

차세대 무선통신 네트워크 기술 동향 및 보안 이슈 분석

주 소 영*, 김 소 연**, 이 일 구***

요 약

최근 5G 무선통신 네트워크 기술이 상용화 단계에 진입하자마자 6G를 위한 차세대 무선통신 네트워크 기술에 대한 경쟁적인 연구개발이 가속화되고 있다. 6G에서는 5G 대비 50배의 속도, 10분의 1의 무선 지연 시간의 개선이 예상되며, 인공지능 기술과 융합해 네트워크 구성 요소들을 최적화하고 사람, 기계, 사물 간 새로운 차원의 초연결 경험을 제공하는 것을 목표로 한다. 그러나 획기적인 성능과 효율성 개선을 위해 시스템의 복잡성이 증가하고, 연결성이 상시 보장되어야 하며, 유연성과 지능 내재화를 위해 프로그래머블 디자인이 필수적인 요소가 되었기 때문에 보안 취약성이 커졌다. 본 논문에서는 차세대 무선통신 네트워크의 핵심 기술 요소와 표준화 동향을 분석하고, 보안 이슈와 향후 연구 방향을 제시한다.

I. 서 론

최근 4차 산업 기술 발전으로 클라우드 서비스, 모바일 기기, VR/AR(Virtual Reality/ Augmented Reality)과 같은 새로운 형태의 멀티미디어 서비스가 등장하면서, 스마트폰을 포함한 스마트 디바이스가 생활 속 필수 요소로 자리 잡게 되었다. 스마트 디바이스의 발전과 함께, 무선통신 네트워크의 사용자 요구사항이 다양화되었고 성능 개선을 위한 기술 개발 및 표준화가 이루어지고 있다.

5G를 지원하는 스마트폰 및 인프라가 시장에 출시되면서 여러 국가에서 차세대 무선 시스템의 배포에 대한 상업적 승인이 이루어지고 있다^[1]. 또한, 산업 전망에 따르면, 차세대 무선랜인 802.11ax가 2023년까지 스마트폰을 포함한 스마트 디바이스에 주된 무선랜 표준이 될 것이라고 예측되고 있다^[2].

하지만 차세대 무선통신 네트워크의 유연성과 확장성의 강화로 초연결성이 보장되면서 다양한 사이버 위협에 직면하게 되었다. 표준화 동향에 따르면, 성능 개선 및 기술 개발 요구사항을 충족시키는 과제에 비해, 보안성을 강화하는 연구 과제에 관한 관심이 부족한 실정이다. 그러므로 차세대 무선 네트워크에서 나타날

수 있는 취약점과 잠재적인 위협을 표준화 단계에서부터 논의하고 보안을 내재화할 필요성이 있다.

본 논문에서는 차세대 무선통신 네트워크 기술과 표준화 동향을 분석하고 차세대 무선통신 네트워크의 기밀성, 가용성, 무결성을 침해하는 보안 이슈를 검토한다. 그리고 차세대 무선통신 네트워크의 보안 취약점에 대응할 수 있는 기술적, 관리적 보안 솔루션을 제시함으로써 보안성을 강화시키기 위한 심도 있는 연구의 필요성을 제기한다.

본 논문 2장에서는 무선통신 네트워크 관련 주요 기술 및 표준화 동향에 대하여 살펴본다. 3장에서는 차세대 무선통신 네트워크의 보안 이슈를 소개하고 향후 보안 연구 방향과 과제를 제시한다. 4장에서는 차세대 무선랜의 주요 기술 동향과 향후 연구 방향을 기술하며 결론을 짓는다.

