

5G 기반 과학경호 지원 시스템의 국방분야 활용 방안

장용업, 정길수, 이종성, 이장선, 노봉수, 이재생, 봉지훈

국방과학연구소

yujang@add.re.kr, ksjeong@add.re.kr, lee@add.re.kr, jangslee@add.re.kr, saintroh@add.re.kr, jslee15@add.re.kr, aroti@add.re.kr

Leveraging 5G-based Smart Security Systems for Next-Generation Defense Innovation

Yong-Up Jang, Kil-Soo Jeong, Jong Sung Lee, Jang Sun Lee, Bongssoo Roh, Jae Seang Lee, Jihoon Bong

Agency for Defense Development

요약

본 논문은 5G 기반 과학경호 시스템의 개발 필요성과 기술적 특성을 소개하고, 이를 국방 분야에 적용하기 위한 전략적 가치를 분석한다. 최근 열린 경호 환경의 확대로 인해 보이지 않는 통제력 확보가 중요해짐에 따라, 5G의 초고속·초저지연·초연결성은 인공지능 기반 영상 분석, 자율주행 드론 및 로봇 등 미래 전력의 효율적 구동을 위한 필수적인 인프라로 자리 잡았다. 특히 실증 단계에서 높은 신뢰성이 검증된 과학경호 시스템을 국방 분야에 이식할 경우, 현장의 고화질 데이터를 실시간으로 공유하여 지휘관의 빠른 결심을 돋는 전장 상황 인지 능력을 극대화할 수 있다. 나아가 이는 인구 절벽으로 인한 가용 병력 감소 문제를 지능형 자동화 경계 및 유·무인 복합 전투체계(MUM-T: Manned-Unmanned Teaming)로 보완하는 스마트 국방 혁신의 핵심적 대안이 된다. 결론적으로 본 연구는 과학경호의 기술적 성과가 국방의 작전 효율성을 제고하고 병력 공백을 해소하는 데 있어 기술적·전략적으로 타당한 솔루션임을 제시하고자 한다.

I. 서 론

최근 경호 환경은 시민과의 소통을 강조하는 열린 경호로 패러다임이 변화함에 따라, 물리적 거리감을 보완할 수 있는 첨단 과학경호 체계의 구축이 절실히지고 있다. 이에 본 논문에서는 5G 기반 경호 업무를 수행하기 위한 차세대 무선통신 시스템 개발의 필요성을 강조하고, 인공지능 기반 영상 분석 및 무인 이동체 제어 등을 포함한 구체적인 개발 내용을 소개한다[1]-[5]. 특히 5G 기술의 핵심 특성인 초고속, 초저지연, 초연결성은 복잡한 전장 환경의 디지털 전환을 가속화하는 핵심 동력이다[6]. 본 연구는 실증 단계에서 검증된 과학경호 시스템의 신뢰성을 바탕으로, 해당 기술이 국방 분야에서 지니는 전략적 활용 가치를 검토한다[7]-[8].

결론적으로 5G 기반 시스템의 국방 이식은 전장 상황의 실시간 공유를 가능케 할 뿐만 아니라, 인구 절벽에 따른 병력 감소 문제를 지능형 자동화 체계로 보완하는 스마트 국방 혁신의 기술적 토대가 될 것이다. 본 논문은 과학경호와 국방 기술의 융합이 지니는 타당성에 대한 논의도 포함한다.

II. 본론

최근 경호의 패러다임은 과거의 폐쇄적·위력적 경호에서 시민과의 소통을 강조하는 열린 경호로 변화하고 있고, 이러한 환경에서는 물리적인 거리감이 줄어드는 만큼 발생할 수 있는 잠재적인 위협을 보완하기 위해 첨단 정보통신기술(ICT: Information and Communication Technology)의 도입이 필수적이다. 과거의 경호가 인력을 동원해 단단한 인적 장벽을 구성하고 위협 요소를 물리적으로 차단하는 데 집중했다면, 현재와 미래의 경호는 데이터 기반의 정밀한 위협 예측과 첨단 기술을 활용한 방식으로 진화하고 있다. 과거에는 화기나 병력을 노출하는 등 위력 과시를 통해 위해 시도를 억제하는 것이 핵심이었으나, 이제는 시민들과의 자연스러운 소통을 보장하면서도 빈틈없는 안전을 확보하는 조화로운 경호를 지향하-

고 있으며, 경호관의 육안 검시와 무전기, 단순 금속 탐지기에 의존하던 전통적인 도구체계는 인공지능, 드론, 로봇, 그리고 사물인터넷이 융합된 지능형 시스템으로 대체되고 있다.



