

5G-Advanced를 위한 UxNB 보안 테스트베드 구성

우승찬¹, 이종혁²

¹세종대학교 정보보호학과 & 메타버스융합전공 석사과정

²세종대학교 정보보호학과 & 메타버스융합전공 교수

seungchan@pel.sejong.ac.kr, jonghyouk@sejong.ac.kr

Configuration of a UxNB Security Testbed for 5G-Advanced

Seungchan Woo¹, Jong-Hyuk Lee²

^{1,2}Dept. of Computer and Information Security & Convergence Engineering for
Metaverse, Sejong University

요 약

UxNB(Radio Access Node on-board UAV)는 3GPP(3rd Generation Partnership Project)에서 표준화된 기술 용어로서 사용자 단말에 대한 연결성을 제공하는 무선 액세스 노드로 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 통해 공중에서 이동성을 가지는 기지국을 의미한다. 이는 드론 기지국, 공중 기지국, 플라잉 기지국 등으로 다양하게 언급된다. UxNB는 5G-Advanced 및 6G 환경에서의 초연결성 및 초저지연 요구사항을 충족하기 위한 필수적인 기술이므로 6G 보안 내재화를 위해 UxNB에 관한 보안 연구가 필요한 실정이다. 본 논문은 UxNB 보안에 대해 효율적으로 연구를 수행할 수 있는 UxNB 보안 테스트베드에 대해 설명하며 확장 방안에 관해 제시한다.

1. 서론

이동통신 기술은 1G에서 현재 5G에 이르기까지 지속해서 발전하고 있으며, 더 나아가 5G-Advanced에서 6G로의 전환이 예상된다. 2019년에 국내 통신 3사에서 5G 이동통신 서비스를 최초로 상용화한 이후로 5G 이동통신은 2025년까지 상당한 점유율을 가질 것으로 예상된다[1]. 그러나, 초고속, 초연결, 초저지연을 목표로 시작한 현재 5G 이동통신 네트워크는 아직 완전한 KPI(Key Performance Indicator)를 달성하지 못했으며, 공격 표면의 증가로 보안상의 새로운 도전 과제가 함께 나타났다. 전문가들은 5G 상용화가 자리 잡음에 따라서, 향후 몇 년 안에 차세대 네트워크인 6G 이동통신이 보급될 것으로 전망하고 있으며, 빠르게 발전하는 이동통신 환경에서 보안성을 향상하고 보안 내재화를 실현하기 위한 5G-Advanced 및 6G에 관한 보안 연구가 필수적으로 요구되고 있다[2]. UxNB(Radio Access Node on-board UAV)는 공중에서 이동성이 있는 기지국으로 6G의 초연결성 및 초저지연 요구사항을 충족시키는 데 중요한 역할을 할 것으로 전망된다. UxNB를 통해 IoT(Internet of Things), 스마트 시티, 자율 주행 자동차와 같은 산업 서비스와의 통합을 촉진하고 네트워크 설계의 유연성을 극대화하여 효율적인 네트워크 운영을 가능하게 한다.

본 논문에서는 5G-Advanced 및 6G 환경에서 필수적으로 사용될 것으로 예상되는 UxNB의 보안 내재화를 적용하기 위한 연구를 수행하기 위해 구성된 보안 테스트베드와 보안 테스트베드 확장 방안에 관해 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로서 UxNB에 대해 설명하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 UxNB 보안 테스트베드에 대해서 설명한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구 방향에 관해 설명한다.

