

6G 이동통신 연구개발 동향분석 및 발전방안 연구 -미래 국방사업 적용방안-

전효진
국방기술진흥연구소

A Study on the Analysis of R&D Trends and the Development Plan of 6G Mobile Communication -Development Plan for Future Defense Projects-

Hyo Jin Jeon
Korea Research Institute for defense Technology planning and advance

요약 6G는 현재 연구 및 개발 중인 차세대 이동통신으로 초광대역, 초정밀 측위, 초고신뢰-저지연, 초공간, 초절감 등을 특징으로 한다. 주요 특징으로 초고주파 대역 및 테라헤르츠 주파수를 활용하여 기존보다 더 빠른 테라비트(Tbps)급 데이터 전송속도를 지원하고, 지연시간을 최소화(무선구간 지연 0.1 ms)하여 통신과 연결된 장치 간의 상호작용을 실시간으로 제공한다. 대용량데이터와 빠른 전송속도를 요구하는 가상 현실(VR) 및 확장 현실(XR), 완전자율주행, 원격 진료, 텔레프레즌스 등의 고도화된 서비스 기능을 실현할 수 있는 기술이다. 더불어 계속 증가하는 IoT 간의 대규모 연결을 지원하여 스마트 시티, 스마트 그리드 인프라 등을 구축할 수 있다. 여러 센서와 연결된 대량의 장치를 통해 수집된 각종 데이터를 분석하여 전력 소모 및 네트워크를 최적화할 수도 있다. 이러한 6G의 성공적인 기술 구현을 위해 본 논문은 국내·외 기관 및 연구소의 주요 연구 개발 및 정책 동향을 조사 분석하였으며 기술 개발에 필요한 연구 발전 방향에 대해 제시하였다. 또한, 6G 기술 적용을 위한 미래 국방 발전 방향에 대해 제시하였다.

Abstract 6G is next-generation mobile communication system that is currently being researched and developed. It is characterized by ultra-broadband, ultra-precision positioning, ultra-high reliability, and low latency communication, as well as ultra 3D coverage and ultra-low energy. Its main features are that it uses ultra-high frequency bands and terahertz frequencies to support terabit (Tbps)-level data transmission speeds that are faster than before and that it minimizes delay time (delay 0.1 ms in air interface latency), which would enable real-time interaction between communication and connected devices. This technology can be used to realize advanced services such as virtual reality and extended reality, complete autonomous driving, remote medical treatment, and telepresence, which require large amounts of data and high transmission speed. Furthermore, it supports the large-scale connectivity to help expand the Internet of Things, which would facilitate the establishment of smart cities and smart grid infrastructures. It is possible to optimize power consumption and network efficiency by analyzing various data collected through a large number of devices connected to various sensors. To achieve successful technological implementation of 6G, this study researched and analyzed major trends in research, development, and policy of domestic and foreign institutions and suggests necessary research and development plans for technology development. In addition, the future defense development direction for the application of 6G technology is presented.

Keywords : 6G, 6G Mobile Communication Technology, 6G Vision, From 5G to 6G, Mobile Communication, Terahertz

*Corresponding Author : Hyo Jin Jeon(Korea Research Institute for defense Technology planning and advance)

email: hyo@krit.re.kr

Received June 1, 2023

Accepted July 7, 2023

Revised June 27, 2023

Published July 31, 2023

1. 서론

이동 통신시스템은 아날로그 음성 통화 시스템에서 디지털 음성 통화와 문자메시지를 지원하는 2G, 멀티미디어 메시지 데이터 전송과 인터넷을 지원하는 3G, 고속데이터전송과 HD 비디오 스트리밍 등 멀티미디어 서비스를 지원하는 4G, 넓은 대역폭과 낮은 지연시간으로 4G 대비 10~100배 빠른 체감 전송속도를 지원하는 5G까지 여러 세대를 거쳐 발전해 왔다[1].

이동 통신시스템의 발전은 약 10년 주기마다 발전하고 있다. 기술성장이 가속화됨에 따라 Fig. 1과 같이 2G에서 5G까지 이동 통신 시스템 세대교체 주기가 15년에서 8년으로 단축되고 있다.

