주파수로 고려한다.

[표 2] 미국 FCC의 6 GHz 비면허 대역 주파수 공유 기술기준

구분	U-NII-5	U-NII-6	U-NII-7	U-NII-8
주파수 대역	5.925~6.425 GHz	6.425~6.525 GHz	6.525~6.875 GHz	6.875~7.125 GHz
채널 수	20 MHz	4	18	11
	40 MHz	1	9	5
	80 MHz	0	4	2
	160 MHz	3	0	2
규정 및 제약	실내 운용 및 보호구역 이외의 실외 운용을 허가	실내 운용만 허가	실내 운용 및 보호구역 이외의 실외 운용을 허가	실내 운용만 허가
실외 운용 규정	AFC DB와 연결되어 운용 최대 전력: 36 dBm (AP), 30 dBm (client)	X	AFC DB와 연결되어 운용 최대 전력: 36 dBm(AP), 30 dBm(client)	X
실내 운용 규정	최대 전력: 30 dBm (AP), 24 dBm (client) (최대 전력은 effective isotropic radiated power (EIRP)를 의미)			

자료 : 이기훈, 정방철(2021), 6 GHz 비면허 대역에서의 NR-U와 Wi-Fi 간 주파수 공유기술 연구 동향, 전자파기술, 32(5), 11-21.

한국에서 6GHz 대역은 현재 방송사의 이동형/고정형 방송중계 무선국 및 통신사의 고정형 무선 백홀 링크로 주로 사용되고 있다. 2019년 5G+ 스펙트럼 플랜에 기반하여 6GHz 대역의 비면허 사용을 계획한 정부는 6GHz 대역에 분포된 이동방송중계 무선국을 6GHz 상위 대역으로 이전하는 정책을 추진중이다. 이동 방송중계 주파수 대역의 이전에 따라 고정 방송중계 장비가 사용 중인 일부 대역과의 중첩이 발생하고, 이를 해결하기 위해 채널 간격 및 채널 수를 줄이는 채널 재배치를 22년 상반기 완료를 목표로 진행 중이다. 따라서 한국은 기존 방송 서비스와의 충돌을 최소화하기 위해서 6GHz 전대역을 저전력 실내 사용에 한하여 사용을 허가하였으며, 향후 한국형 AFC 서비스인 KFC (Korea Frequency Coordination) 데이터베이스

서버 도입을 위한 연구를 시작하였다.

과학기술정보통신부(이하 ‘과기정통부’)는 2019년 12월 5일 「5G+ 스펙트럼 플랜」 발표에 이어, 2020년 10월 16일 6GHz 대역(5925~7125MHz, 1200MHz 폭)을 광대역 비면허 통신용 주파수로 공급하는 기술 기준을 공고하였다. 이는 올해 6월 행정예고에 이어 주파수 심의위원회의 의결을 거쳐 최종 확정된 내용이다. 실내에서는 6GHz 대역 전체를 250mW 이하로 자유롭게 사용할 수 있다. 또한 U-NII-5 대역에 한정하여 25mW (14dBm)의 초저전력으로 실내외 구분 없이 자유롭게 사용 가능하며, 이는 스마트폰 기반 테더링 용도로 6GHz 대역 하위 500MHz를 사용할 수 있도록 한다. 우리나라의 5세대(5G) 이동통신 최초 상용화 이후 전 세계적으로 6GHz 비면허 대역 글로벌 경쟁이 본격화되고 있다.

[표 3] 비면허기술 성능 고도화 방향

주요 기능	현재	미래
데이터 분산·소비	5G 대비 <b>저용량</b> ※ (5G) 20Gbps ≫ (Wi-Fi 5) 7Gbps	<b>5G급으로 용량 확장</b> ※ (Wi-Fi 7) 30Gbps
사물 연결(IoT)	저속·커버리지 중심	<b>고신뢰·저지연 산업용 특화망</b>
센싱 등 감각 기능	물체 식별·위치 측정 등	5G·AI와 결합하도록 <b>초정밀·고해상도</b> 탐지

자료 : 과학기술정보통신부(2019), 「5G+ 스펙트럼 플랜」

6 GHz 비면허 대역 기술(Wi-Fi, IoT, 센싱 등)은 국민 일상과 산업 전반의 필수재로, 과기정통부는 5G와 결합·보조하는 비면허 기술을 5G 성능으로 고도화 하기 위해 5G+ 전략산업별 비면허 주파수 공급 및 기술규제 개선을 추진한다. 6 GHz 대역에서 차세대 Wi-Fi와 비면허 5G(NR-U1))를 선택적으로 이용할 수 있도록 기술 중립적으로 기술 기준을 개정하고, 공동사용 기술개발 등을 추진한다. 6 GHz 대역 주파수 공급을 통하여 국민은 저렴한 비용으로, 기업은 비용 효율적

1) NewRadio-Unlicensed

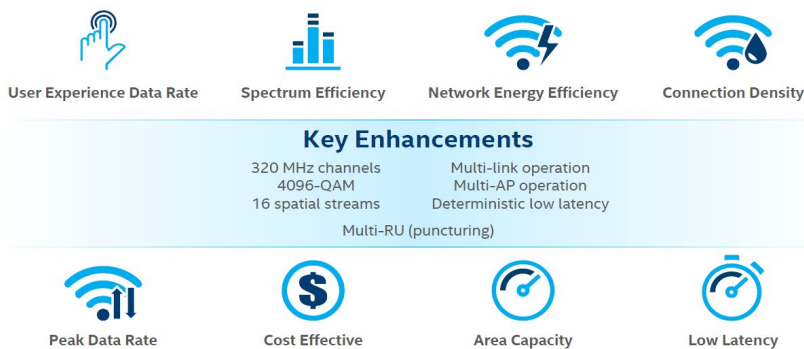
으로 5G 트래픽 분산이 가능하며, 스마트공장 전용망 구축을 통해 중소기업 제조 혁신에 기여할 수 있을 것으로 보인다. 6 GHz 비면허 대역은 스마트시티, 스마트 공장, 자율주행 및 각종 스마트 융합 공중 산업계에서 핵심적인 역할을 할 것이다.