II. 관련 동향

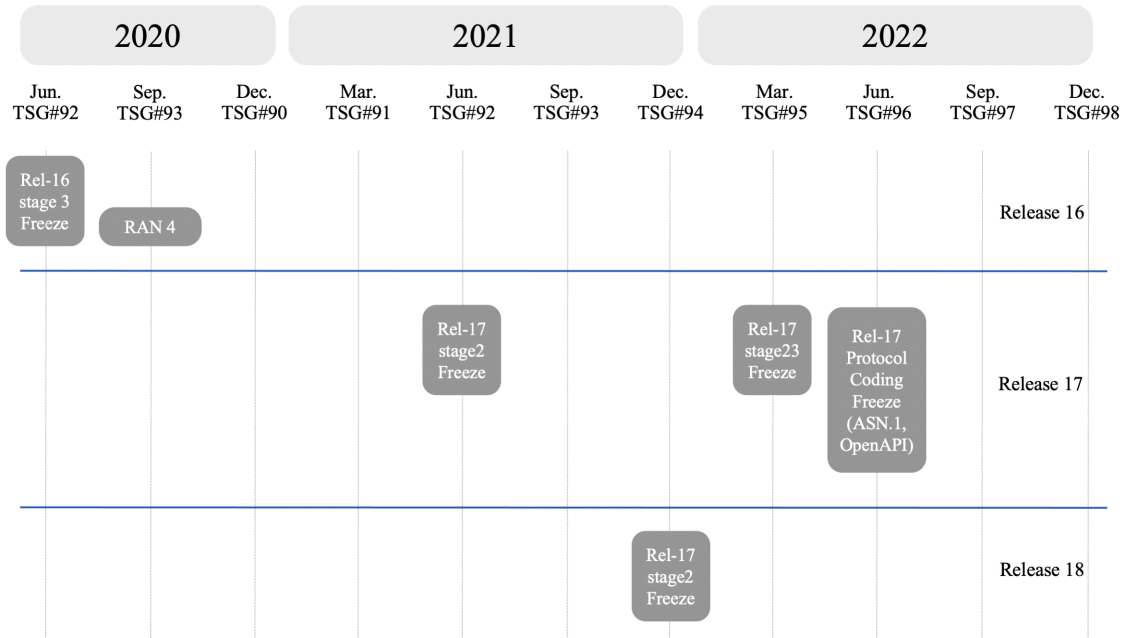
본 장에서는 차세대 무선통신 네트워크의 동향을 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 표준화 동향과 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11 표준화 동향으로 분류하였다. 2.1절

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2020R1F1A1061107)과 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원(P0008703, 2021년 산업혁신인재성장지원사업)을 받아수행된 연구임.

* 성신여자대학교 미래융합기술공학과 (대학원생, rlaajssong@icloud.com)

** 성신여자대학교 미래융합기술공학과 (대학원생, 220216027@sungshin.ac.kr)

*** 성신여자대학교 융합보안공학과/미래융합기술공학과 (조교수, 교신저자, iglee@sungshin.ac.kr)



[그림 1] 3GPP Release 타임라인(3)

에서는 차세대 무선통신 네트워크 3GPP Release 별 표준화 타임라인과 시스템 표준의 진화 과정을 분석하고, 향후 3GPP Release 17-18의 핵심 내용과 차세대 이동통신 기술의 현황을 살펴본다. 2.2절에서는 무선랜 표준화 국제 위원회인 IEEE의 802.11 표준화 타임라인과 차세대 무선랜 표준인 802.11be와 802.11bf를 중점적으로 비교·분석한다. 2.3절에서는 차세대 무선통신 네트워크의 주요 기술 중 다음 장에서 다룰 보안 이슈와 직접적인 연관이 되는 기술을 위주로 원리와 기술 활용 동향을 서술한다.

2.1. 3GPP 표준화 동향

3GPP는 표준화 단체 간의 공동 연구 프로젝트로 이동통신 국제 표준 규격 개발을 주도하고 있다. 3GPP는 무선 액세스 네트워크와 코어 네트워크 및 단말, 서비스와 시스템 측면의 기능을 모두 포함한 전반적인 셀룰러 무선 네트워크 표준 규격을 Release 단위로 구조화하고 있다. 3GPP Release 및 기술 규격은 다양한 사용 사례를 포함한 기술적 내용을 표준화하여 4G LTE(Long-Term Evolution)-Advanced, 5G NR(New Radio)에 이어 차세대 이동통신 기술인 B5G(Beyond 5th Generation), 6G 표준화 작업을 진행하고 있다.

그림 1은 3GPP가 발표한 Release 16-18 표준화 작업에 대한 타임라인을 재가공하여 도식화한 그림이다. 2018년 3GPP Release 15가 완료되면서 5G NR의 첫 번째 단계의 표준화가 공개되었다. Release 15는 3GPP의 첫 5G 표준화 작업의 일환이며, NR 1단계에 해당하는 내용이다. 국제통신연합(International Telecommunication Union, ITU)-R에서 제시한 5G의 핵심 성능 지표(Key Performance Indicators, KPI)에 따라, 3GPP는 5G NR의 NR 1단계와 2단계로 구분하여 Release 15와 Release 16으로 나누어 표준화를 진행하였다. Release 15는 이전 세대인 LTE와 통합된 비독립형(non-standalone) 5G와 독립형(standalone) 5G에 대한 표준 규격에 대한 내용을 중점적으로 포함한다. Release 15에서는 NR의 주요 특징점으로 초고속 데이터 통신인 eMBB(enhanced mobile broadband)와 고신뢰 저지연 통신인 URLLC(Ultra-Reliable Low Latency Communication) 지원에 초점을 맞췄다. 또한, 먼 대역에서 52.6 GHz 이상의 주파수를 지원하며 네트워크 에너지 성능을 강화하고 간섭 신호를 감소시키기 위한 ultra-lean 설계, 그리고 차후에 새로운 기술과 유스케이스를 받아들이기 위한 상위 호환성의 설계 원칙을 핵심 내용으로 제시하였다^[4].