기술발전 흐름에 맞춰 미국, 유럽, 중국, 일본 등 해외 주요 국가에서 5G 상용화가 한창 진행 중임에도 불구하고 국제 표준 선점 및 기술 확보를 위해 6G의 연구개발이 진행 중에 있으며 다양한 연구 활동을 통해 성능목표 및 비전이 구체화 되고 있다.

Table 1에서 보는 바와 같이 기존 5G의 핵심성능지표(Key Performance Index, KPI)는 최고 전송속도 10 Gbps, 무선구간 지연 1 ms, 연결밀도 1 km² 당 약 106개의 장치연결 등을 목표로 개발되어 왔다.

6G는 최고 전송속도 1 Tbps, 무선구간 지연 0.1 ms, 연결밀도 1 km² 당 약 107개의 장치연결, 10 THz 이상의 초주파수대역, 전 구간 인공지능 기술 적용 등을 핵심 목표로 하고 있다.

6G의 기술 실현을 통해 5G에서 제한되었던 완전 자율주행, 모바일 홀로그램, 확장현실(XR) 등의 진화 된 서

비스가 가능해질 것이다. 차량, 드론, 로봇, 가전제품, 각종 스마트 센서 등이 6G 연결을 통해 각각의 주체로서 융복합적이고 새로운 서비스를 제공하게 될 것이다. 5G의 한계를 6G의 기술적 구현으로 극복할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

국방분야 역시 6G 발전에 따라 가상현실(VR), 증강현실(AR) 넘어 육체 오감 지원 확장현실(XR)을 활용한 훈련체계 구축, 격오지 부대의 실시간 원격 의료 수술, 드론 및 로봇 등을 통한 임무 수행 고도화 등이 가능해질 것이다.

이러한 6G의 고도화된 서비스와 성공적인 기술 구현을 위해 본 논문은 6G와 관련된 연구개발 동향 및 사례를 분석하고 국내·외 발전추세와 정책 사례에 대해 조사 분석하였다. 이를 통해 6G 구현을 위한 기술 및 발전 방안을 제시하였으며 미래 국방 환경에서 6G가 가져올 변화와 기술 적용 방안에 대해 분석하였다.

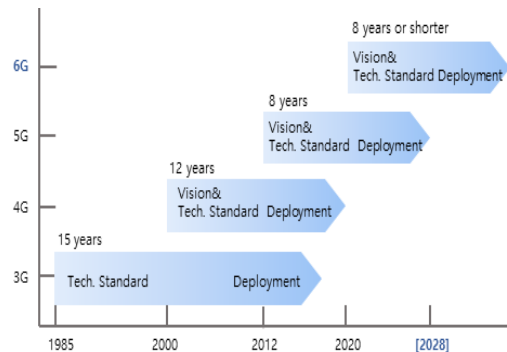


Fig. 1. Timeline of different generations[2]

Table 1. Comparisons between 5G and 6G[3]

KPIs	5G	6G
Peak data rate	10 Gbps	1 Tbps
latency	1 ms	0.1 ms
Energy efficiency	1000x relative to 4G	>10x relative to 5G
Connection density	1 million devices /km ²	>10 million devices/km ²
Coverage percent	80 %	>99 %
Positioning precision	Meters precision (20 m)	Centimeter precision
Mobility support	500 km/h	≥1000 km/h
AI	Partial	Fully
Extended Reality	Partial	Fully
THz communication	limited	Widely
Autonomous vehicle	Partial	Fully
Max. frequency	90 GHz	10 THz
Architecture	Massive MIMO	Intelligent surface

2. 6G 주요 연구개발 동향

2.1 국외 연구개발 및 정책 동향

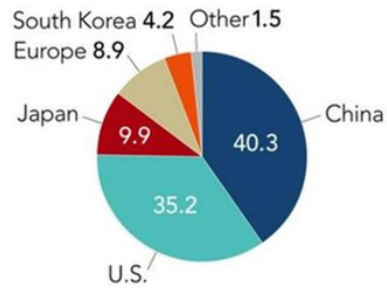
미국은 2018년에 DARPA(Defence Advance Research Projects Agency) 주도로 MIT, 버클리 등 10개 대학교가 공동 연구하는 테라헤르츠 전문연구센터 ComSenTer(Communication sensing terahertz)를 설립하였다. 100 GHz에서 1 THz 범위의 고대역 주파수를 활용하여 차세대 통신의 기반을 마련하고 5G 시스템 및 네트워크보다 10~1,000배 더 높은 데이터 용량을 제공하는 것을 목표로 하고 있다[4,5].

