

국가지능화 특집

군사적 지휘결심 지원 AI의 가능성, 그리고 구현을 위한 준비

정지형 • jhc123@etri.re.kr
기술정책연구본부

사이버공간까지 포함하는 더 넓은 전장에서, 보다 진보한 첨단 무기를 통해, 빠른 의사결정과 지휘결심을 통해 치러질 미래전에서는 인공지능 참모의 필요성이 한층 부각될 것이다. 전투 정보량은 증가하고 상황변화 대비 실시간 의사결정을 요구하는 '운영 중심의 전투'가 중요해지기 때문이다. 1990년대 미해병대의 IMMACCS(Integrated Marine Multi-Agent Command and Control System), 2009년 미국 DARPA가 개발한 지휘결심 지원 시스템 Deep Green 등은 지휘결심을 지원하기 도구로 인공지능을 활용하려는 시도였다. 하지만 전투 정보의 공유, 요약, 표현 도구에 가까웠으며 본격적인 지능이 구현되었다고 보기는 어려웠다. 현재 군사적 참모로서 인공지능을 활용하는 기술적 방식은 강화학습과 에이전트 기반 모델링의 결합이 가장 유력하다고 할 수 있다. 하지만 기대에 부합하는 성능을 구현하기 위해서는 전투 상황, 지휘의사결정, 전투 결과를 모두 담고 있는 고품질의 데이터 축적이 우선 필요하다.

* 본 보고서의 내용은 연구자의 견해이며 ETRI의 공식 의견이 아님을 알려드립니다.



1 달라지는 전쟁, 현대전과 미래전

우리가 사는 오늘은 디지털 정보 네트워크가 전 지구를 연결한 시대, 정보화 시대다. 사람이 언제 어디서나 정보에 접속하고 타인과 연결될 수 있는 시대, 그리고 그 연결에서 가치를 만들어내는 생활이 정보화 시대의 대략적인 모습이다. 이런 시대를 거치면서 전쟁의 모습도 변했다. 지구 반대편을 정찰, 감시하고 필요하다면 목표물만을 정밀하게 공격하는 첨단 무기체계를 활용하는, 효율적이고 빠른 전쟁, 이것이 현대전의 모습이 되었다. 1950년에 발발했던 6.25 전쟁은 3년 여에 걸쳐 지속되었지만 2003년 벌어졌던 이라크 전쟁은 26일 만에 끝났다. 막대한 사상자를 낳으며 대량살상과 파괴를 낳는 전쟁이 아니라 정밀 무기에 의해 필요한 살상과 파괴만을 수행하는 전쟁을 지향하고 있는 것이다. 시대에 따라 전쟁은 달라지고 있다.

정보화 시대는 새로운 국면을 맞이하고 있다. 2012년에 등장한 딥러닝 등 인공지능 기술은 이미지 인식, 음성인식, 자연어 통번역 등 혁신적 서비스들을 만들어내면서 세상을 바꾸고 있다. 정보화 시대가 끝나고 새로운 기술 시대가 열린 것인지는 후대가 평가할 일이지만 적어도 인공지능이라는 신기술의 영향력은 나날이 강력해지고 있는 것은 확실하다. 일각에서는 기계학습, 인공지능이 증기기관, 전력망, 자동차 등과 맞먹는 새로운 범용기술이라 평가하고 있다.