## II. Wi-Fi 7

Wi-Fi 6 인증 제품들이 출시되고 11ax 표준의 완료가 가까워짐에 따라, 후속 Wi-Fi 7 표준인 IEEE 802.11be 표준화 작업이 2019년 5월부터 본격적으로 시작되었다. 2020년 9월에 11be Draft 0.1이 발간되었고, Draft 1.0은 2021년 5월, Draft 2.0은 2022년 3월에 발간될 예정이다. 11be는 최소 30 Gbps 이상의 초고속 무선랜 표준 기술을 목표로 하고 있으며, Wi-Fi 기반 AR/VR, 실시간 게임, 산업용 무선랜 등의 높은 전송속도 및 낮은 지연 시간을 요구하는 응용들도 가능하게 한다. 표준 후반부에 6GHz 대역을 포함했던 11ax와 달리 11be는 처음부터 1GHz~7.125GHz 범위의 비면허 대역의 사용을 포함하도록 정의함으로써, 6GHz를 초기부터 지원한다.

### 1. Wi-Fi 7의 기술적 특징 및 시장 가치

#### Key Wi-Fi 7 Features\*



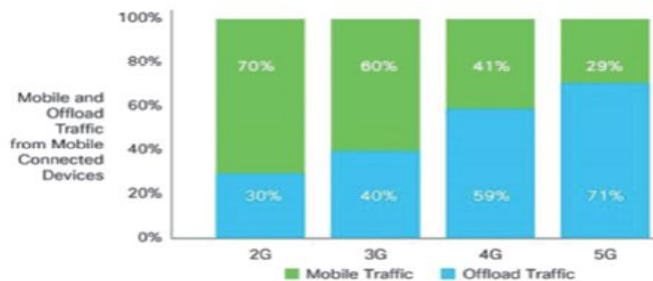
[그림 2] Wi-Fi 7 주요 특징

자료 : Intel

WiFi 7 기술은 이전 기술 대비 연속적인 광대역 스펙트럼의 제공, 넓은 대역폭 사용에 따른 상대적인 간섭 영향의 제약 극복 등을 장점으로 아래와 같은 신규 기능을 강조하고 있다.

- 320 MHz 대역폭 및 비인접 주파수 사용 효율 향상
- 다중 대역/다중 채널 집합 및 운영
- 16개의 공간 스트림 및 다중 입력 다중 출력(MIMO) 프로토콜 향상
- 4096 QAM(4K-QAM)
- 다중 액세스 포인트(AP) 조정(예: 조정 및 공동 전송)
- 향상된 링크 적응 및 재전송 프로토콜(예: 하이브리드 자동 반복 요청(HARQ))
- OFDMA에서의 자원 할당 강화

모바일의 네트워크 세대가 진화될수록 WiFi 의 데이터 오프로드 기능은 그 역할이 점점 강조되고 있는 추세이며 모바일 네트워크 생태계의 핵심 요소로 자리 잡고 가고 있다. 특히, 4G 이후 점점 더 심화되는 면허 대역의 주파수 자원 부족에 따라 WiFi 기술 등 비면허 주파수 대역을 이용한 데이터 오프로드 기능은 모바일 환경에서의 데이터 용량의 확대 지원이라는 측면(특히 실내 공간이나 밀집된 공공장소)에서 모바일 트래픽 분산 효과라는 필수 불가결한 요소로 여겨지고 있다. Cisco가 발표한 백서에 따르면 비면허 주파수 대역 활용에 대한 모바일 의존성은 각 이동 통신 세대 진화와 함께 5G에서는 70% 이상까지 지속적으로 증가할 것으로 예측하고 있어 향후 5G 네트워크 이후에도 이는 가속화 될 전망이다.

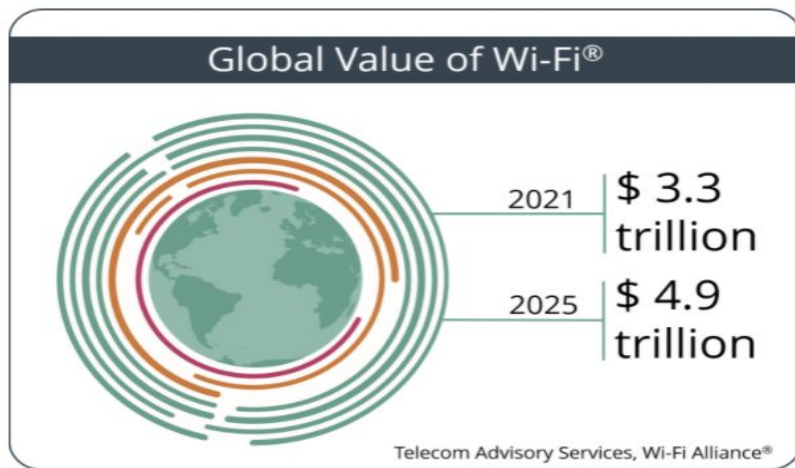


[그림 3] 모바일 트래픽과 오프로드 트래픽 비교

자료 : Cisco

앞서도 언급했듯이 6GHz 주파수 대역은 1.2GHz 의 광대역의 주파수 대역폭을 제공함으로써 그 역할을 극대화 할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 320 MHz의 광대역 대역폭 사용으로 인해 Mobile AR/VR 서비스나 High Speed Tethering 서비스 등뿐만 아니라 다양한 정보통신 인프라 활용성이 극대화될 수 있어 새로운 정보통신 생태계를 구축할 것으로 예상된다. 더 나아가 WiFi 7 기술의 모바일 단말 적용 확산을 시작으로 고속 WiFi Router 및 High Quality Mirroring 위한 TV 등 다양한 정보통신 기기로의 확대 적용 가능하여 6GHz 주파수 대역 응용 생태계가 확장되면서 가파른 시장 확산을 견인할 수 있을 것이다

Wi-Fi Alliance의 최신 연구 보고서에 따르면 현재 Wi-Fi의 경제 가치를 2021년 3.3조 달러로 추산하였으며, 2025년에는 그 가치가 4.9조 달러에 이를 것으로 전망했다. 이러한 전망은 2018년부터 2025년까지 거의 3조 달러의 가치 증가 (150% 성장)를 보여준다. 6GHz 의 개방으로 Wi-Fi 가 창출하는 가치는 더욱 증가 할 것이며 경제적 기여 또한 확대될 것이다.



