선진국방연구
Journal of Advances in Military Studies https://doi.org/10.37944/jams.v4i2.112
2021, Vol. 4, No. 2, 59-79.

Perspectives of resilience components for improvement of 5G network system in the defense sector

Keumseong Lee* · Seungnyung Baek** · Kyunghwan Choi***

≪Abstract≫

Future battlefield situations in the era of the Fourth Industrial Revolution are expected to increase the dependence on network systems. In these situations, the impact of the system could lead to a defeat on the battlefield. Accordingly, the purpose of this study is to recognize the importance of the resilience of network systems, identify the factors that can increase the resilience of the system, and present improvements.

Unlike in previous studies that were focused on technology improvement and development for applying the technology of the Fourth Industrial Revolution in the defense sector in the future, in this study, resilience is considered. Four components of resilience, depending on the specificity of the defense sector, are proposed for the introduction/design phase of the network system, serving

* (First Author) Korea National Defense University, Department of Defense Management, Student, mazinga119@naver.com
** (Co-Author) Korea National Defense University, Department of Defense Management, Professor, bsyorg@hanmail.net
*** (Corresponding Author) Korea National Defense University, Department of Defense Management, Professor, borita@hanmail.net

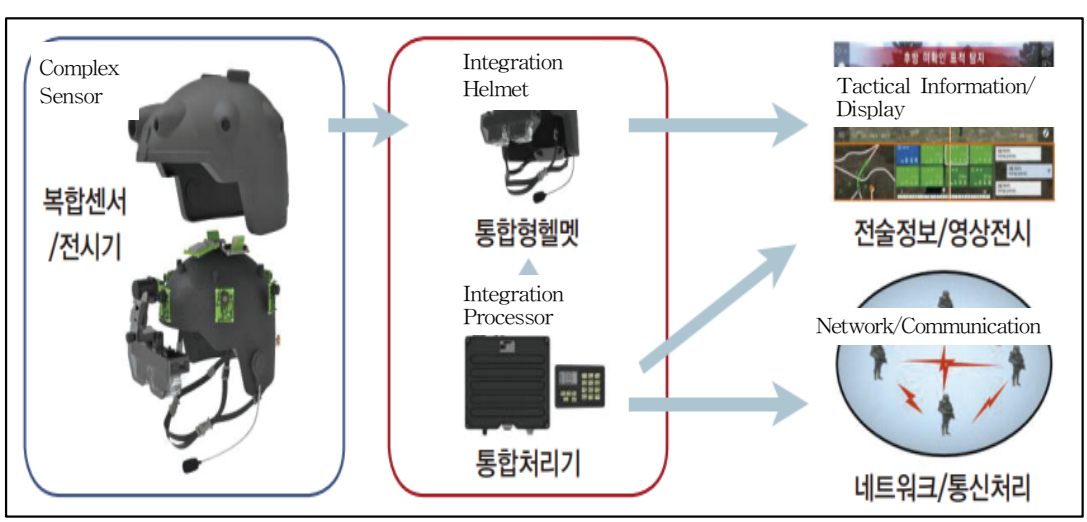
as a starting point for implementing a high-quality system by specifically considering problems and improvements.

Keywords : resilience, 5G network, risk management, high-reliability organization theory, future warfare, network centric warfare

Ⅰ. 서론

국방 분야는 4차 산업혁명 기술을 기반으로 급변하는 미래 전장 환경에 대비하고 승리하기 위해 '네트워크 중심전(Network Centric Warfare)' 개념을 적용하고 있으며, 기술 진보에 따라 점차 발전된 개념으로 진화하고 있다. 네트워크 중심전은 실시간 정보공유를 통해 전장에 대한 상황인식과 의사결정력의 동시성을 높임으로써 전장 정보에서 우위를 달성하고 전투력 상승에 기여하는 정보기술 기반의 전쟁개념이다(Cebrowski & Garstka, 1998). 그러므로 미래 전장의 작전 성패는 개인 전투원이 전장 상황에 대한 정보를 신속·정확하게 획득하고, 이런 정보를 토대로 전장의 정보 분석결과를 얼마나 신속하게 지휘소와 각각의 단위부대와 공유할 수 있는가에 따라 결정될 것이다.

특히, 우리나라는 세계 각국의 국방분야에서 네트워크 연결과 관련된 기술적 발전이 이루어지고 있으며, 이를 바탕으로 지휘관과 예하 전투원이 정찰결과, 전투계획 등의 전장 정보를 함께 볼 수 있는 환경을 마련하고 있다. 미래 개인 전투체계의 핵심은 네트워크를 통해 서로 연결되어 각 전투원의 음성, 메시지, 전장 영상 등을 부대 내에서 실시간 공유하고, 지휘소의 전장 정보 분석결과도 수신하여 지휘통제 능력이 극대화하여 전장에서 표적식별 능력과 전투력을 높이는 데 있다(Choi, 2019)(Figure 1). 이처럼 국방분야의 핵심 프로젝트인 미래 개인전투체계 구현을 위한 '워리어 플랫폼'의 적용은 네트워크 시스템은 근간으로 한다. 네트워크 시스템은 4차 산업혁명 기술 구현의 출발점이며 날이 갈수록 중요성이 커지고 있다.



<Figure 1> Conceptual Map of Monitoring and Communication Operation for Personal Soldiers in the Future (adapted from Choi, 2019)

네트워크 중심전 개념이 등장함에 따라 전장 상황에 대한 실시간 정보 공유, 다량의 데이터전송 등이 이루어진다. 또한, 데이터 유통 과정에 있어서 신속성이 보장되어야 적시 적절한 작전 실시간 전투지휘(상황판단-결심-대응)가 가능할 것이다. 하지만 현재 우리 군이 적용 중인 SPIDER 통신망 기반 환경에서의 데이터 전송속도는 네트워크 중심전을 수행하는데 한계점이 따른다. 이런 문제를 극복하기 위해 최근 5G 네트워크 기술을 국방 분야에 적용하는 방안에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이처럼 기술 발전을 위한 연구에 집중되어 있으나, 네트워크 시스템에 대한 피해 또는 충격 발생 시 회복력과 관련한 연구는 다소 부족한 실정이다. 또한, 선행연구는 5G의 성능적인 측면이나 기술 동향에 치우쳐져 있어 본 연구는 회복력 관점에서 네트워크 시스템 발전방향을 초점을 두고, 구체적으로 국방 분야에서 회복력의 중요성을 인식하여 내・외부의 충격을 극복하고 시스템 기능을 회복하려는 방안을 제시하고자 한다.

전쟁의 특성상 예측 불가능 수준이 높아 우리가 예상한 것보다 훨씬 충격이 클 것이므로 전쟁을 대비하고 수행하는 집단인 군은 전장 승리라는 목표를 달성하기 위해서 이런 충격에 대비할 수 있는 회복력을 갖추는 것이 필수적이다(Kim & Moon, 2020). 게다가 미래 전장 환경은 네트워크 시스템의 의존도가 높을 수밖에 없으므로 시스템의 충격은 곧 전장의 패배로 이어질 가능성이 있다. 이런 의미에서 5G의 성능적인 측면이나 기술 동향에 치우쳐져 있는 과거 연구와 달리 본 연구는 회복력 관점에서 네트워크 시스템 발전방향을 탐색하고자 한다. 이를 통해 국방 분야에서 회복력의 중요성을 인식하여 내・외부의 충격을 극복하고 시스템 기능을 회복하기 위한 방안을 제시한다. 구체적으로 회복력의 구성요소 관점에서 시스템의 회복력을 높여줄 수 있는 특정 요인을 분석하여 향후 국방 분야의 4차 산업혁명 기술을 적용할 경우에 필요한 회복력의 중요성을 제기한다.