2. UxNB

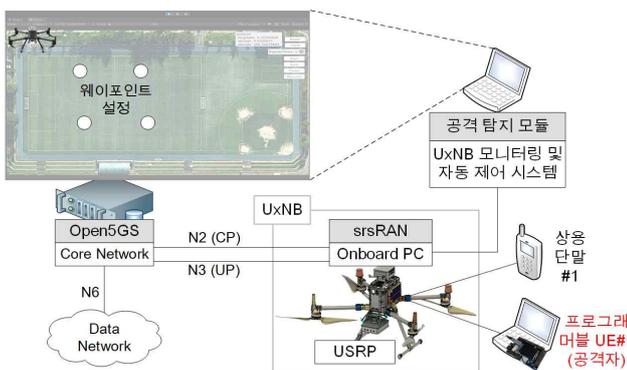
UxNB는 UE에 대한 연결성을 제공하는 무선 액세스 노드로 UAV를 통해 공중에서 이동성을 가지는 기지국을 의미한다. 이는 이동통신 관련 국제표준화기구인 3GPP(3rd Generation Partnership)에서 명명한 기술 용어로 간단하게 드론 기지국, 공중 기지국, 플라잉 기지국 등으로 다양하게 언급된다. 3GPP는 4G 기지국인 eNB, 5G 기지국인 gNB처럼 공중에서 UAV를 기반으로 이동하는 기지국을 UxNB로 명명하였다[3]. 이러한 UxNB는 미래 이동통신 환경에서 필수적으로 요구되는 기술이며 여러 시나리오에서 활용될 수 있다. 첫 번째는 자연재해나 큰 사고에 의해 기존의 기지국이 파괴되거나

나 기능이 상실하였을 경우, UxNB를 통해 긴급히 통신 네트워크를 복구하고 구조 및 대응 작업에 필수적인 역할을 할 수 있다. 두 번째는 효율적인 네트워크 관리와 최적화를 수행할 수 있다. 대형 행사나 스포츠 경기 등이 이루어지는 특정 지역에서 일시적으로 데이터 사용량이 급증하는 경우, UxNB를 통해 유동적으로 네트워크 대역폭과 처리량을 증가시킬 수 있다. 이는 기존의 정적인 네트워크 설계를 보완하여 더욱 유연한 서비스 제공을 가능하게 한다. 세 번째는 네트워크 서비스 범위의 확장이다. 산간벽지 및 해상과 같이 기존의 이동통신망이 도달하기 어려운 지역에 대해서 UxNB를 통해 연결성을 제공할 수 있다. 이를 통해 모든 사용자에게 광범위한 네트워크 커버리지를 보장할 수 있다. 마지막으로 UxNB는 이동통신의 새로운 서비스와 통합을 할 수 있다. UxNB는 IoT, 스마트 시티, 자율 주행 차량 등과 같은 새로운 서비스 및 기술과의 통합을 통해 광범위한 통신 인프라를 제공할 수 있다. 이는 5G-Advanced 및 6G의 초연결성을 실현하는 데 중요한 역할을 가진다.

이러한 UxNB의 이점에도 불구하고 UxNB는 여러 방향으로 위협을 받을 수 있다. 예를 들어, 공격자는 UxNB를 통제하여 긴급 서비스에 영향을 주거나, 특정 사건이나 활동 동안 정보의 흐름을 차단하기 위해 통신 서비스를 중단시킬 수 있으며, UxNB를 탈취하여 금전적인 이득을 취할 수도 있다. 또한, UxNB 내부 데이터 또는 기밀 정보를 불법적으로 획득할 수 있기 때문에 이를 방지하기 위한 UxNB 보안 연구가 이루어져야 한다.

3. UxNB 보안 테스트베드

UxNB 보안 테스트베드는 UxNB의 보안성 향상을 위해 Offensive Security 관점으로 공격과 방어를 수행할 수 있는 테스트베드이다. 5G-Advanced 및 6G에서의 보안 연구를 위해 다음 (그림 1)과 같이 테스트베드를 설계하였다.