[그림 4] Wi-Fi 경제적 가치

자료 : Wi-Fi Alliance

### Ⅲ. 6GHz 대역 국내외 규제

#### 1. 미국

미국의 FCC 6GHz R&O[5]는 최대 전력 스펙트럼 밀도 (PSD: Power Spectral Density) 23dBm/MHz 이하에서 동작하는 표준 전력(SP: Standard Power) AP가 U-NII-5 및 U-NII-7 대역에서 동작하기 위해서 AFC (Automated Frequency Coordination) 데이터베이스에 접속하여 사용 가능한 채널 목록과 전송 전력을 수신하도록 하고 있다. 이때 U-NII-5 및 U-NII-7 대역에서 작동하는 기존 면허 수신기를 보호하기 위한 비면허 기기의 동작 가능 파라미터들은 중앙의 AFC 서버에 의해 계산된다. AFC 서버는 기존 면허 수신기의 안테나 패턴, 면허 및 비면허 기기의 안테나 높이, 비면허 기기의 EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) 및 적절한 전파 모델들을 고려하여 파라미터를 계산한다. 표준 전력 AP 외에도 FCC R&O는 각각 최대 전력밀도 5dBm/MHz와 -1dBm/MHz로 동작하는 저전력 AP 및 단말의 실내 운용에 한해서는 AFC 시스템에 접속하지 않고 6GHz 전대역에서 동작할 수 있도록 허용한다. 이는 이러한 저전력 실내(LPI: Low Power Indoor) AP가 실내에서 허용 가능 전력 이하에서만 작동한다면 기존 실외의 면허 수신기에 주는 영향이 적을 것으로 예상되기 때문이다. 또한 상기 LPI AP와 연결된 단말들의 경우 AP 대비 6dBm/MHz 만큼 전송 전력을 추가로 제한하였으므로 단말들이 실외 기기들에 줄 수 있는 영향도 최소화했다. FCC는 R&O와 함께 발표한 FNPRM (Further Notice of Proposed Rule Making)[5]에서 6GHz 대역을 통해 초저전력(VLP: Very Low Power)으로 작동하는 비면허 장치를 실내·외에서 허용하는 것에 대한 의견을 추가로 수렴하고 있다. 이러한 VLP 장치는 웨어러블 장치 또는 무선 AR/VR과 같은 Personal Area Network 응용들을 활성화하는 데 유용할 것이다. VLP 장치의 PSD (전력 스펙트럼 밀도)는 아직 결정되지 않았지만 -8dBm/MHz로 논의되었고,



EIRP (실효 등방성 복사 전력) 14dBm 이하에서 6GHz 전 대역에서 작동할 수 있도록 제안하고 있다.

## 2. 유럽

유럽에서 최근에 발간한 ECC 보고서 302는 유럽의 5.925~6.425GHz 대역에서 비면허 사용자와 기존 면허 사용자 간의 공존 가능성에 대한 연구 결과를 담고 있다. 현재 6GHz 기존 사용자들은 앞서 기술한 고정형 무선 서비스, 위성 서비스, ITS 서비스, CBTC 및 UWB 시스템 등이 포함된다. 보고서에서 수행된 Monte Carlo 기반의 시뮬레이션 결과를 보면 비면허 장치가 실내에서 EIRP 23~24dBm 이하로 동작하는 경우 기존 고정형 서비스 수신기들에게 간섭을 일으킬 위험이 매우 적다는 결론이 도출되었다. 제시된 결과에 따라 CEPT(European Conference of Postal and Telecommunication)는 CEPT 보고서 73을 승인했다. 유럽의 6GHz 대역에서 비면허 대역에 대한 운용 권장 사항도 <표 1>에 기술하였으며, 향후 유럽 각 국가 별로 CEPT 보고서에 기반하여 각 나라별 규제를 제정할 예정이다.

## 3. 한국

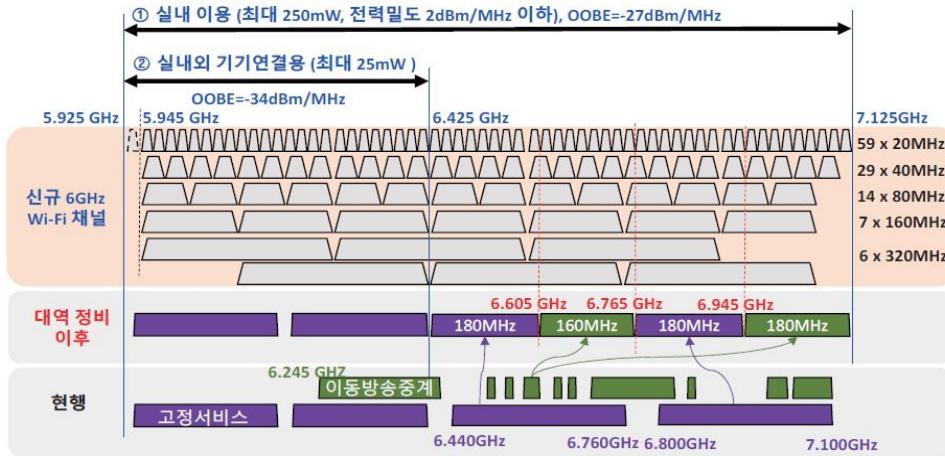
국내에는 미국과 같이 이동방송중계 서비스가 6GHz 대역에 할당되어 이용 중에 있다. 다만 미국과 다르게 전체 대역에 산재하여 이용되고 있다. 따라서 이동방송중계 주파수를 6425MHz 이상의 일부 대역으로 이전하고 고정통신 주파수를 포함하여 재배치하는 방안이 2019년부터 준비되어 왔다. 2020년에는 '6GHz 대역 비면허 주파수 공급 연구반'을 구성하여 간섭분석에 따른 기술 기준을 마련하여, 6월 26일 행정예고에 대한 의견 수렴의 결과 10월 16일 기술 기준을 확정 공개하였다.