군사 기술 분야는 태생적으로 경쟁우위와 기능의 확장을 추구한다. 기술의 성능 우위가 전쟁 승패를 결정하는 만큼 새로운 기술이 등장하면 가장 먼저 활용 가능성을 탐색하는 것이 국방 부문이다. 군사 기술로서 기계학습, 인공지능을 활용하려는 관심이 막대하다. 이에 따라 본 고에서는 인공지능이 군사적 지휘결심을 보조하는 기술로서 활용될 가능성과 이를 위한 준비 사항을 짚어보려고 한다. 엘리트 군인들의 두뇌를 보조, 대체하는 수단으로서 딥러닝 등 인공지능의 기술이 쓰일 수 있는 지를 가늠해보려는 것이다. 이를 위해서 우선 현 시점에서 전망해 볼 수 있는 미래 전쟁의 변화상을 그려보고자 한다. 전쟁을 위해 동원되고 있는 기술들의 변화, 전쟁을 수행하는 방식의 변화를 등을 포함한 미래 전쟁의 변화 모습이 될 것이다. 두 번째로 군 지휘관의 의사결정을 보조하는 기술로서 인공지능이 가진 가능성에 대해 논해보고자 한다. 세 번째로 본격적인 군사적 참모로서 인공지능을 활용하기 위해 현 시점에서 준비해야 할 사항들을 살펴보려고 한다.

2 미래 전쟁: 새로운 전장, 새로운 무기, 새로운 전투형태

군사 분야의 전문가들은 이라크전 등 현대전에서 관찰된 기술 발전 양상을 기반으로 미래 전투가 보다 넓은 전장에서, 혁신기술이 적용된 무기를 동원하여, 실시간 정보공유·의사결정을 통해 진행될 것이라는 예측을 제시하고 있다.

표 1 미래의 전쟁양상 변화¹⁾

구분	내용	설명
전장 공간	사이버 공간의 활용	- 미래 전쟁에서는 정보체계의 중요성이 증가 - 정보체계 파괴·마비가 전세에 결정적 영향
	우주공간의 활용	- C4I 체계와 통신체계가 위성을 적극적으로 활용 - 우주에 기반을 둔 무기체계의 개발과 활용 - 우주는 지구 내 작전지원수단이 아니라 신전투영역
	전장공간의 확대	- 전장이 '비선형적 분산'을 통해 광역화 - 수직좌표의 중요성이 부각
전투 수단	장거리 정밀타격체계의 중요성 증대	- 인공위성, 무인기 등을 통한 원거리 감시·정찰로 인해 장거리 정밀타격능력이 핵심 전력 - 전장공간 확대, 비선형 분산으로 장거리 공격이 중요
	무인체계의 활용도 증가	- 작전 수행에 따른 인명피해 최소화 노력 강화 - 획득·유지 비용에서도 무인무기체계가 유리
	신개념 무기체계의 활용도 증가	- 전자전, 정보전에 적합한 새로운 대응 무기 요구 - EMP(Electro Magnetic Pulse), 고출력마이크로파, 탄소섬유탄, 고에너지레이저 등 새로운 무기 활용 증가
	생명공학체계의 활용도 증가	- 기술 발전으로 새로운 생화학 무기 등장 - 피아를 식별하는 선택적 작용제 무기 - 특정 신호·환경에서만 작동되는 화학작용제 무기 - 생체기능모방을 통해 탐지·기동·통신 장비 소형화
전투 형태	비선형적 분산 및 탈대량화 전투	- 광역전장파악, 실시간정보공유, 장사정 고정밀타격 전투 - 적의 전략적 핵심만을 마비시키는 효율적 전투 - 단기간에 보다 치열하게 수행되는 전투 - 모부대에서 분리된 소부대들이 독립적·지속적으로 전투
	네트워크 중심 전투	- 정보와 상황인식을 공유하고 통합적 전력 활용 - 공유지식 증가를 통해 전투원들이 상황 이해력 향상, 지휘관의 의사결정 신속화 - 공간제한 극복, 분산된 전투력의 집중력·생존성을 향상
	운용중심 전투	- 전투계획과 현 상황에 대한 실시간 비교, 파악 - 사전 입안된 작전을 전투 현장에서 수집된 실시간 정보에 기반해 수정, 실행함으로써 효과적으로 전력 운용

* 출처: 국방기술품질원(2016.12.) 자료 정리

1) 국방기술품질원(2016.12.), 미래 무기체계 핵심기술



우선 미래 전쟁이 벌어지는 공간은 사이버 공간과 우주 공간으로 확장될 것으로 전망된다. 정보체계의 우수성이 결정적 승리 요인이 됨에 따라 아군의 정보체계를 보호하고 적 정보체계를 파괴·마비시키기 위한 사이버전이 주요한 군사작전에 포함될 것이다. 지상·해상·공중전 수행에 있어서 인공위성 등 우주 자원의 영향력이 증가함에 따라 위성에 의한 공격, 위성 간 전투가 이루어지면서 우주 공간 자체가 새로운 전장으로 변모할 것으로 보인다.