이어서 Release 16 표준화 작업은 Stage 3과 ASN.1

이 승인되어 2020년 7월 종료되었다. Release 16은 5G NR 2단계로, Release 15에서 표준화된 NR의 기술적 개선과 함께 5G가 지원하는 기능을 확장하여 기존 기능의 효율성을 높였다. Release 16의 핵심 목표는 기존 Release 15의 URLLC보다 향상된 eURLLC (Enhanced URLLC) 및 TSC(Time Sensitive Communications), NR MIMO(Multiple Input Multiple Output)의 성능 개선, 소비 전력 개선, 다중 안테나와 빔포밍(Beamforming) 등의 주요 기술을 활용한 효율성 강화이다⁵⁾. 또한, V2X(Vehicle-to-everything) 서비스 사용 사례를 통한 기능 확장, 산업용 IoT(Industrial Internet of Thing, IIoT)에 대한 지원, 비지상 (Non-Terrestrial) 통신용 5G 기술을 강화하는 데 집중하였다. 따라서, Release 16은 Release 15를 기반으로 한 5G NR 기능의 강화 및 효율성 증대에 초점을 맞추어 표준화를 진행했다고 볼 수 있다.

향후 Release 17의 표준화 일정은 최근 stage 3 기준 2022년 3월 완료로 연기되었고, Release 18 표준화 논의는 토론 및 결정 단계로 이동하여, 2021년 말에 기능에 대한 우선순위 지정이 완료될 것으로 예정되어 있다.

[표 1] 릴리즈 17 신규 기술 요소(3)

Release 17	NR MIMO
	NR Sidelink enh.
	Industrial IoT(IIoT) /URLLC enh.
	Power saving
	mMTC(massive Machine Type Communications)
	NR Light(NR-Lite)
	NR Quality of Experience
	IoT over Non Terrestrial Networks(NTN)
	Dynamic Spectrum Sharing(DSS) enh.
	NR Positioning enh.
	NR eXtended Reality(XR)
	Enh. V2x Services
Multi SIM(Subscriber Identification Module)	

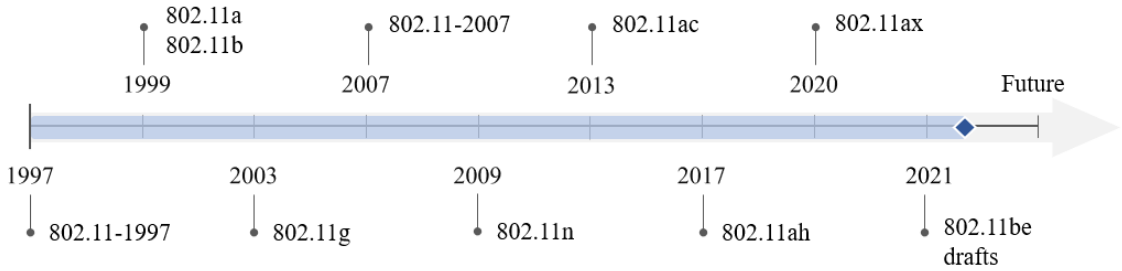
표 1은 Release 17에서 논의 중인 주요 기술의 일부이다. Release 17은 IIoT 및 URLLC 강화를 비롯하여 향상된 MIMO, V2X의 안전을 위한 Sidelink의 성능 개선, 경량 통신, 소비 전력 개선 등 신규 과제 및 기존 기능을 개선하는 과제를 포함하여 연구 과제를 지정하였다. 이전 Release와 같이, Release 17에서도 기존 기술의 성능 개선을 중점적으로 논의할 것으로 보인다. NR의 주파수 범위를 52.6GHz에서 71GHz까지 범위를 확장하는 등 5G의 핵심 요구사항인 eMBB, URLLC, mMTC 측면의 고도화에 집중한다. 또한, 더 많은 수의 무선 서비스를 지원하는 최적화된 NR-Light와 같은 새로운 종류의 서비스도 선보였다¹⁾. NR-Light를 활용하면 IIoT, 웨어러블 기기 등 데이터 속도와 전송 대기 시간 및 연결성에 대한 요구사항을 충족하는 무선 서비스 산업의 발전도 기대할 수 있다. 5G를 지원하는 스마트폰 및 인프라가 시장에 출시되면서, 동적 스펙트럼 공유를 강화하고 멀티심(Multisim)을 지원하는 과제를 진행함으로써 5G 네트워크의 커버리지를 강화한다. 이와 더불어, VR, AR에 이은 모바일 XR 서비스, 포지셔닝 강화 등과 같은 다양한 산업 사례를 위한 기술을 연구한다. Release 17-18이 진행되면서 5G의 성능 개선과 함께 다양한 산업에 적용할 수 있는 기능이 추가될 것으로 기대한다.