(그림 1) UxNB 보안 테스트베드 구성도

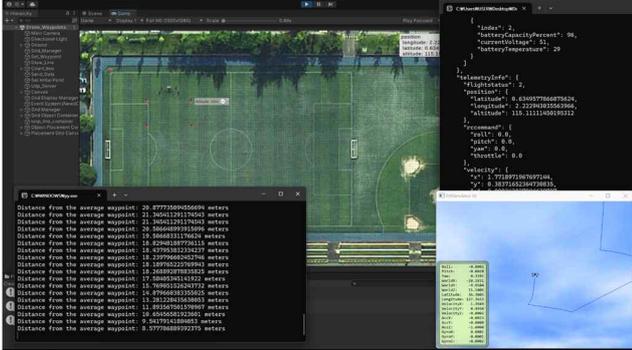
UxNB 프로토타입을 구현하기 위해 우리는 DJI의 Matric 300 RTK 상용 드론에 Onboard PC와 SDR 장비인 USRP B210을 부착하여 실제 비행이 가능하도록 구현하였다. UxNB 보안 테스트베드에서 5G 이상의 실제 이동통신 기능을 제공할 수 있도록 코어 네트워크와 RAN(Radio Access Network) 기능을 구현하였다. 코어 네트워크는 3GPP Release 17 표준 규격을 만족하는 Open5GS 오픈소스를 사용하여 구현하였으며 UxNB와 라우터를 통해 N2 인터페이스, N3 인터페이스를 통해 연결된다[4]. RAN 기능은 UxNB의 Onboard PC에 srsRAN 오픈소스를 통해 구현하였으며 이를 SDR 장비인 USRP에 연결하여 라디오 기능을 제공할 수 있도록 하였다 [5]. 이후 상용 단말인 삼성 갤럭시 S10 5G와 Quectel RM500Q-GL 5G 모듈을 통해 상용 단말과 프로그래머블 단말에서 5G 셀룰러 서비스를 제공받는 것을 확인하였으며, 실제 5G 및 그 이상의 네트워크 기능을 만족하는 테스트베드를 구축하였다. 다음 (그림 2)는 실제 구축된 UxNB 보안 테스트베드를 나타낸다.



(그림 2) UxNB 보안 테스트베드

UxNB 보안 테스트베드에 이동통신 특성을 반영하기 위해서 미션 기반의 자동 제어 시스템을 개발하였다. 또한, 실제 비행은 UxNB의 배터리 소모량으로 인해 연구 수행 지속성에 영향을 미치므로 비행 시뮬레이터를 사용하였다. 해당 기능은 DJI에서 제공하는 DJI Assistant 2 소프트웨어를 사용하였다 [6]. 소프트웨어를 통해 비행하는 UxNB로부터 GPS 정보, 속도, 방향, 자이로스코프 정보들을 수신받아 UxNB 모니터링 및 자동 제어 시스템에 UxNB의 위치가 나타날 수 있게 하였다. UxNB에게 자동 비행 미션을 제공하기 위해서 UxNB 모니터링 및 자동 제어 시스템에 버튼을 통해 웨이포인트를 지정하게 하였으며 정상적인 상황에서 UxNB 자동 제어 시스템은 미션을 UxNB에 전송하고 UxNB는 지정

된 웨이포인트를 향해 자동 비행을 수행한 이후, 베이스캠프로 다시 돌아오는 것으로 구성하였다. 다음 (그림 3)은 UxNB 모니터링 및 자동 제어 시스템의 화면을 나타낸다.