이를 위해 본 연구는 기존 이론 및 선행연구에 대한 문헌고찰 방법을 적용하였다. 위에서 언급했듯이 5G 네트워크 시스템과 관련하여 기술적인 측면에서 발전을 이루고자 하는 연구들은 이미 심도 있게 진행되었으나 피해를 극복하기 위한 회복력에 관한 연구는 수행되지 않았다. 특히, 국방분야는 5G 네트워크 기술의 군사적 활용을 위해서 인프라 구축과 서비스 발굴의 초기 단계에 있는 상황이므로 전반적으로 참고할 수 있는 문헌이나 연구내용이 많지 않은 실정이다. 지금까지 민간 분야에서 연구해 왔던 5G 네트워크 기술 연구에 대한 참고를 통해 일반적인 특성들을 나열하여 기술의 기본적인 개념을 살펴보고, 공공분야에서 활용하고 있는 시스템에서 충격이나 피해 발생 시 어떠한 방식으로 회복력을 갖추고 있는지, 회복력을 구성하는 데 있어서 뒷받침되는 배경이론은 무엇인지 문헌을 통해 살펴보고자 한다. 이를 통해 기술이 가진 문제점과 한계를 도출한 후 국방분야에 접목되었을 때 발생할 수 있는 제한사항을 극복하기 위한 개선방안을 도출하는 데 연구의 목적이 있다.

이와 같은 연구목적을 달성하기 위해 이론적 배경은 기술시스템 위험, 회복력, 5G 네트워크 시스템과 관련된 이론을 검토한다. 그리고 국방분야 회복력의 구성요소를 기준으로 5G 네트워크 시스템의 예상되는 문제점을 살펴보고, 회복력의 구성요소를 기준으로 국방분야 5G 네트워크 시스템의 개선방안을 제시하였다. 끝으로 본 연구의 결과와 향후 연구방향을 제시하였다.

Ⅱ. 이론적 배경

2.1 기술시스템 위험이론 : 고신뢰조직이론

고신뢰조직(High reliability organization: HRO) 이론은 악조건에서도 부여된 임무를 철저히 완수하는 조직을 바탕으로 탁월한 조직설계와 조직관리를 통해 위험요소가 따르는 기술이 유발할 수 있는 사고들을 미리 예방할 수 있다고 주장하는 이론이다(Sagan, 1993). 현재는 각종 위험요소로부터 사회의 안전과 질서유지를 도모해야 하는 공공 시스템 분야를 중심으로 개념이 확산되고 있다.

Sagan은 고신뢰조직을 설계하기 위한 네 가지의 핵심요소들을 제시하였다. 첫째, 조직의 리더는 안전에 대한 확고한 철학을 바탕으로 위험을 완벽히 예방할 수 있다는 명백한 목표를 제시하고, 그에 따라 필요한 예산을 지원해야 한다는 주장이다. 둘째, 고신뢰조직론은 중복장치의 중요성을 강조한다. 예를 들어 쌍발기 형태의 엔진으로 구성된 전투기의 안정성이 높은 점으로 보아 기술적 보조장치가 필요하다. 셋째, 탈중심화를 강조한다. 조직이 경직되어 있고 위계질서를 강조하는 성격에 가까울수록 의사결정이 집중되어 있으므로 절차가 복잡하고 시간이 걸린다는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 탈중심화를 적용함으로써 갑작스럽게 의사결정을 해야 하는 사고나 상황에 유연하게 대처해야 한다는 주장이다. 마지막으로, 사고로부터의 학습이 안전을 위해서 중요하다는 것이다. 조직적인 학습을 통해 시도와 실패를 반복하며 시스템의 사고와 위험을 발견하는 과정을 거쳐야 한다는 주장이다. 이와 같이 네 가지의 핵심요소를 바탕으로 '회복력'은 조직의 임무를 중단시키는 사건과 사고에 부딪혀도 조직시스템이 무너지지 않고 오래 지속되도록 해야 한다는 개념으로 볼 수 있으며, 충격을 받은 상태에서 다시 처음 상태로 되돌아오는 것을 의미한다. 조직의 정상화를 위해서라도 회복력은 중요하다.

한편, 기술시스템 위험이론과 관련한 선행연구를 살펴보면, 대형기술시스템의 안전성 확보방안 연구에서 세 가지(조직, 기술, 국가정책) 관점으로 나누어 안전성 확보방안을 제시하고, 결론적으로 총체적 안전관리 시스템이라는 개념을 새롭게 제시하였다(Kim, Kang, & Kim, 2008). 예를 들어 원전사고와 민주적 위험 거버넌스의 필요성 연구에서는 현재의 지배적인 전문가 중심의 위험 거버넌스의 한계점을 분석하고, 민주적 위험 거버넌스로의 전환을 모색하는 방안을 제시하였다(Kang, 2011). Hallamaa(2021)은 인공지능(AI)의 기술 사용에 따른 예측할 수 없는 결과가 종종 발생함에 따라 대형 참사와 각종 사고가 발생한다고 주장하였으며, 사고사례를 분석하고 인공지능(AI)에 의한 문제를 예방하기 위한 사용자의 노력과 역할에 대하여 논의하였다. 그리고 고신뢰조직이론을 바탕으로 한 연구를 통해 더욱 안전한 인공지능(AI) 설계에 기여할 방법을 제시하였다.

2.2 회복력

회복력(Resilience)은 충격으로 인한 피해를 극복하고 시스템 기능을 회복하는 능력으로 정의되며, 시스템 내・외부 충격으로 인해 발생하는 불안정성을 극복하여 시스템 기능을 회복하는 능력을 의미한다. 공학적인 회복력 관점에서는 시간에 초점을 두고 있는데, 얼마나 빠른 시간 내에 원래 상태로의 회복이 가능할 것인가가 관건이 된다고 하였다(McManus & Polsenberg, 2004). 현대사회로 접어들면서 다양한 분야에서 회복력의 개념을 확장하며, 문제해결에 대한 개념뿐만 아니라 '시스템의 점진적 변화'를 포괄하는 개념이 등장하기 시작하였다. 따라서 회복력은 충격으로부터 발생하는 시스템의 불안정성을 극복하고, 기능을 회복하는 능력을 의미하며, 피해를 발생시키는 문제에 대해서 근본적인 접근을 통해 개선사항을 도출하고, 기존과는 다른 시스템을 창출해내는 개념으로 이해해야 한다(Seo & Cho, 2014).

회복력에 대한 정의와 기존 연구 내용을 종합적으로 살펴보았을 때, 예상되는 위험을 내부적인 문제와 외부적인 문제로 분류하고, 문제 발생 시 단순한 증상 해결보다는 심층적인 접근을 통해 문제를 일으키는 근본적인 원인을 찾아 재발하지 않도록 가능한 최단 시간 내에 해결하는 것이 중요한 맥락임을 알 수 있다. 회복력이라는 큰 틀 안에서 세부 요소들을 분류하여, 각 요소에 맞게 개선방안 및 과제를 도출해야 한다.

세부적으로 회복력의 구성요소는 대체성/예비능력, 견고성, 융통성, 신속성, 모듈성/독립성 5가지 요소로 분류될 수 있다. 대체성/예비능력은 인프라와 자원의 분산을 강조하였으며, 견고성은 시스템이 보유한 기능이 약화 되거나 물리적 충격 시 견딜 수 있는 힘의 정도로 정의하였다. 융통성은 자원을 동원하거나 관리하는 측면에 있어서 효율성을 강조하였으며, 신속성은 시스템이 피해 이전의 상태로 최단 시간 내 복구되는 능력이라고 정의하였다. 마지막으로 모듈성/독립성은 시스템의 작동은 하위요소들의 상호작용과 자기발전능력이 뒷받침되어야 하고 상호의존적인 성격이 있다고 정의하였다(Seo & Cho, 2014). 본 연구에서는 국방분야의 특수성을 고려하여 5G 네트워크 시스템에서의 회복력의 구성요소를 4가지(3R1F)로 정의하였다(Table 1).