2.2. IEEE 802.11 표준화 동향

IEEE 802.11 표준은 IEEE 위원회가 제정하는 무선랜 표준 규격을 의미한다. IEEE는 802.11 Wireless LAN(Local Area Network) Working Group(WG)을 설립하여, 무선랜(WLAN) 표준화 활동을 지속하고 있다. 해당 WG는 무선랜을 위한 PHY(physical), MAC(Media Access Control) 계층의 표준 및 권고안을 제정하는 것을 목표로 한다.

그림 2⁶⁾는 IEEE 802.11의 표준화 작업에 대한 타임라인을 나타낸다. 802.11 최초 프로토콜 버전은 1997년에 공개되었으며, 802.11 표준은 데이터 전송 속도의 향상과 처리 용량의 개선을 위해 802.11a/b/g/n/ac/ax 순으로 점차 발전하였다.

1999년에 제정된 802.11a는 전송 속도를 최대 54Mbps까지 지원하기 위해 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiple) 기술을 도입하였으며, 이후 출시된 802.11g는 802.11a와 같은 전송 속도를 지원하



(그림 2) IEEE 802.11 WLAN 표준 타임라인(6)

지만, 2.4GHz의 주파수를 사용하는 것이 특징이다. 802.11n은 2.4GHz 대역과 5GHz 대역을 사용하며, 최고 600Mbps 전송 속도를 보장한다. SU(Single User)-MIMO 개념을 처음 도입하였으나, 구현 과정에 대한 구체적인 기술은 마련되지 않은 상태였다.

이후 표준화된 802.11ac에서는 MU(Multi User)-MIMO 기술을 채택하여 처리량을 크게 향상시켰지만, 밀집된 환경에서 Wi-Fi 성능이 저하되는 문제가 발생하였다⁷⁾. 이어서 Wi-Fi 6 표준 규격인 802.1ax에서는 다양한 밀집 환경을 고려해 사용자의 Wi-Fi 체감 성능을 개선하고자 MU-MIMO와 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 기술을 탑재하여, 전송 속도와 성능을 개선하였다.

하지만, 무선랜에 연결된 단말의 수가 기하급수적으로 증가하고²⁾, 4K/8K 영상과 같은 고용량 데이터에 대한 수요가 폭발적으로 늘어나면서 초고속 초저지연 네트워크에 대한 필요성이 꾸준히 요구되었다.

2018년에는 EHT(Extremely High Throughput) SG(Study Group)에서 차세대 무선랜 표준 규격(802.11be)에 대한 논의가 본격적으로 시작되었다.

표 2는 기존 무선랜 표준과 차세대 무선랜 표준을 비교한 것으로, 802.11be를 중심으로 살펴보도록 한다. 802.11be는 2024년 상용화를 목표로 하고 있으며, 비디옌 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. 이러한 목표를 달성하기 위해 multi-link, multi-AP(Access Point), 16개의 공간 스트림, HARQ(Hybrid Automatic Repeat and Request) 기능이 핵심 기술로 포함되었다.

표 3은 현재 802.11 프로젝트 그룹에서 진행하고 있

는 표준 내용과 현재 진행 상황 그리고 예상하는 최종 승인 날짜를 나타내는 표이다. 해당 표는 IEEE 공식 802.11 WG(Working Group) 프로젝트 타임라인을 재가공하였다. 총 12개의 TG(Task Group)로 나뉘어 무선랜 표준화가 진행되고 있으며, 무선랜을 응용한 새로운 기술들이 논의되는 것을 확인할 수 있다.

차세대 무선랜 통신 규격으로 언급된 표준은 무선랜 기반 차세대 측위 기술(802.11az), 라이파이 기술(802.11bb), 차세대 무선랜 V2X 기술(802.11bd), 극초고속 무선랜 기술(802.11be), 무선랜 센싱 기술(802.11bf) 등이 있다.