미래 전쟁의 전투 수단 측면에서는 장거리 정밀타격력, 무인전투체계, 비전통적 무기체계의 활용이 증가할 것으로 예상된다. 인공위성, 고고도 정찰체계 등에 의해 원거리 감시정찰 능력이 향상됨에 따라 전·후방에 위치한 적 전력 및 군사시설을 타격할 수 있는 장거리 정밀타격 역량이 국가의 군사 공격능력의 척도가 될 것이다. 또한 무인기, 무인장갑차, 무인잠수정 등의 무인전투체계는 인명 희생을 최소화하면서도 고위험·고난도 작전의 수행을 가능하게 할 것으로 전망된다. EMP(Electro Magnetic Pulse) 무기, 고출력마이크로파 무기, 레이저 무기 등은 파괴력 조절의 용이성, 전자전·사이버전 대응성 등의 특성으로 인해 미래 무기로 각광받을 것으로 예상된다.

미래 전쟁이 수행되는 형태는 전장공간의 확장, 신기술 기반 전투수단의 등장으로 인해 비선형적 전투, 네트워크 중심 전투, 운용 중심의 전투가 미래전의 전개 양상이 될 것으로 예상된다. 광역 전장에 대한 정밀한 파악, 정보의 실시간 공유, 장거리 정밀타격 수단의 확산으로 인해 적의 전략적 중심만을 효과적으로 파괴하는 비선형적 전투가 치루어질 것으로 예측된다. 미래전의 또 다른 기본 형태인 네트워크 중심 전투는 전장 정보의 공유에 기반하여 무기와 전력을 통합적으로 운용함으로써 아군의 생존성을 향상시키고 적에게는 최대한의 피해를 입히는 방식으로 전개될 것이다. 마지막으로 전장 상황의 실시간 파악과 신속한 의사결정이 가능해짐에 따라 첩보·감시정찰에 의거해 미리 수립된 작전계획의 완수를 강조하던 계획 중심전투가 아니라 작전계획의 실시간 수정·조정을 강조하는 운용 중심 전투가 실현될 것이다.

3 미래 전쟁과 AI 참모

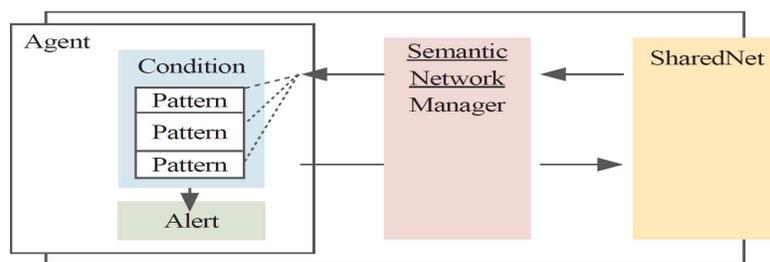
사이버공간까지 포함하는 더 넓은 전장에서, 보다 진보한 첨단 무기를 통해, 빠른 의사결정과 지휘결심을 통해 치러질 미래전에서는 인공지능에 기반한 의사결정의 중요성이 부각될 것이다. 우선 군의 의사결정, 즉 지휘결심의 기반이 되는 정보량이 급격하게 증가한다는 점이 인공지능에 의한 지휘결심 보조가 중요해지는 첫 번째 이유다. 전후방이 없고 우주공간과 사이버공간까지 포함하는 미래전의 전투 공간은 현대전에 비해 압도적으로 많은 정보를 병사와 지휘관에게 쏟아낼 것이다. 무인화된 첨단 무기들 또한 새로운 정보 공급처가 되어 끊임없이 지휘부에 전투 정보를 흘려보낼 것이다. 잘 훈련된 지휘관, 정보분석관이