그림 1 5G 기반 첨단 과학경호 지원 시스템 개념도

본 논문에서 고찰하는 5G 기반 첨단 과학경호 지원 시스템은 급변하는 현장 상황에 대한 유연한 대응 능력 확보와 국가 최고 수준의 보안성 극대화를 최우선 가치로 설계되었다. 본 시스템은 이동형 차량을 중심으로 이동 기지국 인프라, 고신뢰 경호용 전용 단말, 통합 운용 관제 시스템, 그리고 데이터 기반 지능형 경호 서비스 플랫폼으로 구성된다. 여기에 양자 암호 기술이 적용된 엔드 투 엔드(End-to-End) 보안 체계와 불법 주파수 탐지 장치를 유기적으로 결합하여 시스템의 완결성을 갖추었다. [그림 1]은 이러한 차세대 과학경호 시스템의 전체적인 기술 아키텍처를 시각화하여 보여준다. 먼저, 시스템의 근간이 되는 이동형 인프라 체계는 운용성을 고려하여 차량용과 휴대용 기지국으로 이원화하여 개발되었다. 차량용 이동 기지국은 외부 상용망과의 연동 없이도 독립적인 폐쇄망을 즉각적으로 구성할 수 있는 역량을 갖추었으며, 자체 구동 전력 체계와 고성능 안테나 시스템을 탑재하여 지형적 제약 없이 완벽한 이동성과 통신 커버리지를

보장한다. 한편, 휴대용 이동 기지국은 5G 액세스망과 코어 기능을 단일 장비로 통합한 ‘All-in-One’ 소형화 구조를 채택함으로써 개인 휴대 및 독립 운용이 가능하도록 설계되어 산악지형이나 건물 내부 등 통신 음영 지역에서의 임무 수행을 지원한다. 또한, 경호용 전용 단말은 5G 특화망 주파수뿐만 아니라 기존의 DMR(Digital Mobile Radio) 무전기 기능을 통합한 하이브리드 형태로 개발되어, 통신 환경의 급격한 변화나 긴급 상황에서도 중단 없는 교신을 보장하는 높은 생존성을 확보하였다. 보안 기술 측면에서는 하드웨어 기반의 양자 보안 칩셋 및 양자내성암호(PQC: Post-Quantum Cryptography)를 탑재하여 독보적인 신뢰성을 확보하였다. 이는 소프트웨어 방식의 보안 모듈이 가진 취약성을 극복하고 물리적 해킹이나 데이터 변조에 대한 저항성을 월등히 높인 결과이다. 고도화된 양자 암호 알고리즘은 미래의 양자 컴퓨터 공격에도 견딜 수 있는 강력한 보안력을 제공함과 동시에, 전용 하드웨어 가속을 통해 연산 처리 속도와 데이터 전송의 정확성을 보장한다. 이러한 독립적 하드웨어 보안 모듈 구조는 시스템 펌웨어나 응용 소프트웨어가 업데이트되더라도 보안 체계의 핵심 로직을 분리 유지할 수 있어, 장기적인 관리 효율성과 보안 업데이트의 용이성을 획기적으로 향상시킨다. 운용 시스템 및 네트워크 보안 체계는 국제 표준인 3GPP MCx(Mission Critical Services) 규격을 엄격히 준수하여 개발되었다. 경호 전용 운용 플랫폼은 5G 인프라의 통신 상태를 실시간으로 모니터링함과 동시에 현장의 방대한 원천 데이터를 안전하게 저장하고 관리하는 컨트롤 타워 역할을 수행한다. 특히 경호 엣지 플랫폼(Edge Platform)은 MEC(Mobile Edge Computing) 기술을 적용하여 데이터 처리를 클라우드가 아닌 현장 인근에서 즉각 수행함으로써 지연 시간을 최소화하며, 5G와 DMR 주파수를 통합 관리하는 지령대를 통해 빈틈없는 지휘통제 환경을 제공한다. 또한 한국 암호모듈 검증제도(KCMVP: Korea Cryptographic Module Validation Program) 인증을 거친 양자 보안 기술을 단말에서 기지국에 이르는 전 구간에 적용하고, 대규모 네트워크 학습 데이터를 활용한 인공지능 기반 이상 징후 탐지 기술을 결합하여 이동형 5G 망에 대한 고도의 안전성을 담보한다. 마지막으로, 본 시스템의 정점인 데이터 기반 지능형 경호 서비스는 실시간 현장 가시화를 통해 지휘통제의 최적화를 실현한다. 현장에 배치된 지능형 CCTV, 정찰 드론, 자율주행 로봇/차량 및 각종 IoT(Internet of Things) 센서로부터 수집된 각각의 고화질 정보는 인공지능 엔진을 통해 실시간으로 융합 분석된다. 이를 기반으로 돌발 상황 및 거동 수상자의 이상 행동 탐지, 비인가 인원 및 차량의 접근 식별, 경계 구역의 자동화된 순찰 감시, 그리고 현장 상황에 따른 임무 장비의 최적 배치와 같은 고차원적인 의사결정 지원 서비스를 제공한다. 결과적으로 이러한 데이터 기반 서비스는 지휘관에게 입체적인 상황 인식(Situational Awareness) 정보를 제공하여 정확한 판단을 돋고, 현장 요원의 대응 능력을 혁신적으로 강화한다. 이는 과거 인적 자원의 직관과 경험에 의존하던 전통적 경호의 한계를 첨단 기술로 극복하고, 과학적 근거에 기반한 예측 가능한 보안 환경을 구축하는 핵심 동력이 된다.