차세대 무선랜 통신 표준 중 무선랜 센싱 기술(802.11bf, SENS)은 WLAN 신호를 이용하여 주어진 환경 내에서 대상을 식별하거나 동작 및 제스처 등 다양한 상황을 인식하는 기술을 포함한다. 2020년 10월 첫 번째 TG 미팅을 시작으로 2022년 2월 Draft 1.0을 완성하여 2024년에 표준을 제정하는 것을 목표로 하고 있다. 802.11bf의 핵심 기술 및 세부 목표는 표 2에서 확인할 수 있다. 802.11bf는 802.11ad/ay 표준 완성에 따라 거리나 위치 정확도가 향상될 수 있다⁸⁾. 호흡 모니터링, 몸동작 및 행동 인식, 개인 식별, 사람 및 사물 등의 움직임 감지 등 일상생활 전반에 걸쳐 적용할 수 있으며, 보안, 측위, 안전 등과 같은 다양한 분야에 접목이 가능할 것으로 기대한다⁹⁾.

2.3. 주요 기술

2.3.1. MIMO

MIMO는 안테나의 수를 늘려 데이터 전송 속도를 높이고, 스펙트럼 효율성과 에너지 효율성을 증대시키는 기술이다. 특히, 차세대 무선통신 네트워크에서는

[표 2] 기존 무선랜 표준과 차세대 무선랜 표준 비교

	802.11ac (Wi-Fi 5) ^(7,10)	802.11ax (Wi-Fi 6/6E) ⁽⁷⁾	802.11be (expected) ⁽¹¹⁾	802.11bf (expected) ⁽¹²⁾
Launch date	2013	2019/2021	2024	2024
Goal	<ul style="list-style-type: none"> - VHT(Very High Throughput) - Multiple of High-Definition contents delivered - Delivering network with enterprise-class speeds and latencies - High-density environments with scores of clients per AP 	<ul style="list-style-type: none"> - HEW(High Efficiency Wireless) - Multi-User Transmission - Improve overlapping BSS(Basic Service Set) operation in dense environments - Improvement of user experience in dense environments 	<ul style="list-style-type: none"> - EHT(Extremely High Throughput) - Maximum throughput of at least 30Gbps - Improvements to worst-case latency & jitter - Frequency range :between 1 & 7.250 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> - Stations to inform other stations of their WLAN sensing capabilities - Request and setup transmissions that enable WLAN sensing measurements to be performed - Request and setup transmissions that enable WLAN sensing measurements to be performed
Band (GHz)	5	2.4,5	2.4,5,6	legacy WLAN PHY
Bandwidth (MHz)	20,40,80, 80+80, 160	20,40,80, 80+80, 160	20,40,80, 80+80, 240, 160+160, 320	
Subcarrier spacing (kHz)	312.5	78.125	78.125	
Modulation	OFDM	OFDM, OFDMA	OFDM, OFDMA	
MU-MIMO	in downlink	in uplink and downlink	in uplink and downlink	
Maximum data Rate	3.5Gbps	9.6Gbps	46Gbps	
Data subcarrier modulation	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM	
Core technology	<ul style="list-style-type: none"> - Downlink Multi-user MIMO 	<ul style="list-style-type: none"> - Uplink Multi-user MU-MIMO - OFDMA - Spatial Reuse 	<ul style="list-style-type: none"> - Multi-link - Multi AP - 16 MIMO - Beamforming - HARQ 	
Issue	- Low Transmission Power(Half-Duplex Multiplexing)	- Low Transmission Power(Half-Duplex Multiplexing)	- Security in Multi-link Operation	- Security & Privacy

[표 3] 현재 802.11 프로젝트 예상 승인 날짜

no.	Task Group	Title	Status	Final approval
1	802.11bi	Enhanced Data Privacy	TG in-process	2025.09
2	802.11me	802.11 Accumulated Maintenance Changes	TG in-process	2024.09
3	802.11bh	Randomized and Changing MAC Addresses	TG in-process	2023.03
4	802.11bf	WLAN Sensing	TG in-process	2024.09
5	802.11be	Extremely High Throughput WLAN(EHT)	TG in-process	2024.03
6	802.11bd	Enhancements for Next Generation V2X	TG in-process	2022.11
7	802.11bc	Enhanced Broadcast Services (eBCS)	TG in-process	2022.09
8	802.11bb	Light Communications (Li-Fi)	TG in-process	2022.11
9	802.11ba	Wake up Radio	TG in-process	2021.03
10	802.11az	Next Generation Positioning	TG in-process	2022.11
11	802.11ay	Next Generation 60Hz	TG in-process	2021.03
12	802.11ax	High Efficiency WLAN	TG in-process	2021.02

Massive MIMO에 대하여 활발히 논의 중이다.