[표 4] 국내 6GHz 기술기준

항목	Low Power Indoor(LPI)	Very Low Power(VLP)
동작주파수	5925-7125 MHz(1.2 GHz 폭)	5925-6425 MHz(500 MHz 폭)
평균 최대 복사전력	-	14 dBm (25 mW)
평균 최대 전력밀도	2 dBm/MHz	1 dBm/MHz
점유대역폭	160 MHz 이하	160 MHz 이하
불요발사	-27 dBm/MHz (5925-7125 MHz 대역 밖의 주파수)	-34 dBm/MHz (5925-6445 MHz 대역 밖의 주파수)
동작 제한 사항	자동차, 항공기, 철도, 선박, 드론 등 이동체 사용 금지	자동차 내장형 기기의 경우, 6085-6425 MHz 대역 사용
채널접속 관련	송신 전 신호 감지(LBT) 방식 이용	

〈표 6〉은 국내 기술기준을 정리한 표이다. LPI의 경우 전체 1.2GHz 대역폭을 모두 사용할 수 있다. LPI는 최대 복사전력은 정의하지 않고 전력밀도만 정의되어 있는데, 고정 및 이동방송증계에 발생할 가능한 간섭의 범위가 대역폭과 상관없이 일정하도록 전력밀도로 제한하였다. 이 기준에 따르면 160MHz 대역폭에서 250mW (14dBm)로 동작이 가능하며, 무선랜의 대역폭이 작을수록 복사전력이 상대적으로 작아지게 된다. VLP는 대역 정비 후 이동방송증계를 고려하여 하위 500MHz 대역폭으로 사용이 제한되었으나 160MHz 대역폭은 최대 3개까지 이용 가능하다. VLP의 주요 특징은 차량 내부에 VLP 및 ITS 장치가 장착되어 출고되는 경우 발생 가능한 간섭문제를 고려하여 하위 160MHz 대역폭 사용을 제한하였다. VLP 불요발사의 경우 ITS와 양립을 위하여 LPI에 비하여 더 엄격한 -34dBm/MHz로 규정하였으며 상위 주파수 기준은 6425MHz를 경계로 Wi-Fi 채널이 배치되는 특성을 고려하여 6445MHz 밖으로 정의하였다.

〈그림 5〉은 국내 6GHz 대역의 대역 정비에 따른 고정 및 이동방송 서비스의 채널 배치 결과와 신규 비면허 주파수 공급에 따른 Wi-Fi 관점에서의 채널(320MHz 대역폭 포함)배치를 나타낸 것이다.



[그림 5] 국내 6 GHz 기술기준 및 대역정비

## IV. 시사점

2022년 과기정통부에서 공고한 「비면허 주파수 활용 유망기술 실증 사업」의 모집 내용을 살펴보면 Wi-Fi 6E 기반 고정밀 AR 네비게이션 실증, Wi-Fi 6E 활용 무인 스마트 물류 서비스 실증 등 정보통신 스마트 융합설비에 대한 구체적인 실증이 시작되고 있다. 과기정통부 뿐만아니라 세계적으로 6 GHz 비면허 주파수 대역을 활용하는 신기술은 신산업 및 고용창출의 핵심적인 역할을 할 것으로 보고 있으며, 위 비면허 대역의 오프로딩(데이터 분산소비)을 통해 스마트 시티에서 사용될 고품질 5G 콘텐츠(8K급 동영상, 실시간 AR·VR)가 분산되어 소비됨으로써 5G 보급을 가속화 시킬 것이다. 또한, 스마트 공장에서 현장의 유선망들을 생산체계 유연화를 위해 무선망으로 대체될 때 중심역할을 할 것이다. 이처럼, 6GHz 대역 비면허 주파수는 ICT 융합 서비스 산업 활성화를 빠른 속도로 가속화시킬 것으로 전망되며, 뿐만 아니라 앞으로 소비자 네트워크와 기업 네트워크 그리고 사물인터넷(IoT)에 있어서 고도화된 시스템 구현에 필수적인 요소가 될 것이다.

Wi-Fi Alliance의 자료를 보면 알 수 있듯이, Wi-Fi의 시장 규모는 급속도로 팽창중이다. 6GHz 대역 비면허 주파수를 시작으로 이 속도는 더욱 가속화 될 것이며, 이에 발맞춰 스마트 융합 산업 또한 발맞춰 진보할 것이다. 6 GHz 비면허 주파수 대역을 활용한 서비스 확산이나 제품 출시 등이 이제 시작 단계이기에 다양한 신규 서비스 확산을 위한 정책 및 규정 등 제반 사항들도 하나하나씩 마련될 것이므로, 비면허 주파수 기술과 함께 더욱 발전될 스마트시티, 스마트공장, 자율주행 관련 시스템 및 스마트 융합 산업에 대비하여 지속적인 관심이 필요해 보인다.

## V. 참고 문헌

- [1] 과학기술정보통신부(2019), 5G+ 스펙트럼 플랜
- [2] 이기훈, 정방철.(2021), 6 GHz 비면허 대역에서의 NR-U와 Wi-Fi 간 주파수 공유기술 연구 동향, 전자파기술, 32(5), 11-21.
- [3] 남원모(2021), 차세대 Wi-Fi 시대의 개막과 활성화를 위한 논의 동향, ICT Standard Weekly 제1012호
- [4] 김승남, 이일규.(2021), 6 GHz 대역 비면허 주파수 사용을 위한 공존방안 연구, 전자파기술, 32(5), 43-52.
- [5] 손주형, 김상현, 고건중, 곽진삼.(2021), 7세대 무선랜 IEEE 802.11be 표준화 동향, 한국통신학회지(정보와 통신), 38(7), 40-45.
- [6] 엄중선, 김봉수, 박승근.(2020), 6GHz 대역 비면허 주파수 공유기술 및 기술 기준, 한국통신학회지(정보와 통신), 37(11), 77-86.
- [7] 권혁춘, 박용호, 고민범.(2020), 6GHz 대역 기술 및 시장 전망, 한국통신학회지 (정보와 통신), 37(11), 87-95.
- [8] Wi-Fi Alliance(2021), Value of Wi-Fi



# 양자암호통신의 이해와 정보통신공사 업계에 주는 시사점

산업정책실 이채성 위촉연구원

cslee@kici.re.kr

## I. 양자암호통신 개요

과학기술정보통신부·한국지능정보사회진흥원은 『양자암호통신 시범 인프라 구축 운영 사업』(2019-2022)을 추진하여 우리나라의 양자산업 기반을 구축하고자 하며, 2022년 새롭게 출범하는 윤석열 정부는 빅 데이터·블록체인 융합 5G·6G 지능형의 초연결 5대 인프라 중 하나인 양자암호 정보통신망 구축을 정책 공약으로 내세웠다.