2020년에는 AT&T, Ericsson 등의 이동통신사, 기술 회사 등의 산업체가 Next G Alliance를 결성하였다. 6G의 기술 리더십을 발전시키기 위한 연구개발, 글로벌 표준화 등을 목표로 하고 있다. 삼성전자와 LG전자도 함께 참여하고 있다[6].

유럽은 선도적인 6G 연구개발과 혁신을 위해 2018년부터 8년간 약 290 억원의 국가재정을 투입하여 오울루 대학의 주관으로 6G Flagship Program을 수행한다. 네트워크 최적화, 테라헤르츠 스펙트럼 매커니즘 등을 개발을 목표로 하고 있다. 2020년에는 Nokia와 핀란드 오울루 대학, 이탈리아 피사 대학 등의 산학연 중심의 연구개발 그룹 Hexa-X를 출범하여 AI통합 네트워크 개발, 보안 등 8가지의 Work Package를 중심으로 연구개발 중에 있다[7,8].

중국은 2019년 중국의 주요 통신 사업자와 6G 추진단을 설립하여 6G 분야의 R&D 활성화 및 국제 교류 협력 증진을 목표로 하고 있다. 2020년에 정부 소속 연구기관인 중국 전자 정보 산업 개발 연구소(China Electronics Information Industry Development Research Institute, CCID)에서 6G 개념 및 비전 백서를 발간하였다. 6G의 비전, 비즈니스 응용 시나리오, 핵심 기술 등을 제시 했다. 6G 관련 기술 특허 출원 분석 결과에 따르면 Fig. 2에서 보는 바와 같이 중국은 전체의 약 40.3%를 차지할 만큼 많은 연구 개발이 진행되고 있으며 세계 최초로 6G 테스트를 위해 인공위성을 발사 하는데도 성공했다. 중국은 6G 기술 개발 경쟁을 주도하고 있다[9].

일본은 2020년 Beyond 5G Promotion Strategy 회담을 진행했다. 6G 로드맵과, Beyond 5G 추진 전략을 제시했다. 이동통신사인 NTT DoCoMo는 2020년에 6G 기술요구사항, 서비스 시나리오 등을 담은 6G 백서를 발간하였다. 초고속 및 고용량 통신, 해저 및 우주 커버리지 등의 6G로 달성 가능한 비전 등이 담겨있다.



Application for nine areas related to core 6G technology
Source : Cyber Creative Institute
(As of August 2021, in percent)

Fig. 2. 6G patent applications[10]

2021년에 핀란드 오울루대학이 주관하는 6G Flagship Program과 MOU를 체결했다. 6G 개발을 위해 상호 경쟁 우위 달성을 목표로 하고 있다[11-13].

2.2 국내 연구개발 및 정책 동향

한국은 관계 부처, 대기업, 중소기업과 긴밀히 협력해 6G의 미래 경쟁력을 확보하기 위해 노력하고 있다. 2020년에 과학기술정보통신부는 민관의 네트워크 경험과 노하우를 활용하여 6G 시대 글로벌 시장 선도를 목표로 미래 이동통신 R&D 추진전략 계획을 수립했다. 본 계획은 초고속(Tbps 급), 초지연(<5 ms급) 등 10개 전략 과제를 2025년까지 약 2,000 억원을 투자 지원한다. 2020년 4월에는 6G 핵심기술개발사업 예비 타당성 조사가 통과되었다. 정보통신기술기획평가원은 미국 국립과학재단과 6G를 포함한 신기술 공동 연구를 위해 MOU를 체결했다[14].