Massive MIMO의 표준적인 정의는 Uplink 또는 Downlink에 동일한 주파수 대역을 사용하나 시간대를 달리하여 전송하는 방식인 TDD(Time Division Duplexing) 프로토콜을 사용하여 동작하는 셀들을 가진 다중 반송파(multicarrier) 셀룰러 네트워크에서 기지국이 하나 이상의 안테나를 가지고 여러 개의 싱글

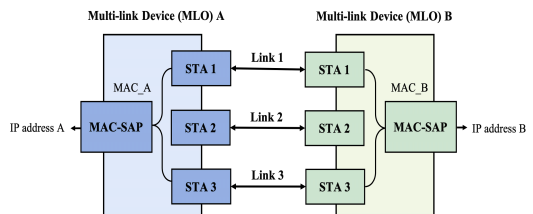
안테나 단말들과 동시에 통신하는 것이다^[13]. 하나의 기지국이 여러 단말과 통신하면 일반적으로 간섭 현상 및 손실이 일어날 수 있는데, mmWave 대역의 차세대 무선통신 표준은 대규모 안테나를 배치하여 열악한 전파 환경을 개선하고, 통신 성능을 높이며 경로 손실을 완화시킬 수 있다^[14].

2.3.2. 빔포밍 기술

빔포밍 및 MIMO 기술은 5G 및 차세대 무선통신 네트워크의 핵심적인 역할을 할 것으로 예상된다. 빔포밍은 다중 안테나 기술을 기반으로 5G 시스템에서 더욱 발전하였다. 빔포밍은 많은 안테나를 활용하여 빔셀의 특정 부분에 집중시켜 데이터 스트림을 전송하는 신호 전달 방식이다. 해당 기술은 신호 전송 시 경로 손실을 감소시키며 큰 안테나 이득을 얻을 수 있다는 장점을 갖고 있다. 4G LTE에서는 아날로그 빔 기술로 단일 셀 당 고정된 빔을 사용하는 방식이었다면, 차세대 무선통신 네트워크에서는 아날로그 빔과 함께 디지털 방식을 결합한 하이브리드 빔포밍 방식을 채택하였다.

2.3.3. Multi-link Operation

멀티 링크(Multi-link)는 802.11be의 높은 처리량과 낮은 지연 목표를 달성할 수 있는 주요 핵심 기술이다. 그림 3은 멀티 링크의 동작 과정을 나타내는 그림으로, 멀티 링크는 하나의 STA(Station), AP에서 다중 링크를 지원하는 구조이다. 여러 개의 물리적 무선 인터페이스를 가지고 있지만 MLD(Multi-Link Device)는 단일 MAC 주소를 갖는 것이 특징이다. 이러한 구조로 인해 해당 기술은 여러 링크를 사용하여 비동기적인 채널 접속과 데이터 전송이 가능하다는 장점이 있다. 또한, 패킷 조각 및 재조립을 용이하게 하며, 중복 감지 혹은 동적 링크 전환을 단순화할 수 있다^[11].



[그림 3] 멀티 링크 동작(11)

Ⅲ. 차세대 무선통신 네트워크 보안 이슈

차세대 무선통신 네트워크 기술과 표준화 동향을 살펴봤을 때, 보안을 핵심 과제로 언급하는 경우가 희박하여 표준화 진행 단계에서 보안 강화에 대한 관심도가 상대적으로 다른 과제에 비해 낮은 것을 볼 수 있다. 하지만 무선통신 네트워크 기술의 고도화와 지능화와 더불어, 사이버 공격 기법도 진화하고 있으며 차세대 무선통신 네트워크는 과거보다 더 다양하고 고도화된 사이버 위협에 노출될 것이다. 또한, 사용자 데이터의 민감도와 중요도가 높아지고 있기 때문에 안전한 데이터 통신, 개인정보 보호의 필요성이 요구된다. 그러므로 차세대 무선통신 네트워크의 보안 이슈를 살펴보고, 차세대 무선통신 표준화 단계에서부터 보안을 고려하거나 향후 보안을 강화할 수 있는 기술적, 관리적 보안 솔루션에 대한 아이디어와 연구가 필요하다. 본 장에서는 차세대 무선통신 네트워크의 보안 이슈를 설명하고 앞으로의 연구 필요성과 방향성을 제시한다.