4차산업 시대에는 자율주행에 필요한 데이터, 의료에 필요한 바이오·생체정보 등과 같이 통신망을 통해 실생활의 안전과 개인정보를 담고 있는 데이터의 철저한 보안이 필요하다. 더욱이 슈퍼컴퓨터보다 데이터 처리 속도가 1억 배 빠른 양자 컴퓨터의 등장으로 기존 암호체계의 사전 예측 가능성이 커지고 이에 따른 암호체계가 위협받으면서 보안 및 정보 보안의 중요성이 점차 높아지고 있다. 이러한 배경 속에 차세대 보안 통신 기술인 양자암호통신(Quantum Cryptography Communication)이 주목받고 있다.

양자암호통신은 양자정보 기술의 한 분야로써 1980년 중반부터 본격적으로 연구가 시작했다. [그림 1]과 [그림 2] 같이, 양자암호통신은 빛의 가장 단위인 광자를 이용해 정보를 전달하며, 양자중첩, 불확정성, 비복제성 등 양자의 특성을 이용한 차세대 통신 보안 기술이다.

양자 중첩은 양자상태에 담겨있는 하나의 정보가 서로 다른 두 상태로 존재할 수 있는 특성으로, 즉 0과 1이라는 두 가지의 상태를 동시에 전송함으로써 제3자가

암호 비밀키에 접근할 수 없도록 하는 역할을 한다.

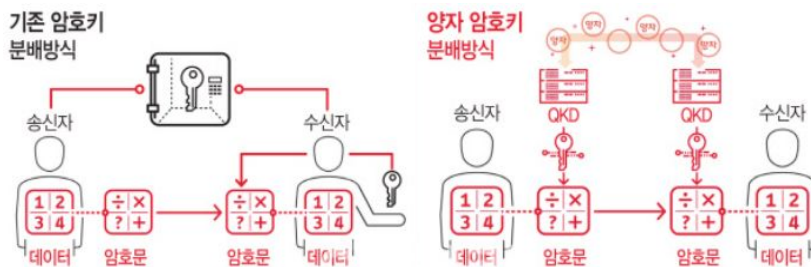
불확정성은 암호 비밀키에 수신자가 아닌 도청자가 접근할 경우, 양자 상태에 변화를 주게 되며, 이러한 변화는 송신자와 수신자의 키 분배의 오류 통계에 변화를 가져오게 되어 도청자의 존재를 알려주는 역할을 한다.

비복제성은 양자의 선형성에 기인하여 임의에 양자 정보를 완벽하게 복제하는 것을 불가능하게 만든다. 이처럼 양자암호통신은 양자 중첩의 원리를 이용하여 수신자가 아닌 제3자인 도청자가 암호 비밀키 접근을 사전에 방지하며, 불확정성 원리를 통해 도청자의 접근을 파악하고 비복제성 원리를 통해 중첩된 양자를 똑같이 복제해서 수신자에게 보내는 것을 불가능하게 만들며, 도청(해킹)을 전면 차단할 수 있는 차세대 각광받는 암호통신이다.



[그림 8] 양자암호통신의 원리

자료: SK텔레콤



[그림 9] 기존 암호통신과 양자암호통신 비교

자료: SK텔레콤



양자암호통신은 양자난수생성기(QRNG)와 양자키분배(QKD)의 핵심 기술을 사용하여 송수신자 간의 통신을 수행한다. 양자난수생성기는 패턴이 없고 예측할 수 없는 양자의 특성을 활용한 난수를 만들며, 통신망 양 끝단에 양자키분배를 통해 고객 키를 안전하게 송신하여 해킹을 불가능하게 한다.

본 고에서는 앞서 기술한 양자암호통신에 대해 정보통신공사업체의 이해를 돕고, 이에 대한 준비를 위해 국내외 양자암호통신 정책과 시장현황 및 전망, 그리고 주요 분야별 양자암호통신의 적용사례를 분석하고, 정보통신공사업체가 대응해야 할 부분에 대해 시사점을 제시하고자 한다.

## II. 양자암호통신 관련 주요국 정책

### 1. 양자암호통신 관련 주요국 정책

양자암호통신은 오늘날 양자컴퓨팅 시대에 부합하는 보안 기술로, 주요국들은 국가적 차원에서 획기적 보안 시스템 확립이라는 목적 하에 양자암호통신을 선점하기 위한 적지 않은 투자를 감행하며 경쟁 또한 점점 치열해지고 있다.

양자컴퓨팅기술 1위인 미국은 일찍이 양자암호통신에 관심을 가졌다. 2009년, 국가양자정보과학비전을 발표하고 국방부와 다수의 정보기관, 연구소 등 국가적 차원에서의 양자암호통신의 개발을 위해 노력하고 있으며, 구글, IBM, 인텔 등 거대 IT 기업들 또한, 미국의 양자암호통신의 경쟁력을 키워나가고 있다.

중국은 세계 최초로 양자암호통신 위성을 발사하였으며, 지상 약 2,000km와 위성 약 2,600km 양자암호 통신망을 구축하여 양자암호통신의 세계 1위 기술 수준을 보유하고 있다. 이에 이어, 일본 국가정보통신기술연구소(NICT)는 양자암호 테스트 위성 ‘소크라테스(SOCRATES)’를 발사하여 우주와 지상간 양자암호키 분배(QKD) 실험해 성공하였으며, 10Mbps 속도로 양자 암호를 전송하는데 성공하였다.

유럽은 2018년 10월, EU 산하기구 ‘양자 플래그십(Quantum Flagship)’을 출범하여 유럽 내 양자암호통신 협의체를 구성하였다. EU는 양자 플래그십에 10년간 10억 유로를 투자하여 통신, 컴퓨팅, 센싱, 시뮬레이션 등 4개의 양자 응용분야를 육성하겠다는 계획을 발표했다.



[그림 3] 주요국 양자암호통신 정책

## 2. 양자암호통신 관련 국내 정책

이미 10년 전부터 북미, 일본, 유럽 등 기술선진국에서의 양자 분야 중장기 기술 개발 전략을 수립한 것에 비해 우리나라의 양자정보 기술 전략은 비로소 늦게 추진 전략이 수립됐다. 과학기술정보통신부(당시, 미래창조과학부)에서는 ‘양자정보통신 중장기 전략’을 통해 양자정보통신 글로벌 선도국가 진입을 위한 9개 실천과제를 처음으로 제시(‘14.12)하였다. 이 전략에 따르면, 양자암호통신 신(新)산업화를 위한 △양자암호통신 시험통신망 구축 △시험운용망을 통한 신뢰성 확보를 위한 검증인증 체계 마련 및 해외진출 지원 △공공기관 및 민간분야 확대의 방침을 세웠다.