<Table 1> Components of Resilience (3R1F)

Division	Contents
Redundancy	・Ability to function through superimposed and redundant equipment even if one or more systems are destroyed or disabled.
Robustness	・Ability to protect itself from external physical shocks, internal cyber attacks (infringements)
Flexibility	・Ability to freely introduce and utilize advanced technologies in the private sector
Rapidity	・Ability to restore functionality quickly and to rapidly process large amounts of information data

국방 분야가 가진 특수성에 빗대어 회복력의 구성요소를 연결 지어 보면 첫째, 무기체계나 시스템이 불능상태가 되었을 때 정비시간 및 군수지원시간을 최소화하여 작전수행 간 제한사항이 없도록 하는 것이 핵심이다. 이에 따라 수리부속 및 대체장비, 예비품의 최적 보유량을 평소에 가지고 있는 것이 중요한 사항이다(Lee *et al*., 2018). 이를 회복력의 구성요소 중 대체성과 연결하였다. 둘째, 현대전의 양상은 사이버 공격이 직접적인 공격수단으로 자리매김하였다. 사이버공간은 보이지 않는 영역으로 간주할 것이 아닌 실질적인 방어수단이 필요한 실제적이고 새로운 안보 영역으로 재평가해야 한다(Jang & Yoon, 2020). 이러한 이유로 견고한 방어력을 갖춘 네트워크 시스템이 필수적이라고 볼 수 있으며, 회복력의 구성요소 중 견고성과 연결하였다. 셋째, 해외 주요국의 국방분야 5G 적용 사례를 살펴보면 중국 통신기업인 화웨이가 5G 네트워크 국제 표준 설정자로서 자리매김함에 따라 화웨이를 적극적으로 활용한 중국군이 5G 네트워크에 있어서 세계에서 가장 우위를 차지할 수 있는 유리한 여건이다. 이에 따라 미국은 이를 위기상황으로 평가하고 있으며, 중국의 견제를 위한 5G 연구개발에 막대한 투자와 동시에 민간부문의 참여를 확대하고 있다(Jeon, 2020). 우리나라도 5G 네트워크의 핵심기술은 주요 이동통신사들이 확보하고 있으며, 2019년부터 상용화를 시작하였기 때문에 민간분야와의 협력을 확대할 필요성이 있다. 이러한 특성은 회복력의 구성요소 중 융통성과 연결하였다. 넷째, 전투현장과 지휘통제실이 실시간의 모든 전장 상황과 정보를 공유하고, 공유된 정보를 바탕으로 신속한 판단과 명령하달을 통해 전투현장에서 효과적으로 작전이 수행되는 것이 필수적이다(Shin, Lee, & Kim, 2020). 이러한 특성은 신속성으로 정의할 수 있다.

앞서 언급한 고신뢰조직 이론은 조직의 탁월한 역량과 능력이 뒷받침된다면 위험을 충분히 관리할 수 있다는 의미를 담고 있으며, 회복력의 구성요소와 밀접한 연관이 있다. 첫째, 고신뢰조직이론은 기술적 보조장치 또는 중복장치의 중요성을 강조하고 있음에 따라 대체성의 개념과 일맥상통한다고 볼 수 있다. 둘째, 조직의 리더가 안전에 대한 전문성과 철학을 바탕으로 위험을 완벽히 예방할 수 있다는 목표를 내세우는 것은 시스템이 견고성을 갖출 수 있는 출발점이나 가이드라인으로 볼 수 있다. 그리고 사고로부터의 학습을 통해 위험에 대한 극복능력을 갖추어 나가는 것이 견고성의 개념과 일치한다. 셋째, 조직의 리더가 위험 예방을 위한 적재적소의 예산 투입과 관련한 내용은 민간분야의 기술을 활용하고 국방분야로 유입시키기 위해서는 예산의 활용이 필수적인 요소이기 때문에 융통성의 개념과 일치한다. 마지막으로 탈중심화를 통한 조직의 의사결정 속도 향상은 신속성의 개념과 일맥상통한다고 볼 수 있다.

국방 분야에서의 회복력과 관련된 선행연구를 살펴보면, 사이버 분야에서는 사이버공간에서의 회복력 향상을 위한 구체적 방법으로 무기체계 임베디드 소프트웨어 보증 방안을 제시하였다(Jang & Yoon, 2020). 반면, 군 공급사슬 회복력 측면에서는 회복력의 개념을 구체적으로 정의하고, 육군 공급사슬 맥락에 부합하는 회복력의 측정개념을 도출한 후에 재고의 관점에서 복원적 육군 공급사슬을 디자인한 연구결과를 제시하였으며(Lee, Moon, & Seok, 2013), 육군의 회복력을 극대화할 수 있는 탄약 공급사슬을 디자인한 연구결과를 제시하였다(Kim & Moon, 2020).

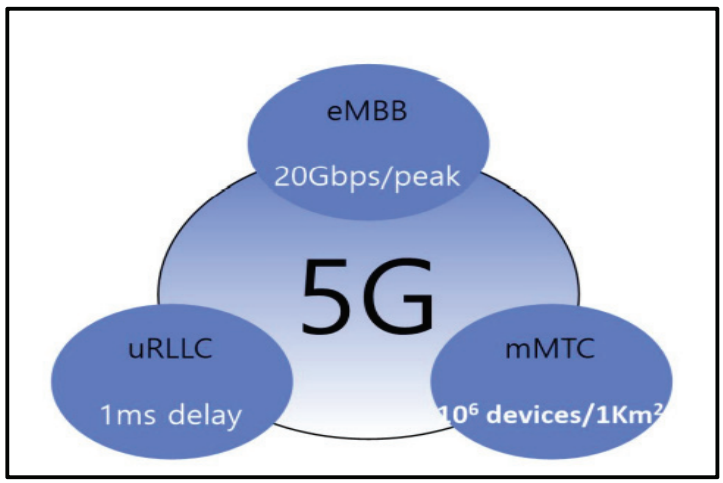
2.3 5G 네트워크 기술

5G 네트워크 기술은 현재의 4G/LTE 기술을 계승할 차세대 모바일 기술이다. 인터넷 데이터 트래픽 증가에 따른 용량 수요가 증가함에 따라 5G는 4G/LTE 대비 데이터 통신 속도를 최대 10배까지 높이는 것을 목표로 하고 있다. 5G 이동통신 기술은 인구 밀집 지역이나 Wi-Fi 핫스팟이 닿지 않을 때 고화질 미디어를 더욱 쉽게 스트리밍할 수 있게 해준다. 5G의 잠재적인 이점으로는 스마트 사회의 방대한 양의 연결된 장치에 대한 통합 관리, 낮은 비용, 낮은 배터리 소비량, 낮은 지연 시간 및 장치 간 통신 지원 향상 등이 있다. 5G 네트워크를 구성하는 핵심기술은 고속통신(eMBB : enhanced Mobile BroadBand), 대용량(mMTC : massive Machine Type Communications), 초저지연 및 고신뢰통신(URLLC : Ultra-Reliable and Low Latency Communications) 세 가지로 구분한다(Kim, 2019).