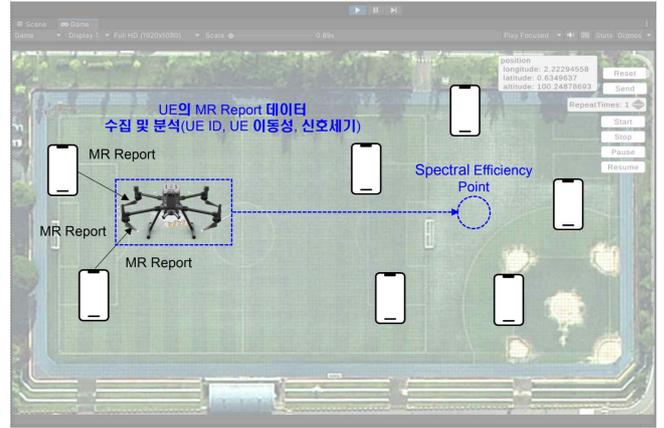
(그림 3) UxNB 모니터링 및 자동 제어 시스템

UxNB 보안 테스트베드는 프로그래머블 UE를 통한 공격이나 UxNB의 Onboard PC를 대상으로 한 보안 공격을 시뮬레이션할 수 있으며, UxNB 모니터링 및 자동 제어 시스템에 공격을 방어하거나 이상징후를 탐지할 수 있는 보안 메커니즘을 적용할 수 있도록 하였다. 이를 통해 연구자는 UxNB를 향한 Offensive Security 관점에서의 공격도 수행할 수 있으며 공격을 방어하기 위한 시스템에 관한 연구를 수행할 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서 소개한 UxNB 보안 테스트베드는 5G-Advanced 및 6G에서 필수적인 초연결성 및 초저지연 요구사항을 충족시키는 데 중요한 역할을 수행할 수 있는 UxNB 보안 연구에 활용될 수 있을 것으로 예상된다. UxNB에 대한 보안 연구를 수행하기 위한 기초적인 테스트베드 구성 방안을 제시하였다. 하지만, 현재 구축된 UxNB 보안 테스트베드의 경우 5G-Advanced 및 6G 이동통신 특성을 모두 반영하지 못하여 이동통신 시스템에 특화된 공격 표면이 부족한 상황이다. 향후 연구로는 UxNB 특성에 맞게 이동통신 기능을 극대화할 수 있는 방향으로 테스트베드를 확장하고자 한다. 우선 UxNB 모니터링 및 자동 제어 시스템에 MR(Measurement Report) 값이 적용된 가상 UE 생성 기능을 추가하고자 한다. UE가 UxNB에게 전송하는 MR 값에는 UE의 신호 세기와 컨텍스트 정보가 포함된다. 따라서 UxNB의 이동에 따라 MR 값이 실시간으로 변할 수 있도록 UxNB 보안 테스트베드를 확장할 예정이다. 또한, UxNB가 UE들이 분포된 특정 위치에서 MR 값을 기반으로 최고 효율의 RAN 기능을 제공할 수 있도록

록 호버링 기능을 구현할 예정이다. 이를 통해 UxNB는 6G 이동통신 특성을 반영할 수 있으며 UE 간의 Spectral Efficiency가 최대화되는 방향으로 자동 비행하게 된다. 다음 (그림 4)는 UxNB 보안 테스트베드 확장 방안을 나타낸다.



(그림 4) UxNB 보안 테스트베드 확장 방안

Acknowledgment

이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-00796, 상시적 보안품질 보장을 위한 6G 자율보안 내재화 기반기술 연구). 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 정보통신방송혁신인재양성(메타버스융합대학원)사업 연구 결과로 수행되었음(IITP-2023-RS-2023-00254529).

참고문헌

- [1] J. Pang, et al., "A new 5G radio evolution towards 5G-Advanced", *Science China Information Sciences*, vol. 65, 191301, August 2022.
- [2] P.Porambage,etal, "The Roadmap to 6G Security and Privacy", *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 2, pp. 1094-1122, May 2021.
- [3] 3GPP TS 22.125 V17.7.0, "Uncrewed Aerial System (UAS) support in 3GPP", March 2024.
- [4] Open5GS, [Online]. Available: <https://github.com/open5gs/open5gs> [Accessed: 23-April-2024].
- [5] srsRAN Project, [Online]. Available: https://github.com/srsran/srsRAN_Project [Accessed: 23-April-2024].
- [6] DJI, [Online]. Available: <https://www.dji.com/kr/downloads/software/assistant-dji-2-for-matrice> [Accessed: 23-April-2024].