[그림 4] 양자정보통신 중장기 추진전략

자료: 미래창조과학부(2014)

이에 더 나아가, [표 1]과 같이 양자정보기술의 경쟁력 강화와 산업 활성화를 지원할 수 있는 법적 근거인 「정보통신진흥 및 융합활성화 등에 관한 특별법」(‘21.6.10. 개정)을 시행하였다. 이는, 양자정보통신에 의한 변화되는 미래 산업 패러다임을 선제적으로 대응하기 위해 법률 개정을 통해 지원 근거를 마련했다고 볼 수 있다. 개정안은 양자정보통신 관련 △연구개발(R&D) △인력양성 △국제협력 △표준화 △전담기관 △클러스터 등에 관한 법률 근거를 명시하여 양자정보통신 관련 연구와 산업 진흥 기반을 마련하고자 한다.

[표 5] 「정보통신진흥 및 융합활성화 등에 관한 특별법」 개정안

구 분	내 용
양자정보통신 정의 (제2조)	양자역학적 효과를 기반으로 하는 양자암호 및 통신, 양자센서 및 소자, 양자컴퓨터 등을 가능케 하는 기술
연구개발·인력양성 (제27조의2)	원천기술 확보 단계인 양자 분야의 특성을 고려하여 연구개발 지원, 인력양성 등 생태계 조성 지원 근거 마련
국제협력·표준화 (제27조의2)	양자분야에 대한 각국의 연구개발이 빠르게 진행되고 있는 점을 고려하여 국가 간 연구협력·표준화 지원 근거 마련
전담기관의 지정 (제27조의2)	양자정보통신 관련 연구개발·인력양성·국제협력 등을 지원하기 위한 전담기관 지정 근거 마련
민간 기술개발 지원 (제27조의3)	양자분야 기술집약형 중소·벤처기업 등 민간부문의 양자정보통신기술에 대한 지원 근거 마련
양자산업클러스터 (제7조, 제27조의4)	산·학·연의 유기적인 연계를 기반으로 양자산업을 집중 육성할 수 있는 양자산업클러스터 지정 근거 마련

자료 : 과학기술정보통신부 보도자료(2021.6.). 미래 양자기술·산업 육성법 마련·시행

또한, [표 2]와 같이 과학기술정보통신부의 중심으로 디지털 뉴딜 정책의 일환인 ‘양자암호통신집적화 및 전송기술 고도화’, 양자암호통신 시범 인프라 구축·운영 사업’ 등 다양한 지원 사업을 통해 양자암호통신의 기술 개발 및 검증과 초기 시장을 확보하고자 하고 있다.



### [표 6] 양자암호통신 관련 지원사업

#### [사업명 : 양자암호통신집적화 및 전송기술 고도화]

- 주관기관 : 정보통신기획평가원(IITP)
- 사업규모 : 7,600백만원(2022년)
- 지원분야 : 양자암호통신 송수신 칩 집적화, 전송효율 향상, 상호운영성 등 핵심 기술 개발 지원

#### [사업명 : 양자센서핵심원천기술개발]

- 주관기관 : 정보통신기획평가원(IITP)
- 사업규모 : 8,500백만원(2022년)
- 지원분야 : 네트워크, 통신전파, AI, 빅데이터, SW 등 양자센서 핵심원천기술 개발을 통해 국가전략기술 확보 및 첨단산업 선도

#### [사업명 : 양자암호통신 시범인프라 구축·운영 사업]

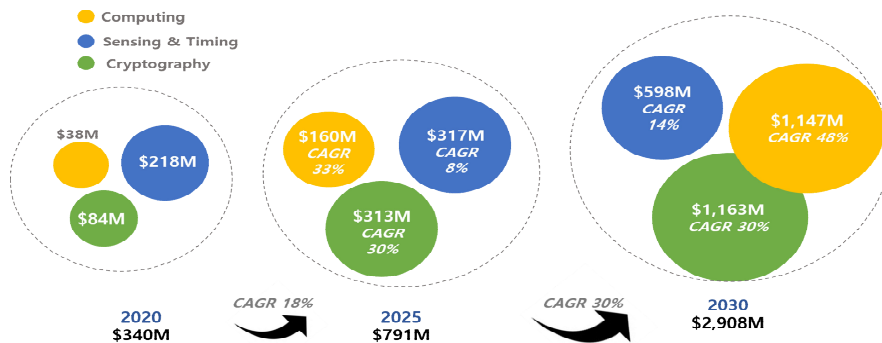
- 주관기관 : 한국지능정보사회진흥원(NIA)
- 사업규모 : 11,800백만원(2021년)
- 지원분야
  - 인프라 구축: 국가·공공기관 및 민간 통신망에 양자암호통신망 구축
  - 시험·검증 : 기능·성능, 보안성·안전성 및 안정성·생존성 검증 등
  - 서비스 구현 : 보안 기술의 응용서비스 구현
  - 망운영 : 3년 간의 성과활용기간을 통해 양자암호통신망 운영 및 고도화

#### [사업명 : 양자정보과학 연구개발 생태계 조성]

- 주관기관 : 한국연구재단
- 사업규모 : 750백만원(2021.4 ~ 2023.12)
- 지원분야
  - 양자정보과학 인적기반 조성
  - 리더급 연구역량 강화 : 신규 진입 교수 등을 대상으로 해외 우수 연구소·대학과의 인력교류 중심 공동연구를 통해 미래 연구주제 발굴 및 글로벌 네트워크 구축 등 지원

### Ⅲ 양자암호통신 산업동향 및 전망

글로벌 시장조사 기관 YOLE(2021)<sup>1)</sup>에 따르면, 양자정보 시장은 2020년 340백만 달러 규모에서 2030년 2,908백만 달러 규모로 연평균 23.9% 성장할 것으로 전망하고 있다. 이중, 양자암호통신 시장은 2020년 84백만 달러에서 2025년 313백만 달러로, 2030년에는 1,163백만 달러로 성장하여 양자정보 시장에서 가장 많은 비중을 차지할 것으로 전망하고 있다. Technavio(2016)<sup>2)</sup>은 양자암호통신 시장의 이러한 성장은 ① 생체 측정 시스템 ② 암호화 기반 전자메일 통신 시스템 ③ 암호화폐 클라우드 컴퓨팅 시스템 등 주로 세 가지 동인 요인에 의해 작용할 것으로 분석했다.