첫째, 고속통신(eMBB)을 가능하게 하는 기술과 관련해서 주파수의 대역폭 구분과 빔포밍과 관련된 개념의 이해가 필요하다. 5G 네트워크 기술에서 사용되는 주파수 대역은 3.5GHz 대역과 28GHz 대역으로 나누어진다. 3.5GHz 대역은 비교적 커다란 통신반경 셀을 구축하는 데 이용되며, 28GHz 대역은 수백 미터 이내의 작은 규모의 셀을 구축하는 데 이용된다. 다음으로 빔포밍 기술을 살펴보면, 빔포밍이란 기지국 안테나가 특정 범위 내의 사용자 집단을 향하여 전파를 집중적으로 전송하는 기술을 일컫는다. 빔포밍 기술을 통해 특정 범위 내에 있는 사용자들을 하나의 그룹으로 설정하고 이들에게 전체 주파수를 할당하게 되면 상대적으로 더 적은 사용자들이 주파수 대역을 공유하게 되므로 빠른 속도의 통신을 이용할 수 있게 되는 것이다.

둘째, 5G 서비스에서 제공하는 대용량(mMTC) 특성은 가변적 채널 대역폭 할당 기술을 통해 특정한 범위 내에서 무수히 많은 디바이스를 연결이 가능하다. 통상적으로 $1km^2$ 당 최대 1백만 개의 장비를 수용한다. 이러한 대량연결은 각종 스마트기기에 부착될 센서, 가전제품과 수도와 가스를 비롯한 각종 검침기, 계량기, 자동차, 보도의 센서 등 기하급수적으로 늘어날 IoT 장치들을 수용하기 위한 필수 요소다. 산업 영역에서는 스마트공장을 예로 들었을 때 공정 기기에 5G 통신 모듈을 장착, 시장과 고객의 요구를 실시간으로 참고하면서 재고 등에 따른 생산공정을 수정하고, 기계들의 자체학습(딥러닝)을 바탕으로 공정을 개선할 수 있게 된다.

셋째, 초저지연 및 고신뢰통신(URLLC) 특성은 네트워크 슬라이싱(Network Slicing) 기술을 통해 다양한 특징을 갖는 모든 서비스를 제공하는 것이다. 다양한 서비스들을 동시에 구현하면서 각각의 서비스들의 품질을 보장하기 위해서는 서로 구분되는 네트워크를 이용해야만 한다. 네트워크 슬라이싱은 네트워크를 잘게 나누어 이처럼 각각의 특징을 갖는 서비스들의 목적을 만족시키는 것이다. 즉, 하나의 물리적인 5G 네트워크를 서비스 특성에 따라 여러 개의 가상 네트워크로 만들어서 이용하는 것이다.



<Figure 2> Components of 5G (Adapted from Oh *et al*., 2021)

국방 분야의 5G 네트워크 기술이 필요한 이유는 미래 전장 환경의 변화요소이다. 미래 전장 환경은 합동작전이 보편화 됨에 따라 육·해·공군의 작전공간이 중첩되는 양상을 보인다(Ministry of National Defense, 2020). 작전공간이 중첩되면 전장 상황의 실시간 공유는 필수적이다. 그래서 실시간 획득되는 데이터의 양과 실시간 공유를 위해 유통되는 데이터의 양은 폭발적일 것이며, 다량의 데이터를 고속으로 처리해주는 5G 네트워크 기술의 필요성이 점차 증대될 것이다.

국방 분야에 5G 네트워크 기술이 도입되고, 미래 전장 환경에서 작전을 수행하면서 얻게 될 긍정적인 효과는 전 영역 전장 가시화를 바탕으로 명확한 전투지휘를 통한 전장의 주도권 확보가 가능해진다는 점이다(Ministry of National Defense, 2020). 개인전투원의 실시간 전장상황을 지휘소에서 지휘관과 참모들이 볼 수 있다면 작전 실시간 전투지휘(상황판단-결심-대응)의 절차가 전장에서의 상황 발생 동시에 진행된다. 이를 바탕으로 전장과 지휘소의 괴리를 최소화할 것이며, 확보된 실시간 정보를 바탕으로 다양한 전투수단을 통합 운영하여 전투력을 극대화함으로써 전장에서의 승리를 달성할 수 있을 것이다. 전 영역 전장 가시화를 하기 위해서는 지휘소와 수많은 개인전투원을 네트워크 장치를 통해 연결하고, 이를 통해 전투가 진행될수록 지휘소와 전투원 간 공유하는 데이터의 양이 기하급수적으로 늘어날 것이며, 작전 실시간 전투지휘를 동시에 진행하기 위해서는 신속성이 보장되어야 하므로, 5G 기반의 초연결·초고속 네트워크 환경 구축이 반드시 필요하다.

이런 국방 분야에서 5G 기술과 관련한 연구들을 살펴보면, 5G 기반 증강현실 통합 지휘통제 플랫폼 구축 및 활용방안 연구에서 5G와 AR를 결합한 지휘통제 플랫폼을 통해 전장과 지휘통제실의 실시간 정보공유의 실현이 가능한 방안에 대해서 논하였다(Shin, Lee, & Kim, 2020). 미래 대대급 전술 네트워크 구축을 위한 5G 기반 네트워크 활용방안 연구에서는 현재 전술통신체계의 기술적 한계성으로 인해 실시간성이 필수적인 미래의 전장 환경에서 생겨날 위협들을 제시하고 현재 지속

해서 개발하고 있는 5G 이동통신기술을 대대급 네트워크의 구축한 활용방안을 제시하였다(Oh, Han, & Lee, 2021).

Ⅲ. 국방분야 5G 네트워크 시스템의 예상되는 문제점

3.1 대체성(Redundancy)

5G 네트워크 시스템을 구성할 때 일반적으로 적용하는 것은 수 km의 광대역 커버리지를 지원하는 매크로 셀(Macro Cell) 방법이다. 앞서 5G 네트워크 기술에서 주파수와 관련된 개념을 살펴보았다. 기존의 4G 네트워크 시스템부터 주로 6GHz 이하의 주파수 대역을 활용함으로써 넓은 영역의 통신반경을 구성하며, 앞으로도 계속 중요한 주파수 대역으로 활용할 것이라는 전망이 있다(이병주 등, 2020). 하지만 주파수 대역은 무한정 활용할 수 있는 자원이 아니다. 활용도와 중요성이 높아지면서 주파수 대역의 고갈현상이 일어나고 있고, 국방분야의 5G 네트워크 시스템에 적용하기 위한 주파수 대역을 할당받지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 추가적인 문제로 3.5GHz 주파수 대역을 활용하여 넓은 통신반경을 구성하는 매크로 셀(Macro Cell) 형태를 적용했을 때 높은 전송력과 광범위한 범위를 아우르는 기술이라는 장점도 있지만, 전장상황을 가정해보면 넓은 통신반경을 담당하는 매크로 셀 1개소가 파괴된다면 수 km 작전지역은 5G 네트워크는 불능상태에 빠지게 되며, 지휘통제 기능의 마비를 초래할 것이라는 문제점이 발생할 수 있다. 마지막으로 5G 네트워크 기술은 지상으로부터 최대 120m 높이까지의 단말만을 지원하는 지상 중심의 커버리지라는 특성으로 인하여 드론이나 전투기 등과 같이 공중을 담당하는 장비에 대한 네트워크 지원에 문제점이 발생할 수 있다(Ministry of Science and ICT, 2020).