VIP 행사장 등 특정 구역에 구축하던 5G 특화망 기반의 전용 보안망 기술은 국방 분야에서 부대별 독립적 보안 통신망을 구축하는데 핵심적인 역할을 한다. 이를 통해 외부 해킹 위협으로부터 안전한 스마트 부대 구현과 초연결 지휘 통제 체계 확립이 가능해진다. 군중 속의 의심 행동이나 위해 물품을 식별하던 인공지능 기반 영상분석 기술은 최전방 및 주요 군사 시설의 적 침투 탐지 시스템으로 전환될 수 있다. 이는 기존의 육안 감시를 보완하여 자동화된 지능형 경계 시스템을 완성하는데 기여할 것으로 판단된다. 경호용으로 운용되던 순찰 드론 및 로봇 제어 기술은 국방의 무인 수색 로봇과 유·무인 복합 전투체계로 확장 적용될 수 있다. 이를 통해

병력 손실을 최소화하면서도 정밀한 정찰 및 타격 임무를 수행할 수 있는 전력을 확보하게 된다. 현장에서 위협 요소를 즉각 판별하기 위해 사용된 MEC 기술은 전장에서의 실시간 전술 정보 공유와 지휘관의 결심을 가속화 하는 데 매우 효과적이다. 데이터 처리 지연을 최소화함으로써 긴박한 작전 상황 속에서 전투의 우위를 차지할 수 있는 결정적 정보를 실시간으로 제공한다. 이러한 5G 기반 과학경호 시스템의 성공적인 실증 성과는 향후 국방 분야의 스마트 경계 시스템, 유·무인 복합 전투체계(MUM-T), 그리고 초연결 지휘통제 네트워크로 확장 적용될 수 있는 충분한 기술적·전략적 타당성을 보유하고 있다고 판단되며 국방분야 전환 및 활용에 대해서 구체적인 검토가 필요하다. 하지만, 5G 특화망 기반의 시스템이 군의 전술적 환경에 적용되기 위해서는 다음의 몇 가지 제한 사항에 대한 극복이 필요하다. 우선, 5G 특화망의 특성상 한정된 특정 지역에서 허가된 주파수를 사용해야 하므로 이동성 측면에서 한계가 존재하며, 군의 특성상 중요한 의사결정에 필요한 필수 데이터에 대한 상위제대 연결성에 대한 통신수단과의 연결성에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

III. 결론

본 논문에서 제안한 5G 기반 과학경호 시스템은 실제 현장 실증을 통해 그 성능과 신뢰성이 입증되고 있다. 5G 통신의 특징인 초고속, 초저지연, 초연결성을 바탕으로 한 인공지능 기반 관제와 무인 체계 운용 기술은 국방 분야가 지향하는 인공지능 기반 과학기술 강군 육성 및 스마트 국방 혁신의 방향성과 같다. 따라서, 이를 국방 분야와 연계하여 경계 시스템 및 유·무인복합전투체계에 적용하는 것은 기술적 완성도는 물론, 병력 지원 감소에 대응하는 전략적 측면에서도 매우 타당하고 시급한 과제라고 판단된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 대한민국 정부(산업통상자원부 및 방위사업청) 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술협력사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다(과제번호 23-CM-TC-13).

참 고 문 헌

- [1] 장용업, 이재생, 봉지훈, 정길수, “5G 특화망의 국방 활용 방안”, 한국통신학회 추계종합학술대회, 2025.
- [2] 송형준, 김기태, 경광모, 조강래, “휴대용 이동기지국 구조와 설계에 대한 연구”, 한국통신학회 추계종합학술대회, 2025.
- [3] 전지훈, 부준석, 안유선, 양희성, 신동범, 배명남, 김은주, 홍상기, 이강복, “무인 이동체 원격 순찰을 위한 웹 기반 통합 관제 시스템 구현”, 한국통신학회 추계종합학술대회, 2025.
- [4] 홍상기, 전지훈, 이강복, “경비안전을 위한 주요 객체 정보 구조에 관한 연구”, 한국통신학회 추계종합학술대회, 2025.
- [5] 김기태, 송형준, 경광모, 이현승, “이동기지국 채널 모델링 적용을 통한 커버리지 측정에 관한 연구”, 한국통신학회 추계종합학술대회, 2025.
- [6] J. Lee, and J. Lee.. "A Study on the tactical mobile communication service by 5G private networks." Proceedings of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, pp.1551-1552, 2024
- [7] S. Lee, W. Choi, E. Kim, K. Kim, and J. Lee. "Standardization Trends and Military Communication Applications of Core Technologies of 5G NR." Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, 27(5), pp.611-618, 2024
- [8] D. Oh, D. Han, and J. Lee. "A Plan for Future Battalion Tactical Network with 5G Network," Journal of Digital Contents Society, vol. 22., no. 3, pp.537-545, 2021