라 하더라도 적절한 시간에 처리할 수 있는 정보량에는 한계가 있다. 자연어 처리, 이미지 인식 등을 포함한 다양한 기계학습 기술들은 전장 환경, 병사와 무기, 무인함정과 드론 등 다양한 지점에서 수집된 방대한 정보를 전략적 맥락에 맞추어 처리해 지휘관과 정보분석관에게 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

두 번째로 전투 형태가 네트워크와 정보기술에 기반한 운용 중심 전투로 바뀐다는 점이 군사적 의사결정 측면에서 인공지능을 반드시 필요한 요소로 만든다. 과거의 전투는 정보 수집 및 분석, 작전 입안, 실행이라는 순서대로 전투를 치르는 것이 일반적이었다. 하지만 미래전에서는 가장 빠르고 효과적으로 적의 전략적 중심부를 무력화하기 위해 전장 상황을 실시간으로 파악하고 유연하게 병력과 무기를 운영하는 것이 승리의 첩경이다. 이를 위해서는 전장에 대한 디지털 네트워크의 구축·활용에 더해 실시간 전략, 전술의 입안과 조정이 반드시 필요하다. 기계학습, 인공지능 기술은 실시간 정보 분석과 최적 의사결정을 보조해 군사 지휘관 능력을 보완할 것으로 전망된다.

효율적이고 효과적인 지휘결심을 위해 디지털 네트워크, 컴퓨터 등 정보기술을 활용하려는 노력은 오래전부터 있어왔다. 이런 노력 중에는 기계화된 지능, 혹은 유사한 기술을 전투에 활용하려는 시도도 있었다. 미군은 1999년 해병대 전투실험소 주관의 ‘The Urban Warrior Advanced Warfighting Experiment’에서 전술적 운용관점에서 IMMACCS(Integrated Marine Multi-Agent Command and Control System)를 활용하는 전투실험을 하였다.²⁾ IMMACCS는 당시 미군이 사용해왔던 부대에 대한 명령 및 제어 응용 프로그램과 달리 부분적인 지능화 기술을 구현하려는 시도였다. 컴퓨터 시스템이 지휘관에게 전장 이벤트에 대한 모니터링, 분석, 추론을 제공한다는 점에서 일종의 기계-인간 협력 시스템이라 할 수 있었다.