3.2 견고성(Robustness)

5G 네트워크 기술이 도입됨에 따라 빔포밍을 통해 단위 면적당 연결 가능한 장치 수를 크게 늘릴 수 있었으며, $1km^2$당 약 100만 대 이상의 디바이스를 연결할 수 있다. 이는 무수히 많은 디바이스를 동시에 연결하고 고속으로 이용 가능한 장점이 있지만, 네트워크에 연결된 수많은 디바이스들은 보안의 주요 약점으로 작용할 수 있다. 다수의 기기를 고속으로 해킹해 기지국을 공격하는 수법, 기지국의 허점을 이용해 데이터를 빼내는 수법 등에 노출된다. 해커가 영역 내에 있는 다수의 기기를 해킹한 후 기지국을 공격하면 그 자체를 디도스 공격으로 볼 수 있다. 공격으로 피해를 받은 중앙 통제 시스템으로 인해 네트워크의 심각한 장애가 발생할 것이다(Hong, 2019).

기지국 장비의 외부적인 타격으로 인한 물리적 피해에 대한 측면도 고려해 보아야 한다. 주파수

의 도달 범위를 증가시키고, 음영지역 극복을 위해서 네트워크 기지국을 상대적으로 가장 높은 곳에 설치하는 것이 일반적인 모습이다. <Figure 3>을 보면 네트워크 기지국이 건물 옥상에 설치되어있으며, 피뢰침을 설치하여 낙뢰에 대한 대비가 되어있는 형태이다. 주변 지형보다 상대적으로 높은 곳에 설치되어 있음과 동시에 기지국의 크기가 커서 노출이 심하고, 물리적 타격에 대한 방호대책 강구가 다소 미흡한 것을 볼 수 있다.

<Figure 3> 5G Network Base Station Installation (Shin *et al*., 2020)

3.3 융통성(Flexibility)

5G 네트워크 통신기술은 산업 및 사회 각 분야에서 기반시설로 활용되고 있으며, 다양한 정보요구, 데이터 송수신의 증가, 정보품질의 향상 등으로 시스템 복잡도가 증가하고 있으며, 향후에는 기존 요구 사항을 100배 이상 뛰어넘는 고성능을 요구할 것으로 예상한다(Ye *et al*., 2020). 미래 개인전투체계가 적용된 전장 상황에 대입을 해보면 개개인의 전투원들은 디바이스와 네트워크를 통해 상호 연결되어 있다. 이는 디바이스의 수가 많아졌음을 의미할 뿐만 아니라 전투형태(지상전, 공중전, 해상전)에 따라 디바이스의 종류가 다양화될 수 있음을 알 수 있다. 그리고 전장에서 영상정보를 실시간으로 송수신함에 따라 데이터의 트래픽이 폭발적으로 증가할 것으로 예측된다. 이러한 무수히 많고, 복잡성이 증가하는 디바이스에 대한 효율적인 관리가 필요하고, 네트워크 간섭 등을 극복하면서 전반적으로 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 관리체계가 뒷받침되어야 하는데, 현재의 국방분야 기술과 인력으로는 부족한 실정이다.

국방 분야의 특성상 유선 환경 위주의 광대역 네트워크 구성과 다단계의 강화된 보안체계 및 생존성 확대를 위한 다중화 체계 설계 요구 등으로 민간분야의 모바일 기술과 환경을 신속하게 도입해 적용하는데 제한사항이 많다(Ministry of National Defense, 2020). 군사비밀은 국가의 안위와도

직결된 문제이기 때문에 보호할 의무가 있지만, 과도한 정책으로 인하여 시스템 전력화 과정에서 과다한 예산이 투입되고 전력화 이후의 문제점이 식별되어 이중으로 업무를 처리하는 불필요한 소요가 발생하기도 한다(Kim & Jung, 2019).

3.4 신속성(Rapidity)

미래 개인전투체계인 워리어 플랫폼에서 지휘관-전투원, 전투원-전투원이 주고받는 정보는 음성뿐만 아니라 전시기를 통해 획득하는 영상정보가 주를 이루게 된다. 수많은 전투원이 획득한 영상정보의 전송이 이루어지는 과정에서 영상의 특성상 데이터의 용량이 클 뿐만 아니라 이를 처리하는 데 있어서 트래픽이 폭발적으로 증가하게 된다. 전투상황이 고조될수록 처리해야 할 영상정보가 많아질 것이며, 시스템의 과부하 및 기능 저하의 문제점이 나타나게 된다. 시스템의 결함 발생 시 전투태세 유지와 감시-결심-타격의 신속성과 적시성 확보에 문제가 발생하게 됨으로써 원하는 시간과 원하는 위치에 강력한 포병화력이나 항공전력을 지원할 수 없게 된다.

기능 회복의 측면에서 살펴보았을 때 5G 네트워크 시스템은 국방분야보다는 민간기업들의 출발이 앞섰고, 핵심기술도 민간분야에서 다수 확보한 상황에서 우리 군 자체인력만으로는 운영유지가 다소 제한되는 구조이다. 시스템에 대한 충격, 문제점 발생 시에 군 자체인력으로 해결이 되지 않을 것이며, 민간기업과의 사전협력이 이루어지지 않았다면 시스템의 기능을 아예 회복시키지 못할 수도 있다는 문제점이 발생한다.

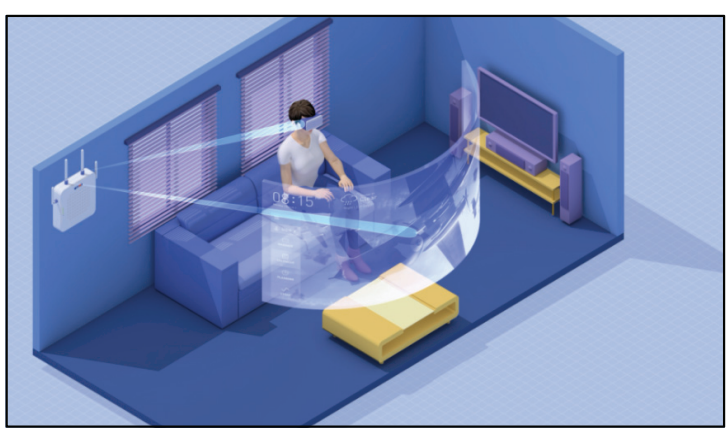
Ⅳ. 국방분야 5G 네트워크 시스템 개선방안

4.1 대체성(Redundancy)

모바일과 인터넷 장비의 폭발적인 증가는 트래픽 과부하의 원인이 되고, 이것은 현재의 네트워크의 용량 증가, 데이터 송수신 빈도의 증가로 이어지고 있다. 이러한 상황에도 불구하고 사용자들은 더욱 더 빠른 속도를 요구하여 오늘날의 기술이 5G 네트워크로 이르게 되었다. 사용자들의 요구를 충족하기 위하여 최근의 연구들은 주파수 자원을 탐색하고 대역의 활용을 극대화하는 것에 초점이 맞춰져 있다. 그러나 근본적인 원인인 주파수 자원의 부족은 5G 네트워크를 효율적으로 관리할 수 없을 만큼 심각한 문제를 야기하고 있다(Ahmad *et al.*, 2020). 주파수의 활용성이 증대되고 소요가 많아짐에 따라 고갈현상을 극복하기 위해서 주파수 대역을 추가로 확보하기 위한 노력은 국가적 차원에서 관심을 갖고 지속하여야 한다. 현재 단계에서는 한정된 주파수를 이용할 수 있는 스펙트럼을 확대하고 효율을 개선해야 한다는 주장이 제기되고 있다.