[그림 14] 세계 양자정보통신 시장 규모 전망

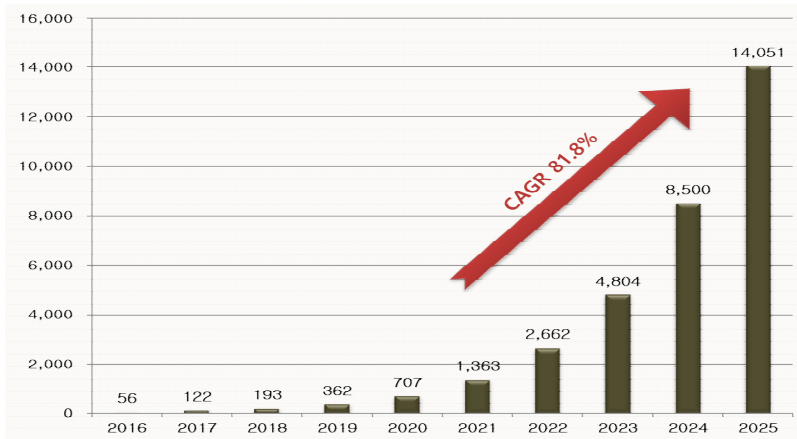
자료: YOLE Développement (2021.06)

국내 양자암호통신 시장은 현재까지 기술개발 및 테스트베드 구축을 중심으로 시장이 형성되며, 세계 시장에 비해 다소 뒤쳐진 성장이 있는 것으로 나타났다. 정보통신기획진흥원(IITP)에 따르면, 2016년~2019년 동안의 국내 양자암호통신 시장의 규모는 매우 작았으나, 2020년 이후부터는 시장 규모가 급속하게 증가할

1) YOLE Développement(2021.6), Quantum technologies: the market is growing  
 2) Technavio(2017.5), Quantum Cryptography Market – Drivers and Forecasts by Technavio



것으로 전망하고 있다. 특히, 2020년의 양자암호통신시장은 707억 원에서 연평균 81.8% 성장하여 2025년에는 1조 4,051억원에 육박할 것으로 전망한다. 이는 지난 2016년 56억원의 시장규모와 비교하여 불과 10년 사이에 약 250배가 증가한 수치이다.



[그림 15] 국내 양자암호통신 시장 규모 전망

자료 : Market Research Media(2016.2)(2016~2020)에 기반하여 IITP에서 추정

## IV. 국내 주요 분야별 양자암호통신 활용 사례

우리나라 양자암호통신 기술은 상용화 전 단계로 시험 검증 단계로 볼 수 있다. 시험 검증 단계에서의 시범사업을 살펴보면, 양자암호통신 기술은 인공지능과 빅데이터와 같은 기술이 융합되었을 때 큰 시너지를 낼 것으로 전망된다. 아울러 금융 거래에 쓰이는 암호체계에 양자암호통신을 적용하여 암호화 및 복호화 시간 단축과 보안 수준 향상이 가능해질 것이다. 또한, 자율주행차에 양자암호통신을 적용하면 사람이 타지 않고도 움직이는 무인주행 수준으로써의 레벨5 단계에 도달할 수 있을 것으로 기대된다. 이처럼 양자암호통신이 상용화될 경우, 다양한 산업의 경쟁력 제고 등 파급효과가 상당할 것으로 전망된다.



[그림 17] 국내 양자암호통신 적용 사례

자료 : 과학기술정보통신부

비대면 언택트(Untact) 확산에 맞춰 양자컴퓨터 개발 등 보안위협에 대응이 가능하도록 우리나라 정부는 양자암호통신을 시범 적용하여 기술을 개발하고 있다. 과학기술정보통신부 주관으로 한국지능사회진흥원(NIA)에서는 총 3년간('20~22) 총 430억 규모(2020년: 150억, 2021년: 118억, 2022년: 162억)로 『양자암호통신 시범인프라 구축사업』을 수행하고 있다.



[그림 18] 양자암호통신 시범 사업 기대효과

자료 : 과학기술정보통신부

『양자암호통신 시범인프라 구축사업』은 [그림 11]과 같이 공공분야 행정, 지자체 등 양자암호통신망을 시범 구축하고 보안성과 안전성을 검증하며, 산업 및 의료분야 시범망 구축 및 민감데이터에 대한 응용서비스 발굴로 레퍼런스 확보를



추진하고자 한다. 또한, 사업을 통해 양자암호통신망을 시범 구축하고 초기 시장을 확보하기 위한 목적을 가진다.

『양자암호통신 시범인프라 구축사업』을 통해 주요 통신 3사(SKT, KT, LGU+)를 중심으로 공공민간 분야에서 시범 구축되어 국가 기간망 외에도 스마트폰, 의료, 자동차 등 일상 곳곳에 다양한 서비스가 제공되고 있다.

[표 7] 양자암호통신 시범인프라 구축 현황

공공분야		
SKB	대전상수도사업본부 (송촌사업소, 대전광역시)	인공지능 실시간 얼굴인식 통제 USB 보안토큰
	광주보건환경연구원(북구보건소)	양자-스마트폰
	한수원발전소(서울-고리)	데이터 보호
KT	강원도청(2군단사령부)	양자-액화수소드론
	제주도청(교통안전체험관)	양자-자율주행차
LGU+	충남도청(공무원교육원)	데이터베이스 암호화 및 IC 카드
민간분야		
SKB	대구계명대병원(성서-중구)	자율주행 로봇(지정맥인증)
		IoT 스마트 빌딩 관리 시스템
	ADT 캡스(보라매, 장안, 삼성)	무인센서 보안시스템
		보안 출입ID카드
		USB 보안토큰
고려대병원(안암-K-Bio)	클라우드 병원시스템	
평화홀딩스	수소차 설계도 PDF 암호화	
KT	순천향대병원(서울-부산)	양자-원격의료협진
	현대로보틱스	양자-IoT로봇관제
	블록체인컴퍼니	양자-비트코인거래
LGU+	엔터테인먼트 기업 A사	USIM
	GS EPS	안면인식 출입보안

자료 : 전자신문(2022.1), 교육의료에너지 등 통신망 철통보안신산업 창출

## V. 정보통신공사에 주는 시사점

현재의 위성통신이나 Wi-fi와 같은 통신은 일정 범위 내 전파를 방출하여 데이터를 송수신하는 형태이다. 이는, 수신자뿐만 아니라 불특정 다수에게도 데이터를 암호화를 적용해도 항상 도청 위험에 노출되어있는 것이다. 또한, 스노든의 폭로와 금융권 개인정보 유출 사건과 같이 사회적인 큰 파장을 불러일으켰던 보안 관련 사례를 통해 정보 보안 및 보호의 중요성은 재차 강조되어왔다.