그림 1 IMMACCS 시스템의 작동 방식



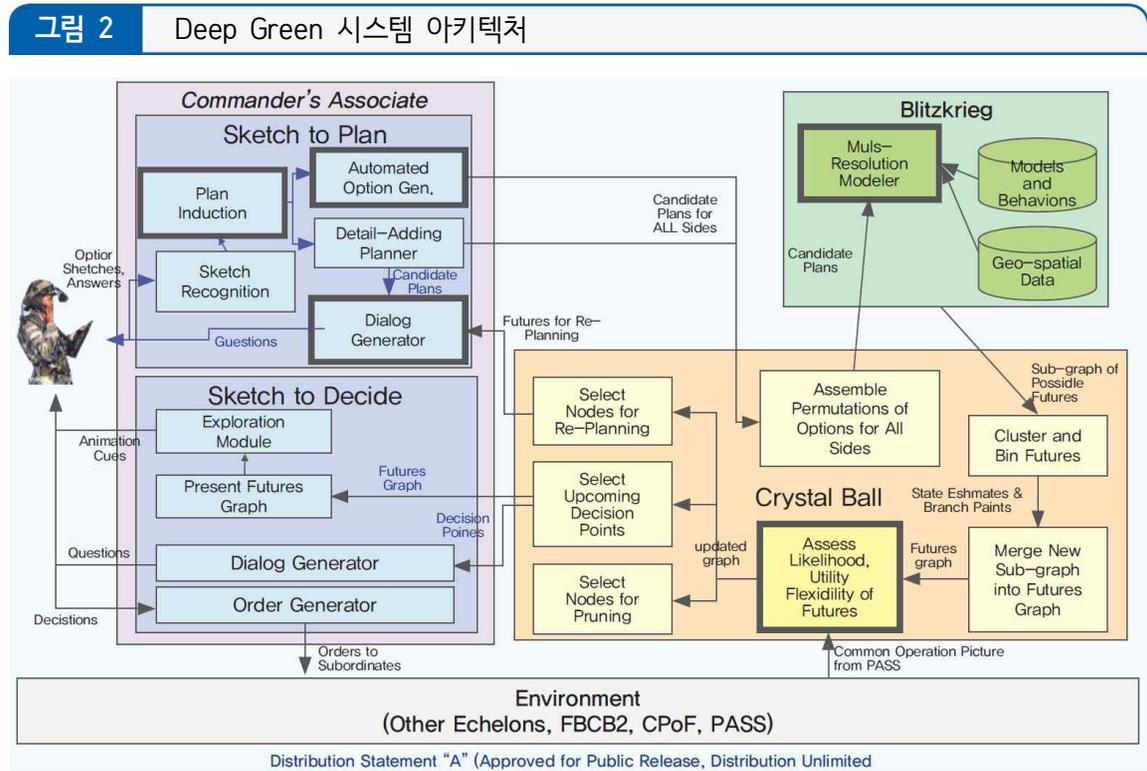
* 이미지 출처 : Pohl, J. G., et al. (2001). IMMACS: A Multi-Agent Decision-Support System, CADRU-14-01. p. 33.

2) Pohl, J. G., Porczak, M., Pohl, K. J., Leighton, R., Assal, H., Davis, A., ... & Wood, A. (2001), IMMACCS: A Multi-Agent Decision-Support System, Design Institute Report: CADRU-14-01, 1.



IMMACCS의 기본적 구성체는 아군과 적군, 건물, 도로, 자연환경 등 실제 개체와 추상 개념 간 관계를 표현하는 온톨로지 모델이었다. 오늘날의 기계학습 알고리즘은 아니었지만 다중 에이전트에 의해 전장의 상황전개를 표현하고 지휘관에게 선택사항을 제공한다는 측면에서 의사결정지원 시스템으로 볼 수 있었다. 보다 구체적으로는 적군이 특정 패턴의 행동을 보이면 해당 정보를 관계자들에게 공유하고 경고메시지를 발생시키는 수준에서 의사결정을 보조하는 것이 결정적 기능이라 할 수 있었다. 전장 상황을 논리적 정보로 표현한다는 측면이 강조되었던 IMMACCS는 지휘관의 지휘결심 자체를 보조하는 시스템으로 보기는 부족함이 있었다.

보다 강력하고 포괄적인 지휘결심 지원 기능을 제공하는 정보시스템 개발 시도는 2009년 미국 DARPA의 Deep Green 시스템에서 이루어졌다.



* 이미지 출처: Surdu, John R., and Kevin Kittka. "Deep Green: Commander's tool for COA's Concept." Proceedings of Computing, Communications and Control Technology Conference. Vol. 29. 2008.

Deep Green은 기본적으로 현재 진행중인 작전을 지원하기 위한 전투형 시뮬레이션으로 4가지 주요 기능을 가지고 있었다. 'Crystal Ball'은 현 작전상황에 대한 평가, 'Sketch-To-Plan'은 지휘관의 계획 작성 지원, 'Sketch-To-Decide'는 지휘관의 상황판단 등을 각각 지원하는 기능이다. 'Blitzkrieg'는 'Deep Green'의 시뮬레이션 구성 핵심요