6GHz 이하 저주파 대역이 점차 고갈됨에 따라 주파수 공유 등을 통한 제한사항을 극복할 수 있는 기술에 대한 관심이 높아지고 있다(Lee *et al.*, 2020). 새로운 주파수 공유 방식으로 논의되는 것은 각각의 주파수 면허권자들이 상호 합의를 통해 시간, 장소, 공간에 따라 필요한 만큼 주파수를 이용하는 방식과 제1 면허권자가 특정한 서비스 환경하에서 하나 이상의 다른 사용자에게 자신이 소유한 주파수 자원을 이용할 수 있는 권리를 주는 방식 등이 있다(Ahn & Song, 2013). 전자의 방식은 예측불가능한 전쟁의 특성상 시간, 장소, 공간을 한정 지을 수 없으므로 국방분야에 적용하기는 다소 제한사항이 많이 따를 것으로 보인다. 후자의 방식을 택한다면 국방부가 제1 면허권자가 되어 평시에는 주파수 자원을 민간분야에 공유하는 역할을 하고, 전시에는 주파수를 독점적으로 사용할 수 있는 여건이 마련되어야 할 것으로 보인다. 다음으로 물리적 타격에 의한 시스템 파괴 시 대체성이 확보되어야 한다. 작전지역 내 어느 하나의 5G 네트워크 기지국이 파괴되어도 중복장치를 통해 기능발휘의 제한사항이 없어야 하며, 분산을 통해 피해를 최소화하는 방안이 강구되어야 한다. 이에 따라 적합한 방식으로는 '스몰셀' 방식이다. '스몰셀' 은 기존의 매크로 셀 방식과는 달리 셀의 크기를 소형화하는 방식으로 수십~수백m 정도의 소출력 커버리지를 갖는 소형 기지국이다. 스몰셀의 최적 배치를 통해 예하 부대의 전투원, 전투장비가 실시간 네트워크에 접속할 수 있으며 원활하게 데이터 전송이 이루어질 수 있다(Oh, Han, & Lee, 2021).

네트워크 전송 반경이 작전지역 전체를 아우르는 매크로 셀의 형태보다는 지휘통제실(Command Control Center), 전술지휘소(Tactical Command Post), 예하 제대별 생존성 보장 진지(Bunker) 등을 활용하여 '스몰셀'의 형태로 네트워크 기지국을 구축한다면, 어느 특정한 1개소의 '스몰셀' 기지국이 파괴된다고 하더라도 네트워크 전송의 중첩범위를 고려하여 기지국이 분산되어 있기 때문에 피해를 최소화할 수 있고, 중복장치를 통한 기능 발휘에 이상이 없을 것으로 예상된다.



<Figure 4> Projections of Small Cell Base Station Implementation

* Source: Electronics and Telecommunications Research Institute (2021)

마지막으로 5G 네트워크의 지상 중심 커버리지 한계점을 극복해야 한다. 미래 전장 환경의 트렌드는 합동작전이고 3차원의 영역에서 임무를 수행해야 한다. 3차원의 영역을 모두 커버가 가능할 수 있는 기술이 도입되어야 하며, 스몰셀 방식을 3차원의 영역에 적용할 필요성이 있다. 이와 관련하여 5G 네트워크는 도달 거리가 짧은 특성상 지하나 건물 내부의 네트워크 연결이 제한된다는 단점이 있기 때문에 공중장비(드론 등) 또는 건물 내부까지 중계할 수 있는 인프라를 구축함으로써 음영지역을 최소화해야 한다(Shin, Lee, & Kim, 2020)는 의견과 우리나라는 국토 대부분이 산악지형으로 이루어져 있어 안테나가 탑재된 UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 셀 등을 적극적으로 활용한다면 단위부대를 실시간으로 추적함으로써 네트워크의 단절현상 없이 고속의 데이터를 실시간 제공할 수 있다(Oh, Han, & Lee, 2021)는 의견이 논의되었다.

4.2 견고성(Robustness)

민간 분야에서는 5G 네트워크 기술에 대한 보안 취약점을 인지하고 이를 해결하기 위한 노력을 적극적으로 수행하고 있다. 특히 SK텔레콤은 세계 최초로 양자암호 통신사인 IDQ를 인수해 5G 네트워크 기술이 가진 보안 취약점을 극복하기 위해 노력하였다(Hong, 2019). 양자 암호화 통신기술은 양자 역학의 원리를 기반으로 하기 때문에 감청하거나 도청이 불가능하므로 절대적인 안전성을 보장한다(Cho *et al*., 2007). 정보보호의 핵심기술로 각광받는 양자 암호화 통신기술을 국방분야에서 독자적으로 개발하거나 확보하기는 제한사항이 많다. 네트워크 침해가 국가의 안보와 직결되는 국방분야에 5G 네트워크 시스템을 구성하기 위해서는 양자 암호화 통신기술의 획득을 위한 민-군 협력이 선제조건이 되어야 한다.

추가적으로 적에 의한 물리적 공격(포병화력, EMP탄(Electromagnetic Pulse Bomb))으로부터 보호할 수 있는 대책을 마련해야 한다. 포병화력에 대한 대비는 제대별 생존성 보장 진지(Bunker) 내부에 '스몰셀' 기지국을 설치하여 방호능력을 갖추는 것이다. EMP탄(Electromagnetic Pulse Bomb)에 대한 방호대책으로서는 '패러데이 쉴드'를 스몰셀 기지국 설치 시 적용하는 것이다. 패러데이 쉴드의 작용 원리는 외부 정전기장이 쉴드를 구성하는 함체 내부의 도체 속 전하를 재배치시킴으로써 정전기장의 효과가 함체 내부에 미치지 않게끔 하는 것이다. 이러한 현상은 전자 장치를 번개나 기타 방전으로부터 보호하기 위해 사용된다.

4.3 융통성(Flexibility)

국방 분야의 5G 네트워크 기술에 대한 지속적인 운영 및 회복력을 유지하기 위해서는 민간기업들과 파트너십 구축이 선제조건이 되어야 하며, 신뢰를 바탕으로 지속적인 협력체계가 우선시 되어야 한다. 그뿐만 아니라 5G 환경에 맞는 국방분야 네트워크 시스템 구축을 위한 정책과 제도 발전

을 통해 자칫 걸림돌이 될 수 있는 제한요소들에 대한 개선이 이루어져야 하며, 시범사업을 충분히 활용하여 보안성 검토 등을 진행할 수 있는 여건이 마련되어야 한다. 민간기업과의 협력이 견고히 구축되었어도, 인력으로는 해결할 수 없는 상황에 대비하여 4차 산업혁명 기술의 핵심 중의 하나인 인공지능(AI) 기술의 활용을 논의할 필요성이 있다. 5G 네트워크 환경에서 전송되는 엄청난 양의 데이터들에 대응하기 위해 머신러닝 기반의 알고리즘 적용을 통해 더욱 정확하고 실용적인 관리 접근 방식을 추구해 나가야 한다(Arfaoui, Vilchez, & Wary, 2017).

머신러닝을 기반으로 한 인공지능의 활용을 통해 네트워크 이상징후 예측을 통해 문제를 사전감지하고 자가복구 예방하는 기능을 적용한다면 회복력 향상에 기여할 것이며, 인력을 대체한다는 장점을 바탕으로 비용 절감의 효과까지 얻을 수 있다(Lee *et al*., 2020). 이외에도 auto-encoder 방식, 채널 부호화, 다중 안테나기술, 채널 추정 다중접속, 무선자원할당 셀 구성 최적화 등 통신시스템의 각 구성요소를 지도학습/비지도학습/강화학습으로 모델링하여 인공지능을 적용함으로써 성능을 향상하거나 복잡도를 줄이는 다양한 연구가 논의되고 있다(Ye *et al*., 2020).