이러한 관점에서 암호체계는 더 높은 수준의 보안 통신을 요구될 것이며, 이에 따른 양자암호통신은 부상과 함께 계속해서 발전해 나갈 것이다. 국내 양자암호통신의 적용사례에서 살펴보았듯이 양자암호통신의 부상은 정보제어·보안설비 공사뿐만 아니라, 이동통신·위성통신·정보매체 설비 등 정보통신 인프라에 많은 변화를 이끄는 것으로 예상하며, 이에 따른 적절한 준비와 대응이 필요하다.

### □ 양자암호통신에 대한 이해와 관심을 바탕으로 능동적인 지원사업 참여

양자암호통신은 이미 세계 주요국 사이에서 21세기 주요 개발 과제로 선정되어 국가 경쟁력 확보 차원에서 끊임없이 기술 패권을 장악하기 위해 경쟁하고 있다. 우리나라 또한, 양자암호통신 관련 정책과 사업을 통해 생활 곳곳에 시범 적용하고 관련 산업 활성화를 목표로 국가적 지원을 하고 있다. 이에 따라 정보통신공사업은 양자암호통신의 이해와 관심을 바탕으로 정부의 전폭적인 지원에 적극적인 태도로 참여하고, 시장 진출에 기반을 구축할 필요가 있다.



## □ 양자암호통신 부상에 따른 신성장 동력의 기회 모색 등 사업 포트폴리오 다각화

양자암호통신은 통신, 국방뿐만 아니라 금융, 의료 등 다양한 응용분야에서 활용이 가능하며, 더 나아가 자율주행차 시대에 핵심 기술로 자리매김할 수도 있을 것으로 전망한다. 이에 따라 정보통신공사업은 양자암호통신 시장의 확대 전망에 따른 새로운 사업 기회를 포착할 필요가 있다. 예를 들어, 교통 관제 설비 공사를 시공하는 기업이 지능형 교통시스템(ITS)·주파수공용통신시스템(TRS) 구축 등 포트폴리오를 다각화하는 경우가 있듯이, 양자 암호통신기술 부상에 따른 신성장 동력의 기회를 적시에 모색해야 한다.

## □ 통신 인프라를 책임지고 있는 정보통신공사를 중심으로 양자 산업의 활성화

우리나라의 양자암호통신은 상용화 전 단계인 시험 검증 단계로, 아직까지는 선진국들의 기술을 추격하는 단계이다. 하지만, 우리나라는 세계적인 통신 인프라를 갖추고 있으며, 이를 운용하는 정보통신공사업은 새로운 양자산업의 견인차 역할을 할 수 있을 것으로 기대한다. 과거 성공적으로 산업화가 이루어진 기술들이 단계별로 성장을 해왔던 것처럼 통신 인프라를 책임지고 있는 정보통신공사업을 중심으로 양자암호통신도 기술 발전 속도에 맞추어 단계적인 상용화가 이루어진다면 우리나라는 세계적인 기술을 조기에 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

## VI. 참고 문헌 및 자료

- [1] SK telecom (2018.2), SK텔레콤, 세계 1위 양자암호통신 기업 IDQ 인수
- [2] Technavio(2017.5), Quantum Cryptography Market - Drivers and Forecasts by Technavio
- [3] YOLE Développement(2016.6), Quantum Technologies: The market is growing
- [4] 과학기술정보통신부 보도자료(2021.6), 미래 양자기술·산업 육성법 마련·시행
- [5] 과학기술정보통신부 보도자료(2021.05), 한미정상회담 후속조치 이행을 위한 양자암호통신 시범사업 본격 착수
- [6] 미래창조과학부 보도자료(2014.12), 미래부, 정보통신기술(ICT) 정보보안 및 신(新)시장 창출을 위한 ‘양자정보통신 중장기 추진전략’ 마련
- [7] 전자신문(2022.1), 교육·의료·에너지 등 통신망 철통보안·신산업 창출
- [8] 정보통신기획평가원(2016.10), 양자정보통신의 현황과 미래



## 정보통신산업연구원 소식

### ◆ 2022년도 제1차 정보통신공사 표준품셈 개선TF 회의 개최(2022.4.8.)

- 연구원은 2022.4.8. 서울시청역 달개비회의실에서 2022년도 제1차 정보통신공사 표준품셈 개선TF 회의를 위원 13명이 참석하여 개최하였다.



### ◆ KICI, 안세기술 방문 및 정보통신설비 BIM 개발사업 간담회 개최(2022.4.8.)

- 연구원은 2022.4.8. 안세기술 대회의실에서 정보통신설비 BIM 개발사업 간담회를 개최하였다.



◆ 2022년 정보통신공사업 해외진출 지원사업의 최종 평가 회의 개최(2022.4.15.)

- 연구원은 2022.4.15. 서울시청역 인근 달개비 회의실에서 정보통신공사업 해외진출 지원사업 최종 평가 회의를 평가위원 7명이 참석하여 개최하였다.





『정보통신산업동향』은 정보통신산업의 최신 동향을 조사·분석하여 주요 이슈를 발굴하고 이를 통해 정보통신공사업 등 제반 정보통신산업과 관련 정책에 기여하고자 한국정보통신산업연구원(<http://www.kici.re.kr>)에서 발간하는 이슈 및 동향 분석 연구지로, 본 내용을 인용할 때에는 반드시 출처를 기재하시기 바랍니다.



## 정보통신산업동향

제46호 (2022. 04.)

**발행일** 2022년 4월 27일

**발행인** 한국정보통신산업연구원

**편집인** 윤 천 원

**발행처** 경기도 수원시 장안구 하롤로 12번길 80

TEL (031)231-3400 FAX : (031)269-5210

<http://www.kici.re.kr>