지향성 전송(Directional Transmission): 다중 안테나 기술은 차세대 무선통신 네트워크의 표준화 작업에 지속적으로 언급되는 핵심 과제 중 하나이다. Massive MIMO 기술을 활용했을 때, 안테나가 많아지면서 간섭 신호를 감소시키고 지향성 전송이 가능해져서 통신 효율과 성능이 크게 증대된다. 하지만 물리적인 간섭 요소나 악의적인 공격 등에 의하여 방해받을 경우, 신호 품질이 급격히 떨어지고 아예 통신이 불가능한 상태가 될 수 있다. 이를 방지하려는 방법에는 6G 표준에서 언급되고 있는 주요 기술 중 하나인 IRS(Intelligent Reflecting Surface)의 활용이 제안된다. IRS는 여러 수동 소자로 이루어진 표면으로 각각의 요소의 위상 변화율을 조절하여 충돌하는 전자기파의 위상을 변경할 수 있는 기술이다^[15]. 데이터의 전송 정확도를 높이는 방법으로 IRS 위상 변화 기법과 빔포밍 기술을 결합하여 통신 환경을 지능적으로 구성하는 방식이 제안되었다. 이와 같이 향후 지향성 전송의 취약점을 해결할 수 있는 다양한 연구의 필요성이 제기되고 있다.

리소스 소모 공격(Resource Depletion Attack): 시스템의 자원을 고갈시키거나 악의적으로 사용하지 못하도록 하는 공격에 해당하는 리소스 소모 공격은 차세대 무선통신 네트워크에도 주목해야 할 보안 이슈이

다. 대부분의 무선랜 표준에 탑재된 Power Saving Mechanism(PSM)은 기기들의 저전력 요구사항을 만족하기 위해 전력 소비를 최소화하는 역할을 한다. AP는 필요한 경우에 PSM을 적절히 지원하여 최적의 디바이스 성능을 유지할 수 있도록 한다. 하지만 PSM은 Sleep 모드가 적용되고 해제되는 과정에서 별도의 보안 장치가 없으며, 지속적으로 서비스 요청이 전송되면 노드가 무한 대기 상태가 되거나 배터리가 고갈될 수 있다. 이러한 취약점을 바탕으로 한 악의적인 공격은 배터리 용량이 작은 IoT 장치에서 치명적일 수 있다^[16]. Power saving은 차세대 무선통신 네트워크 표준화 작업에서 주요 과제에 해당하기 때문에 이와 관련한 취약점과 보안 대책 연구가 필요하다.

중앙 의존형 토폴로지(Centralized Topology): 일반적으로 무선통신 네트워크는 무선 AP와 STA로 이루어진 중앙 집중적 Star형 토폴로지이다. IEEE 802.11ah 기반의 사물인터넷을 위한 무선랜 표준은 하나의 AP에 수 천대의 STA가 연결되어 통신 네트워크 서비스를 받게 된다. 이러한 중앙 의존형 네트워크 구조는 구현 및 관리가 용이하지만, 네트워크 중심에 위치한 AP를 공격하게 되면 모든 통신이 불가능해지는 가용성 침해 공격에 취약하다. 수많은 STA의 통신을 책임지는 AP의 역할이 중시되는 차세대 무선랜 표준에 대한 취약점과 보안 솔루션 연구가 필요하다.

위치 기반 서비스(Location-based service, LBS): LBS는 이동 통신망을 기반으로 하는 위치 기반 서비스를 말하며, 무선 통신 네트워크에서 활발하게 연구되는 분야 중 하나이다. 최근에는 Sensing과 Localization으로 확장되어 활발히 연구되고 있으며, 대표적으로 IEEE 802.11az, 802.11bf 등이 있다. 무선 통신 기술을 활용한 Sensing은 사용자가 체감하지 못하는 사이에 사용자에게 관한 민감한 데이터를 다루기 때문에 보안이 필수적으로 적용되어야 한다. TG에서도 이에 대한 프라이버시 보호 대책을 세부 기술로 논의하고 있으므로 더욱 중요한 연구 과제로 볼 수 있다.

지능형 사물인터넷 연결 기밀성 문제: 지능형 사물인터넷 기기들은 다양한 센서를 탑재하여 실시간으로 데이터를 수집 및 공유하고, 처리하여 다양한 목적으로 활용된다. 기밀성을 유지하기 위해서 강력한 암호