4.4 신속성(Rapidity)

데이터 처리에 있어서 짧은 지연 시간이 필요하거나 매우 많은 양의 트래픽을 처리해야 하는 서비스에서는 이른바 MEC(Multi-Access Edge Computing) 패러다임을 활용할 수 있다(Malandrino, Chiasserini, & Landi, 2019). MEC는 개인장치와 가장 근접한 곳에 거점을 선정하여 클라우드 컴퓨터 형태로 분산된 시스템을 구성해 기존의 방식보다 대용량 정보가 신속하고 지연 없이 실시간으로 제공되는 기술을 말한다(Kim & Park, 2016). MEC는 대용량 서버를 사용자와 가깝게 배치함으로써 데이터의 전송구간(서버와 사용자의 물리적 거리)을 단축시켜 지연시간을 감소시킴으로써 전반적으로 정보의 전송 속도를 높이는 기술이다. 아직까지 MEC 기술은 도입단계에 있으므로 국방분야도 지금의 단계에서부터 우리나라의 주요 통신사와 협력체계를 구축하여 전장 주요 거점에 MEC 기술을 적용할 수 있는 방안을 고려해야 한다.

우리나라 주요 통신사들과 협력체계를 기반으로 시스템의 결함 발생 시 해결하는 과정에서도 시너지 효과를 발휘할 수 있을 것으로 예상한다. 기술시스템 위험이론에서 탈중심화를 강조한 것을 바탕으로 민간조직이 군 조직에 비해서 구조가 유연하고 의사결정이 민첩한 특성이 있어 신속성 확보에 기여할 것이다. 국방분야의 5G 네트워크 시스템 도입 이전단계부터 민간기업과의 협력과 파트너쉽 구축은 중요한 문제이며, 도입 이후 초기 단계에서 문제해결과 관련한 권한은 민간기업에게 과감하게 이양해야 하며, 군은 관련된 분야의 전문인력 육성에 힘써야 하고 민간기업으로부터 핵심기술을 이전받을 수 있는 제도적 장치를 마련해야 한다. 그러나 전시상황에 민-군 파트너십을 어떻게 활용할 것인가에 대한 문제와 전장으로 민간인력을 유입시키는 방안에 대해서는 해결해 나아가야 할 과제이며, 전시에 민-군 파트너십과 관련한 매뉴얼을 발전시켜 나아가야 할 필요성이 있

으며, 앞서 융통성의 측면에서도 언급한 인공지능(AI) 기술의 적용을 통해 전시상황의 민간인력 유입에 대한 제한사항을 극복해야 할 것이다.

Ⅴ. 결론 및 시사점

국방 분야의 5G 네트워크 시스템과 관련하여 성능적인 측면이나 기술 동향에 관한 연구는 지속적으로 진행되고 있다. 이런 선행연구와 달리 본 연구는 국방 분야 5G 네트워크 시스템에 대한 내·외부의 충격을 극복하고 시스템 기능을 회복하기 위한 구체적인 방안을 회복력의 구성요소를 관점으로 분석하고 제시하였다. 세부적인 개선방안은 다음과 같다.

첫째, 대체성 관점에서 주파수가 고갈되고 있는 상황에서의 국방분야의 네트워크 시스템을 활용하기 위한 주파수 활용방안을 제시하였다. 5G 네트워크 기지국은 '스몰셀' 방식으로 구축되어야 한다는 것이다. 스몰셀 방식은 작전지역 내 중첩설치가 가능하므로, 중복장치의 중요성을 강조하는 '고신뢰조직이론'과도 일맥상통한다. 마지막으로 5G의 지상 중심의 한계점과 음영지역 극복에 대한 방안을 제시하였다.

둘째, 견고성의 관점에서 5G의 보안 취약점이 식별되고, 국방분야 네트워크의 사이버 침해로 이어질 시 국가 안위와 직결되는 문제이기 때문에 양자 암호화 통신기술을 확보하는 것이 중요하고, 민-군 협력체계를 구축해야 한다는 방안을 제시하였다. 물리적 피해에 대해서는 작전지역 내 구축되어 있는 각 제대별 생존성 보장 진지(Bunker)에 '스몰셀' 기지국을 설치하여 네트워크 시스템의 방호력을 갖추는 것이다. 또한 '패러데이 쉴드'를 활용하여 EMP나 번개로 인한 시스템 피해를 방지하는 방안을 제시하였다.

셋째, 융통성의 관점에서 민간기업들과의 파트너십 구축이 선제조건으로 추진될 필요가 있다. 다만, 제한사항이 될 수 있는 정책과 제도들을 사전에 식별하여 개선방안을 토의하고, 시범사업 제도를 통해 사업의 타당성을 검증하는 여건이 마련하기 위해 인력으로 극복할 수 없는 문제에 대비하여 인공지능(AI) 기술의 활용을 논의하였다.

끝으로 신속성의 관점에서는 데이터 처리의 신속성 확보를 위해 MEC 기술의 적용에 대해서 설명하였고, 이는 민-군의 협력체계가 기술도입단계에서부터 뒷받침되어야 한다. 추가적으로 민-군의 견고한 협력관계를 유지함에 따라 시스템 제한사항 발생 시 해결하는 과정에서도 시너지 효과 발휘를 할 것이고, 이를 통해 문제 발생 시 기능을 회복하는 데 있어서 신속성이 확보될 것으로 보았다.

본 연구는 고신뢰조직 이론을 통해 회복력의 구성요소를 도출하고, 안정적인 시스템 도입과 위험관리를 위해서 조직이 추구해야 할 방향을 제시하였다는 점에서 학술적 시사점이 있다. 이는 조직관리에서도 긍정적인 측면으로 작용할 것으로 예상되고, 회복력의 관점에서 네트워크 시스템의

개선방안을 제안함으로써 완성도 높은 시스템을 구현하기 위한 방향을 제시하였다는 것에 실무적 시사점이 있다. 아무리 뛰어난 시스템과 기술이라도 충격을 극복하지 못하면 그 시스템은 무용지물이 된다. 시스템 개발을 위해 많은 예산과 인력, 시간이 투입되는데, 충격 때문에 일회성 시스템이 된다면 그보다 더 큰 손실은 없을 것이다. 국방분야에서 회복력을 갖추지 못하는 것은 곧 전장에서의 패배를 의미한다. 승리라는 궁극적인 목표를 달성하기 위해 충격에 항상 대비해야 하며, 회복력의 개념을 적용하는 것은 중요한 부분이다. 향후 연구는 국방분야의 5G 네트워크 시스템 관련 전문가, 실무자, 사용자들에게 인터뷰 또는 설문조사를 통해 본 연구에서 제시한 회복력의 구성요소가 적합한지에 대한 통계적인 접근이 필요할 것으로 보이며, 회복력의 구성요소를 추가적으로 도출해 나가는 노력이 필요하다.

Acknowledgements

We would like to thank Editage (www.editage.co.kr) for English language editing.

Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Reference

Ahmad, W. S. H. M. W., Radzi, N. A. M., Samidi, F. S., Ismail, A., Abdullah, F., Jamaludin, M. Z., & Zakaria, M. N. (2020). 5G Technology: Towards Dynamic Spectrum Sharing Using Cognitive Radio Networks. *IEEE Access, 8*, 14460-14488. https://doi.org/10.1109/access.2020.2966271

Ahn. J. Y., & Song. P. J. (2013). 3GPP-based 5G mobile communication technology development prospects. *The journal of The Korean Institute of Communication Sciences, 30*(12), 37-50. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE02357894

Arfaoui, G., Vilchez, J. M. S., & Wary, J. P. (2017). Security and resilience in 5G: Current challenges and future directions. *2017 IEEE Trustcom/BigDataSE/ICESS*, 1010-1015. https://doi.org/10.1109/Trustcom/BigDataSE/ICESS.2017.345

Cebrowski, A. K., & Garstka, J. J. (1998). Network-centric warfare: Its origin and future. In US Naval Institute Proceedings, 124(1), 28-35. https://www.usni.org/magazines/proceedings/1998/january/network-centric-warfare-its-origin-and-future

Cho, J. W., Choi, Y. S., Lee, J. C., Choi, Y. R., Jung, G. I., Jung, J. E., ... & Koo, I. S. (2007). Quantum cryptography communication technology. Korea Atomic Energy Research Institute. KAERI/AR-783/2007. https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/21115723

Choi, J. S. (2019). Current Status of Communication and Situation Recognition Technology for Warrior Platform. Defense & Technology, 483, 82-93. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE08007906

Hallamaa J. (2021, July). *What Could Safety Research Contribute to Technology Design?*. In: Rauterberg M. (eds) Culture and Computing. Design Thinking and Cultural Computing. HCII 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12795. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77431-8_4

Hong, S. H. (2019). Security Vulnerability and Countermeasure on 5G Networks: Survey. *Journal of Digital Convergence, 17*(12), 197-202. https://doi.org/10.14400/JDC.2019.17.12.197

Jang, J. H., & Yoon, J. S. (2020). Cyber-deterrence in National Defense: Assurance Measures of Embedded Software in Weapon Systems. K*orean Journal of Military Art and Science, 76*(1), 349-373. https://doi.org/10.31066/kjmas.2020.76.1.014

Jeon, K. W. (2020). Direction of Defense Development to Accelerate 5G Mobile Communication Technology. *Journal of The Defense Science & Technology Information*, 1-3.

https://www.dtaq.re.kr/km/doc/news.jsp?mode=list&board_no=48&pager.offset=10

Kang, Y. J. (2011). Nuclear Power Plant'a Disaster and The Need for Democratic Risk Governance. *Economy and Society*, *91*, 12-39. UCI : G704-000107.2011..91.002

Kim, H. S., & Jung, M. H. (2019). Security policy development direction for military mobile innovation. *Journal of Defense and Security, 1*(1), 1-25. https://www.dssc.mil.kr/dssckr/174/subview.do

Kim, H. Y. (2019). Understanding 5G service implementation technology. *Broadcasting and Media Magazine, 24*(3), 10-23. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE08764876

Kim, J. Y., & Moon, S. A. (2020). A Study of Army Ammunition Supply Chain Resilience in Wartime. *Korean Journal of Logistics, 28*(6), 71-83. https://doi.org/10.15735/kls.2020.28.6.006

Kim, J. Y., Kang, Y. J., & Kim, Y. C., (2008). Policy Recommendation for Enhancing Security of Large Technical Systems. Policy Data, 2008-15, 1-202. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE06286412

Kim, S. K., & Park, J. D. (2016). Status of Mobile Edge Computing Technology Towards 5G Era. E*lectronics and Telecommunications, 31*(1), 25-35. https://doi.org/10.22648/ETRI.2016.J.310103

Lee, B. J., Jung, J. S., Lee, H. J., Han, J. K., & Lee, J. H. (2020). 6G Mobile Communications Vision and Key Technologies. *The Magazine of the IEEE, 47*(5), 14-22. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09350226

Lee, H. J., Kim, J. H., Jung, J. W., Seo, M. K., & Kwon, K. S. (2018). Comparison and Validation Plan for the Calculation Method of Required Maintenance Float(M/F), *Journal of Applied Reliability, 18*(2), 143-152. https://doi.org/10.33162/JAR.2018.06.18.2.143

Lee, Y., Moon, S. A., & Seok, S. B. (2013). A Simulation study of Designing Resilient Supply Chains: Focused on a Case of Army Supply Chains. *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management, 13*(1), 87-102. UCI : G704-001655.2013.13.1.009

Malandrino, F., Chiasserini, C. F., & Landi, G. (2019). Service Shifting: A Paradigm for Service Resilience in 5G. *IEEE Communications Magazine, 57*(9), 120-125. https://doi.org/10.1109/mcom.2019.1800986

McManus, J. W., & Polsenberg, J. F. (2004). Coral – algal phase shifts on coral reefs: Ecological and environmental aspects. *Progress in Oceanography, 60*(2-4), 263 – 279. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2004.02.014

Ministry of National Defense. (2020). Smart Defense Innovation Project Guideline (Defense

Operations and Technology-Based Field).

Ministry of Science and ICT. (2020). Strategy for Future Mobile Communication R&D to Lead the 6G Era.

Oh, D. H., Han, D. S., & Lee, J. S. (2021). A Plan for Future Battalion Tactical Network with 5G Network. *Journal of Digital Contents Society, 22*(3), 537-545. https://doi.org/10.9728/dcs.2021.22.3.537

Sagan (1993). *The Limit of Safety: Organizations, Accidents, and Nuclear Weapons. Princeton*, New Jersey: Princeton University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctvzsmf8r

Seo, J. Y., & Cho, K. J. (2014). Policy Directions and Issues to Improve Resilience. STEPI Insight, 147, 1-32. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE06285657

Shin. K. Y., Lee. W. W., & Kim. D. W. (2020). Developing an Augmented Reality-based Integrated Command and Control Platform under 5G Technologies and Its Applications. *Journal of Digital Contents Society, 21*(5), 855-864. https://doi.org/10.9728/dcs.2020.21.5.855

Ye, C. I., Kim, K. Y., Kim, Y. J., Kim, Y. S., Kim, J. K., Nam, S. W., Lee, W. Y., Jang, S. C., & Ko, Y. J. (2020). 6G Vision, Services and Technology Trends. *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, 37(2), 11-22. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09302883

원 고 접 수 일 2021년 06월 29일
원 고 수 정 일 2021년 08월 19일
게 재 확 정 일 2021년 08월 23일

국문초록

https://doi.org/10.37944/jams.v4i2.112

회복력의 구성요소 관점으로 분석한 국방분야 5G 네트워크 시스템 개선방안 연구

이금성* · 백승령** · 최경환***

4차 산업혁명 시대의 미래 전장상황은 네트워크 시스템의 의존도가 높아질 것으로 예상된다. 이러한 상황에서 시스템의 충격은 곧 전장에서의 패배로 이어질 수 있는 가능성이 있다. 이에 따라 본 연구의 목적은 네트워크 시스템의 회복력에 대한 중요성을 인식하고 어떠한 요인들이 시스템의 회복력을 높여줄 수 있는지 연구하여 개선방안을 제시하였다. 향후 국방분야의 4차산업혁명 기술 적용 시 기술 향상 및 발전에 초점을 맞춰오던 기존의 연구와는 달리 회복력도 반드시 고려해야 한다는 메시지를 전하고자 한다. 네트워크 시스템 도입/설계 단계 시 국방분야의 특수성을 고려한 회복력의 4가지 구성요소를 제안하였으며, 회복력의 구성요소에 맞는 문제점 및 개선방안을 구체적으로 제시함으로써 완성도 높은 시스템을 구현을 위한 출발점 역할을 하였다는 것에 시사점이 있다.

주제어 : 회복력, 5G 네트워크, 위험관리, 고신뢰조직 이론, 미래 전쟁, 네트워크 중심전

* (제1저자) 국방대학교, 국방관리학과, 석사과정, mazinga119@naver.com
** (공동저자) 국방대학교, 국방관리학과, 교수, bsyorg@hanmail.net
*** (교신저자) 국방대학교, 국방관리학과, 교수, borita@hanmail.net