소로서 발생 가능한 미래 작전상황을 생성한다. 매우 빠르게 진행하여 사용자가 예상하지 못하는 상황도 예측한다. 인공지능 기술이 포함되어 시간이 지남에 따라 ‘Blitzkrieg’은 제시 옵션에 따라 가능한 미래의 더 나은 예측방법을 자가 학습하는 기능을 가진다. ‘Blitzkrieg’는 결심을 위한 분기점을 식별하고, 가능한 결과의 범위를 예측하고, 각각의 결과의 가능성을 예측하고 각각의 경로·궤적을 따라 계속 시뮬레이션한다. Deep Green 시스템은 전장에 대한 예측, 전장의 현 상황 분석, 지휘관의 작전 수행 의도 파악 등을 파악하는 독립적인 모듈들을 갖추고 이들이 생성하는 정보를 지휘관에게 제공함으로써 상황판단과 지휘결심을 지원한다.³⁾ 이전 시도들이 전장 모니터링, 적군 시뮬레이션 등 특정 기능에 초점을 맞춘 것으로 알려져 있는데 비해 Deep Green은 보다 종합적 의사결정지원 기능 제공을 목표로 한 시스템이라 할 수 있다.

4 AI 참모를 위한 기술 진화 방향

앞서 살펴본 과거의 시도, 사례를 통해 인공지능 기술을 군사적 의사결정·지휘결심 지원 도구로서 활용되기 위해 고려해야 할 기술 특성, 작동 조건 등을 살펴보도록 하자. 먼저 현재까지 군사적 의사결정, 지휘결심 지원 시스템에 널리 사용되었던 기술은 에이전트 기반 모델링(Agent based Modeling)이다. 에이전트(Agent)는 독립된 개체로서 각각의 속성과 행동 특성을 가지며 외부 환경, 다른 에이전트와 상호작용을 일으킨다. 예를 들어, 전투기라는 에이전트는 최고 속도, 항속 거리 등의 속성을 가지며, 미사일 발사 등 행동 특성을 가진다. 에이전트는 여러 종류가 동시에 존재하고 각 에이전트는 수직적, 수평적 상호관계를 가질 수도 있다. 예를 들어, ‘전투기 1번’이라는 에이전트는 ‘전투기 편대 Z’와 수직적 포함관계라는 상호관계를 가질 수 있다.

에이전트 기반 모델링은 실제 전장을 구성하는 독립적 개체의 특성을 각각 모델링함으로써 복잡하고 개별적 대응을 요구하는 전투를 더 정밀하게 시뮬레이션하고자 하는 것이다. 작전 목표 달성을 위해 부대, 병사, 무기라는 각 에이전트들은 일정 수준 자율적으로 상호작용하고 행동한다. 이 과정에서 각 개체들은 지리적 조건, 적군의 반응 등에 확률적으로 반응하면서 복잡한 대규모 전투상황 행위를 시뮬레이션한다. 이런 복잡한 상황은 원인과 결과를 비교적 쉽게 구분하고 입력과 결과의 관계가 단순하게 표현되는 일반 선형 모델링 및 시뮬레이션 기술로는 다루기 어렵다.

에이전트 기반 모델링 기법이 복잡한 전투 상황을 시뮬레이션하는 효과적 방법이지만 지능을 구현한다고 보기는 어렵다. 전장 상황에 대한 분석, 향후 전투 전개 방향에 대한 예측 등을 담당하는 인공지능은 에이전트 기반 모델링과 별도의 기술이 필요하다. 1990년대,

3) Surdu, John R., and Kevin Kittka(2008), "Deep Green: Commander's tool for COA's Concept." Proceedings of Computing, Communications and Control Technology Conference. Vol. 29.



2000년대의 인공지능 기술은 규칙을 모사하는 인공지능이었다. 기본적으로는 사관학교 등에서 가르치는 전술 교리 체계, 일선 지휘관의 경험 등을 지식 베이스에 입력 활용하는 형태였다. 하지만 최근에는 강화학습(Reinforcement learning) 등의 기계학습 알고리즘을 전황 분석, 예측에 사용하고자 하는 움직임이 일고 있다.