삼성전자는 2019년에 6G 연구개발을 위해 삼성리서치 산하 차세대 통신 연구센터를 설립했으며 2020년에 "모두를 위한 차세대 초연결 경험"이라는 6G 비전을 바탕으로 6G 백서 '6G The Next Hyper- Connected Experience for All' 를 발표하였다. 본 백서는 6G와 관련된 기술, 사회적 메가트렌드, 새로운 서비스 등 다양한 측면을 다루고 있다. 게다가 삼성전자는 캘리포니아 주립대와 함께 무선 테스트에서 적응형 빔 조향 기능으로 140 GHz 주파수 대역을 이용하여 15 m 거리에서 6.2 Gbps의 전송속도로 데이터를 전송하는데 성공했다. 100 GHz 이상 주파수 대역에서는 장애물에 따른 전파 경로 손실이 크고 전파 도달 거리가 짧아지는 특성으로 고도의 기술이 필요하다. 현재 100 GHz 이상 주파수 대역에서 데이터 전송시연에 성공한 기업은 극소수이다

[15,16].

LG전자는 2019년에 한국과학기술원과 산학협력을 바탕으로 미래 6G 기술 획득을 위해 MOU를 체결했다. 2021년에 독일 프라운호퍼 하인리히헤르츠 연구소와 함께 100 m 이상 떨어진 실외 환경에서 6G THz 주파수 대역을 활용하여 무선 데이터 송수신 테스트에 성공했다 [17].

SK텔레콤은 2019년에 6G 기술 요구사항 도출 및 신규 사업 모델 개발을 위해 삼성전자, 에릭슨, 노키아와 함께 6G 기술 공동 연구개발 협약을 체결했다. KT는 2019년에 서울대학교 뉴미디어 통신 공동연구소와 6G 통신 공동연구 및 자율주행 사업을 위한 업무 협약을 체결했다[18,19].

이처럼 기존의 SK텔레콤, KT 같은 이동 통신 산업체 뿐만 아니라 삼성전자 등 기타 산업체, 학교, 연구소에서 6G 주도권 확보를 위해 기술 연구개발 및 서비스 발굴을 위해 노력하고 있다.

3. 6G 기술 연구 발전 방안

3.1 테라헤르츠(THz) 대역 지원 기술

6G는 0.1 ~10 THz 고주파 대역의 테라헤르츠 대역을 사용한다. 5G에서 사용하는 기가헤르츠(GHz) 대역보다 더 넓은 통신 대역폭을 확보할 수 있어 전송 속도가 테라비트(Tbps)급으로 빨라진다. 이로써 초고속 통신을 요구하는 홀로그램 통신이나 초저지연을 요구하는 텔레프레즌스, 원격 의료수술 서비스 등이 가능해진다. 하지만 테라헤르츠 대역은 주파수가 높아 대역폭이 넓고 전송 속도가 빠른 반면 직진성이 강하고 파장이 짧아 전파 도달거리가 짧다. 더구나 Fig. 3에서 보는 바와 같이 공기 중의 수증기, 산소분자에 의해 쉽게 신호 감쇠가 발생한다.

따라서 높은 직진성 및 신호 감쇠를 극복하고 테라헤르츠 대역의 특성을 고려하여 6G의 안정적인 통신을 위한 송·수신기 연구개발이 필요하다. 안테나 이득을 높이기 위해 혼 안테나에 유전체 기판을 추가하거나, 코니컬 혼 안테나 주위에 금속가이드를 추가하는 등 고이득 안테나에 대한 연구개발이 필요하다. 추가적으로 고성능 유전체 기판, 배열 혼 안테나 칩 최적화, 빔포밍 안테나 기술 등에 대한 장거리 전송을 위한 안테나 연구개발도 필요하다[21].