모듈이 필요하지만, 배터리와 메모리를 많이 소모하게 된다. IoT 기기는 배터리, 메모리의 용량이 제한적이기 때문에 경량 암호 알고리즘을 탑재하지만, 그 효과는 강력한 암호 모듈에 비해 크지 않다. 따라서 경량화된 저전력 장치에서도 기밀성을 보장하는 최적화된 차세대 암호화 알고리즘의 필요성이 대두되고 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11과 3GPP를 중심으로 무선 네트워크의 표준화 동향을 살펴보았다. 또한, 해당 표준의 주요 기술을 살펴보고, 해당 기술에서 논의되고 있는 사이버 위협과 취약점에 대해 파악하였다. 최근 5G와 802.11ax(Wi-Fi 6)의 상용화가 시작되면서, 차세대 무선랜 표준에 대한 연구 개발이 본격화되고 있다. 앞으로의 차세대 무선 네트워크에는 보안 분야가 필수적으로 고려될 것으로 전망된다. 따라서 최근 동향에서 언급되는 보안 이슈를 파악하고, 차세대 무선 통신 기술을 활용하여 보안성을 향상시키기 위한 심도 있는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Guan Gui, et al, "6G: Opening New Horizons for Integration of Comfort, Security and Intelligence," IEEE Wireless Communications, Volume 27. Issue 5, October 2020.
- [2] Wi-Fi Alliance Is Wi-Fi 6 enough? The need for intelligent management, <https://www.lightreading.com/4g3gwifi/is-wi-fi-6-enough-need-for-intelligent-management/a/d-id/768563>
- [3] 3GPP Homepage, <https://www.3gpp.org/>
- [4] Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Skold, "5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology," Academic Press, pp.57-78, August 2018.
- [5] Amitabha Ghosh, Andreas Maeder, Matthew Baker, Devaki Chandramouli, "5G Evolution: A View on 5G Cellular Technology Beyond 3GPP Release 15," IEEE Access, Volume 7, pp.1-1, September 2019.
- [6] Aliya Syahira Mohd Anuar, Wan Norsyafizan W Muhamad, Darmawaty Mohd Ali, Suzi Seroja Sarinin, Norfishah Ab Wahab, "A review on link adaptation techniques for energy efficiency and QoS in IEEE802.11 WLAN," Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 17 (1), pp.331~339, January 2020.
- [7] 정병훈, 장상현, 윤성록, 김대현, "wlan 기술의 발전 방향 및 IEEE 802.11ax 표준화 동향", 정보와 통신: 한국통신학회지, 32(3), pp.69~76, March 2015.
- [8] R&D 사전기획 시 표준 특허 전략지원 사례 차세대 무선 네트워크, https://www.gisc.or.kr/gisc/bbs/page.php?hid=gisc_prg2
- [9] 황성현, "IEEE 802.11bf 무선랜 센싱 기술 표준화 동향," SEP Inside 표준 특허 전문지, vol.29, pp. 24~31, March 2021.
- [10] 이재승, 정민호, 이석규, "802.11ac 무선랜 기술," 정보와 통신: 한국통신학회지, 30(6), pp.13~19, 2013.
- [11] C. Deng et al., "IEEE 802.11be Wi-Fi 7: New Challenges and Opportunities," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, 22(4), pp.2136-2166, Fourthquarter 2020.
- [12] Francesco Restuccia, "IEEE 802.11bf: Toward Ubiquitous Wi-Fi Sensing," arXiv, March 2021.
- [13] Emil Björnson, Jakob Hoydis, Luca Sanguinetti, "Massive MIMO Networks: Spectral, Energy, and Hardware Efficiency," Foundations and Trends® in Signal Processing: Vol. 11, 216-233, February 2020.
- [14] Frederick W Vook, Amitava Ghosh, Timothy A. Thomas, "MIMO and Beamforming Solutions for 5G Technology," IEEE MTT-S International Microwave Symposium, June 2014.
- [15] 조혜상, 최준일, "Intelligence Reflecting Surface 요소 할당을 통한 교번 빔포밍," 한국통신학회 학술대회논문집, 2020.
- [16] Angelo T. Caposelle, Valerio Cervo, Chiara Petrolini and Dora Spenza, "Counteracting Denial-of-Sleep Attacks in Wake-up-radio-based Sensing Systems," IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON), June 2016.

〈저자 소개〉



주 소 영 (Soyoung Joo)

2021년 2월 : 성신여자대학교 융합보안공학과 졸업

2021년 3월~현재 : 성신여자대학교 미래융합기술공학과 석사과정

<관심분야> 네트워크 보안, 융합보안, 인공지능



이 일 구 (Il-Gu Lee)

2003년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업

2005년 2월 : KAIST 정보통신대학원 석사

2016년 2월 : KAIST 전산학부 박사

2005년 2월~2017년 2월 : 한국전자통신연구원 5G기가통신시스템연구본부 선임연구원

2017년 3월~현재 : 성신여자대학교 미래융합기술공학과/융합보안공학과 조교수

<관심분야> 융합보안, 미래융합기술



김 소 연 (So-Yeon Kim)

2021년 2월 : 성신여자대학교 융합보안공학과 졸업

2021년 3월~현재 : 성신여자대학교 미래융합기술공학과 석사과정

<관심분야> 통신 네트워크 보안, 융합보안, 정보보호