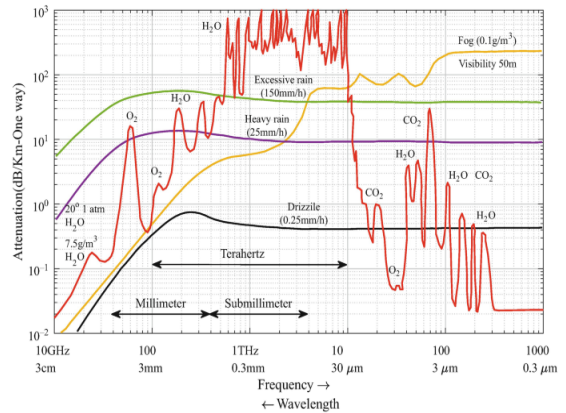


Fig. 3. Variation of atmospheric absorption[20]

3.2 초정밀 측위 기술

기존 측위 기술은 무선통신의 전파 도달 시간, 카메라, 기압/관성센서 등을 통해 측정하는 방식으로 구현되어 정밀한 측위가 제한되었다. 위성을 활용한 측위 기술도 있지만 신호가 도달하지 않는 지역이나, 실내의 경우 측위가 제한되었다. 5G, WiFi를 활용한 측위 기술의 경우 수 미터 수준의 측위 정확도를 갖는다. 6G는 5G의 mmWave 파형보다 더 좁은 빔폭 파형을 갖고 있다. 좁은 빔폭으로 인해 5G보다 높은 위치 정확도를 갖는다. 6G는 10 cm 이내의 위치 정확도를 목표로 하고 있다 [22].

초정밀 측위 기술은 물류 및 유통 관리, 자율 주행, 실시간 로봇제어, 교통관리, 인명구조 등 여러가지 형태의 서비스를 제공 가능하게 한다. 높은 위치 정확도와 정밀한 측위 기술을 위해 3차원 공간의 수평 및 수직 정보, 측위 서비스 구역, 정보 갱신주기, 측위 서비스에 대한 전력량, 가시거리(Line of Sight)와 비가시거리(Non-line of Sight) 간 통달거리 등 다양한 정보를 융복합적으로 처리하는 측위 연구개발이 필요하다. Ray Tracing을 활용한 전파 경로 추적, 분산 협력 측위, 간섭 및 이동성 관리를 통한 초밀집 네트워크 구축 기술 등을 통해 위치 추적 및 관리에 대한 연구도 필요하다[23].

3.3 에너지 효율성 향상 기술

2021년 기준 전 세계에 연결된 IoT 디바이스 접속 수가 123억 건이며, 2025년까지 270억 건이 넘을 것으로 예상하고 있다[24].

수많은 IoT 디바이스들의 무제한적인 통신량으로 인해 상당한 전력 자원을 요구할 것이다. 또한 6G 기술을

통해 구현 가능해질 것이라 예상되는 완전 자율주행, 모바일 홀로그램, 확장현실(XR) 등의 고도화된 서비스도 많은 전력 자원이 요구된다. 하지만 대부분의 디바이스는 한정적인 배터리 자원을 사용하므로 효율적인 통신 방식이 필요하다.

따라서 에너지 하베스팅, 무선전력전송(Wireless Power Transfer, WPT), 동시 무선 정보 및 전력 전송(Simultaneous Wireless Information and Power Transfer, SWIPT), 후방산란통신(Backscatter), 협력통신(Cooperative Relay) 등 기술을 활용하여 에너지 소비를 줄여야 한다. 저전력 통신 및 네트워크 기법 외에도 저전력 하드웨어 및 회로기법, 저전력 센싱 및 데이터 관리기법 등 IoT 디바이스 목적과 상황에 맞는 에너지 효율 향상 연구개발이 필요하다[25].

3.4 보안 및 정보 보호 기술

6G는 앞서 언급된 Table 1에서 보는바와 같이 초성능(최대전송률 1 Tbps), 초저지연(0.1 ms), 초연결(평방킬로미터 당 천만개 이상의 디바이스), 초정밀 측위(센티미터), 초광대역(10 THz), 인공지능 기반의 아키텍처 지원 등을 특징으로 한다.

6G의 특징과 장점은 완전 자율주행, 모바일 홀로그램, 확장현실(XR), 텔레프레즌스, 스마트시티 이외에도 로봇을 원격으로 정밀하게 조종하여 탐색 구호를 펼치는 등 사용자의 요구와 필요에 따라 온디맨드형 시나리오와 서비스를 실현할 수 있다. 그러나 이에 기반하는 보안과 정보보호에 대한 문제점도 발생할 수 있다.

유연한 온디맨드형 서비스를 제공하기 위해 네트워크 슬라이싱 기술은 6G에서 더 강조될 것이다. 네트워크 슬라이싱은 하나의 물리적인 인프라에서 가상화된 네트워크 인스턴스를 만들어 각 슬라이드 마다 독립된 고유한 정책, 리소스를 통해 서로 다른 요구사항을 충족시킬 수 있지만 잘못된 네트워크 슬라이스 환경은 보안과 정보보호에 취약할 수 있다. 공격자는 동일한 네트워크 슬라이스에 있는 다른 사용자의 정보를 탈취 및 손상시키거나 다른 슬라이스에 접근하여 악의적인 슬라이스를 생성할 수 있다. 악의적인 슬라이스는 동일한 에지노드 또는 물리적으로 인프라를 공유하는 다른 슬라이스들에게 광대한 영향을 줄 수 있다.

공격자로부터 보안위협을 줄이고 정보를 보호하기 위해 각 슬라이스를 격리시키고 슬라이스 간의 접근제어 및 권한 관리가 필요하다. 격리된 슬라이스는 사용자, 디바이스 등의 인증을 통해 악의적인 슬라이스로부터의 침

해를 방지하고 각 슬라이스간의 상호작용과 이벤트를 모니터링하여 이상을 탐지 및 감시하는 등 보안강화가 필요하다[26].

4. 미래 국방사업 적용 방안

군 이동통신은 군사작전, 비밀 정보에 대한 보안을 유지하고 임무지역에 따라 신속하고 안정적인 통신을 지원해야 한다. 무기체계 요구 성능에 따라 영상전송, 대용량의 파일 교환 등의 기술 구현도 필요로 한다. 주로 일상적인 생활에서 개인적인 용도로 사용되는 민간 이동통신과 달리 군 이동통신은 군의 요구사항과 군사 환경에 적합한 설계가 필요하다.

6G 기술 적용도 마찬가지로 군 이동통신 특징의 고려가 필요하지만 최적화된 6G 기반의 군 이동통신 구축을 위해서 6G의 기술적 특성에 대한 고려도 필요하다. 6G의 군 이동통신 적용을 위한 미래 국방 환경 및 사업 발전 방안은 다음과 같다.

6G 고주파 대역의 테라헤르츠 주요 특성을 고려해야 한다. 우리나라 지형의 경우 나무와 언덕이 많은 산악 지형이거나 높은 빌딩이나 아파트가 많은 도심지역이 대다수이다. 고주파 대역은 회절성이 약하므로 우리나라 지형적 특성으로 인해 통신 반경 등의 제약조건이 발생한다. 고주파 대역의 테라헤르츠를 활용하여 군 통신체계를 구축할 경우 분대 간 이격거리, 작전 반경 등을 고려하여 긴 통달거리보다 빠른 시간 내에 대용량 정보를 한 번에 받는 운영 개념 수립 및 요구성능을 도출하고 이에 맞는 기술을 개발해야 한다. 6G 주파수의 특성, 우리나라의 지형 등을 전반적으로 고려하여 운영개념에 적합한 기술을 설계 및 연구개발이 필요하다.

더불어 6G 적용에 대한 군사정보 보호 및 보안 대책을 마련해야 한다. 6G는 5G보다 개방적인 네트워크를 지향한다. 규격상 기존 5G 대비 100배 이상인 평방킬로미터 당 천만 개 이상의 디바이스를 지원할 수 있다. 대규모의 디바이스들은 사용자의 목적과 필요에 따라 서로 다른 액세스 프로토콜을 통해 네트워크에 연결될 것이다.

디바이스 증가는 네트워크 슬라이싱 취약점과 더불어 핸드오버, 도청, 하이재킹, DoS 공격과 데이터 교환 및 전송으로 인한 개인정보 유출, 무단 수집 위험도 함께 증가된다. 6G에서 지원하는 AI 기반의 분산 에지노드 구조를 적용할 경우 악의적으로 노드를 학습시켜 스푸핑과 같은 또 다른 보안 문제를 발생시킬 수 있다. 개방적인

네트워크로 인해 네트워크 내부와 외부 사이 경계가 모호해짐에 따라 IPsec 및 방화벽과 같은 네트워크 보안 조치로는 한계가 있을 것이다.

군사정보 보호를 위해 망분리, 정보보호체계 운영 등 보안대책이 이미 마련되어 있지만 6G 기술에서 예상되는 보안 위협에 대한 방지 대책 마련도 필요하다. 보안 대책의 일환으로 악의적인 행위자와 불가해한 데이터 패킷은 내부에 이미 존재하고 사용자와 프로세스를 신뢰하지 않는다는 제로 트러스트(Zero Trust) 개념의 정책적 적용이 필요하다. 다단계로 인증을 강화하고 사용자 역할에 따른 권한을 세분화 하여 최소한의 권한을 부여하는 등 6G의 보안 지원관리가 필요하다[27].

마지막으로 초성능, 초저지연, 초연결, 초정밀 측위 등의 6G의 이점을 고려해 오감 지원 확장현실(XR)을 활용한 훈련체계 구축, 격오지 부대의 실시간 원격 의료 수술 등 다양한 미래무기체계 소요발굴도 필요하다.

5. 결론

본 논문에서 6G의 국내·외 주요 연구 개발 및 정책 동향을 조사 분석하였다. 이를 기반으로 6G 주요 특성에 대한 테라헤르츠 대역 지원 기술, 초정밀 측위 기술, 에너지 효율성 향상 기술, 보안 및 정보 보호 기술의 연구 발전 방향을 제시하였으며 미래 국방 환경 발전을 위해 6G 기술 특성에 따른 고려사항을 제시하였다.

차세대 이동통신인 6G 기술 발전은 전장 양상이 네트워크전, 미래전 변화에 따라 증가된 개인전투체계, 드론, 유·무인 복합체계를 조기 전력화하고 확장현실(XR) 훈련체계, 격오지 부대 원격 의료 등 무기체계 발전 및 미래 국방환경을 주도적으로 구축 할 수 있을 것이라 기대한다.

References

- [1] Haard Mehta, Darpit Patel et al., "0G to 5G Mobile Technology: A Survey", Journal of Basic and Applied Engineering Research, Vol 1, No6, pp.55-60, Oct. 2014.
- [2] The Next Hyper Connected Experience for All, Samsung Research, Technical Report, Samsung Research, Korea, pp39.
- [3] Monica Allevan, DARPA project to examine terahertz for wireless communications, c2018, Available From: <https://www.fiercewireless.com/wireless/darpa-proiect-to-examine-terahertz-for-wireless-communications> (accessed Jun 26, 2023)
- [4] Sonia Fernandez, Beyond 5G, c2018, Available From: <https://www.news.ucsb.edu/2018/018637/beyond-5g> (accessed Jun 26, 2023)
- [5] Bevin Fletcher, Next G Alliance gets moving on 6G roadmap, forms work groups, c2021, Available From: <https://www.fiercewireless.com/tech/next-g-alliances-gets-moving-6g-roadmap-forms-work-groups> (accessed Jun 26, 2023)
- [6] 6G Flagship, Available From: <https://www.6gflagship.com/> (accessed Jun 26, 2023)
- [7] Hexa-x, Available From: <https://hexa-x.eu/> (accessed Jun 26, 2023)
- [8] Li Xuanmin and Xiong Xinyi, China aims to commercialize 6G by 2030: white paper, c2021, Available From: <https://www.globaltimes.cn/page/202106/1225478.shtml> (accessed Jun 26, 2023)
- [9] BBC News, China sends 'world's first 6G' test satellite into orbit, c2020, Available From: <https://www.bbc.com/news/av/world-asia-china-54852131> (accessed Jun 26, 2023)
- [10] Zohaib Ahmed, China accounts for 40% of 6G patent applications with most of them being filed by Huawei, survey reveals, gizmochina, c2021, Available From: <https://www.gizmochina.com/2021/09/16/china-accounts-for-40-of-6g-patent-applications-with-most-of-them-being-filed-by-huawei-survey-reveals/> (accessed Jun 26, 2023)
- [11] The Ministry of Internal Affairs and Communications, Release of "Beyond 5G Promotion Strategy—Roadmap towards 6G—", c2020, Available From: https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/english/pressrelease/2020/6/30_7.html (accessed Jun 26, 2023)
- [12] Wei Shi, NTT DoCoMo declares what 6G should be all about, c2020, Available From: <https://telecoms.com/502027/ntt-docomo-says-what-it-thinks-6g-should-be-all-about/> (accessed Jun 26, 2023)
- [13] 6G Flagship, Finland and Japan agree on 6G technology cooperation, c2021, Available From: <https://www.6gflagship.com/news/finland-and-japan-agree-on-6g-technology-cooperation/> (accessed Jun 26, 2023)
- [14] Bevin Fletcher, South Korea kickstarts 6G plans, c2021, Available From: <https://www.fiercewireless.com/tech/south-korea-kickstarts-6g-plans> (accessed Jun 26, 2023)
- [15] Samsung Newsroom, Samsung's 6G White Paper Lays Out the Company's Vision for the Next Generation of Communications Technology, c2020, Available From: <https://bit.ly/2C4ZKNI> (accessed Jun 26, 2023)
- [16] Monica Allevan, Samsung demos 6G using Terahertz spectrum, c2021, Available From:

- <https://www.fiercewireless.com/tech/samsung-demos-6g-using-terahertz-spectrum> (accessed Jun 26, 2023)
- [17] Lee Sang-duk and Minu Kim, LG Electronics teams up with KAIST to explore beyond 5G, c2019, Available From: <https://pulsenews.co.kr/view.php?%20year=2019&no=57716> (accessed Jun 26, 2023)
- [18] Juan Pedro Tomás, Korea's SK Telecom selects potential vendors for 5G networks, c2018, Available From: <https://www.rcrwireless.com/20180914/5g/korea-sk-telecom-selects-potential-vendors-5g-networks> (accessed Jun 26, 2023)
- [19] Michael Herh, KT and SNU Band Together for Research on 6G Telecommunications, c2019, Available From: <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.htm?idxno=32455> (accessed Jun 26, 2023)
- [20] Shuchi Tripathi, Nithin V. Sabu et al., 6G Mobile Wireless Networks Chapter6. Millimeter-Wave and Terahertz Spectrum for 6G Wireless, 17, Springer International Publishing, 2021, pp5. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-72777-2_6
- [21] Jung, J.H., Kim, M.D. et al., Electronics and Telecommunications Trends - Wireless Communication System on Very High Frequency, ERTI, 2019, pp28-41. DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2019.I.340603>
- [22] Andre Bourdoux, Andre Noll Barreto et al., 6G White Paper on Localization and Sensing, Research report, University of Oulu, Finland, pp3-38. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.01779>
- [23] ERTI, 6G Insight - Vision and Technologies, Research report, ERTI, Korea, pp29-35. DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2020.B.000039>
- [24] IoT.Business.News, State of IoT 2022: Number of connected IoT devices growing 18% to 14.4 billion globally, c2022, Available From: <https://iotbusinessnews.com/2022/05/19/70343-state-of-iot-2022-number-of-connected-iot-devices-growing-18-to-14-4-billion-globally/> (accessed Jun 26, 2023)
- [25] Dinh C. Nguyen, Ming Ding et al., "6G Internet of Things: A Comprehensive Survey", IEEE Internet of Things Journal, Vol.9, No1, pp359-383, Jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/IJOT.2021.3103320>
- [26] Van-Linh Nguyen, Po-Ching Lin et al., "Security and Privacy for 6G: A Survey on Prospective Technologies and Challenges", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol 23, Issue 4, pp 2384 - 2428, Aug. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2021.3108618>
- [27] NAEEM FIRDOUS SYED, SYED W. SHAH et al., "Zero Trust Architecture (ZTA): A Comprehensive Survey", IEEE Access, Vol. 10, pp57143-57173, Jun 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3174679>

전 호 진(Hyo-Jin Jeon)

[정회원]



- 2016년 8월 ~ 2020년 12월 :
국방기술품질원 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 :
국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

국방, 이동통신