에이전트 기반 모델링으로 표현된 전투 상황에 강화학습 알고리즘을 적용하는 방식은 대략 다음과 같다. 특정 전투 환경 내에서 활동하는 병력, 부대, 무기 등 에이전트가 현재의 상태를 인식하여 어떤 행동을 취한다. 그러면 그 에이전트는 환경으로부터 포상을 얻게 된다. 포상은 양수와 음수 둘 다 가능하다. 강화 학습의 알고리즘은 그 에이전트가 앞으로 누적될 포상을 최대화 하는 일련의 행동을 찾는 방법이다. 포상은 에이전트의 생존, 아군의 승리, 적 피해의 최대화 등 다양하게 정의될 수 있다. 실제 전투 상황에서 축적된 작전 정보, 지휘결심 정보가 풍부하다면 강화학습 알고리즘은 매 시점에서 각 에이전트가 취할 적절한 행동을 가르쳐 줄 수 있을 것이다.

5 군사적 의사결정, 지휘결심 지원 AI를 위한 준비

앞서 살펴본 과거 사례들과 현재 논의되고 있는 기술적 시도를 놓고 보면 군사적 의사결정, 지휘결심에 AI를 활용하기 위해 넘어서야 할 장애물이 확연히 보이게 된다. 인공지능 기술의 구현에 있어 필수적 데이터 축적의 문제다. 작전 입안, 전투 지휘를 보조하는 인공지능 구현을 위한 전제조건은 인간 지휘관이 내린 의사결정과 이에 따른 피아의 전력 손실 정도를 담은 데이터가 수집되어야 한다는 점이다. 전투 상황과 지휘관의 의사결정, 그리고 전투 결과를 담은 데이터는 매우 비싼 자원이며 이런 데이터를 풍부하게 축적하고 있다고 장담할 국가는 현재 거의 없다고 할 수 있을 것이다. 전투 데이터 축적을 위해 고려해 볼 점은 다음 3가지 정도라 할 수 있다.

첫째, 현재 활용 중인 군사 정보 시스템을 보다 효과적, 효율적으로 전투·훈련 데이터를 축적할 수 있도록 개선해야 한다는 점이다. 전장 상황, 무기체계 운용, 피아의 전력 손실 등에 관련된 데이터를 수집, 저장하는 것이 우선 중요하다. 이는 기존 정보 시스템의 개량, 센서 활용 확대로 가능해질 것이다. 지휘관, 지휘부의 의사결정 과정, 지휘결심 사항을 데이터로 바꾸는 것은 조금 다르게 접근해야 할 문제로 보인다. 지휘관이 상황을 인지하고 참모들과의 논의 등을 거쳐 지휘결심을 내리는 전체 과정은 대단히 풍부한 비정형 데이터로 표현될 수 있는 인간적 과정이다. 그리고 이 과정은 대단히 빠르게 수행될 수 있다. 지휘관이 내린 최종 지휘결심 내용만을 담는다면 소용량의 데이터 포인트로 표현될 것이지만 언어적, 비언어적 의사결정 과정을 모두 표현하려면 새로운 데이터 수집 방식이 필요할 것이다. 따라서 지휘결심 지원 인공지능을 위한 전투·훈련 데이터를 축적하기 위해서는 자연어 처리, 표정·몸짓·생체신호 등 비언어적 신호까지 포괄하는 인터페이스와 센서, 기

계학습 시스템을 활용해야 할 것으로 보인다.

두 번째로 지형, 기상조건 등 전장 환경과 병사와 무기 이동 등에 대한 정밀한 데이터 축적을 위한 센서와 통신망의 구비가 부족하다는 점 또한 극복해야 할 문제다. 병사 헬멧 등에 부착된 카메라와 같은 기본 장비 뿐만 아니라 드론, 정찰기, 인공위성 등 다양한 기기를 항시 활용해 전투와 훈련 상황에서 데이터를 수집해야 한다. 병력간, 병력과 지휘부간 디지털 통신망을 구축하는 일 또한 작지 않은 과업이 될 것이다. 하지만 통합적 전투 데이터 확보를 위해서는 필수적이다.

세 번째로 가상 전투 데이터의 생성 기술의 확보를 통해 데이터 부족 문제를 우회할 방안을 찾아야한다는 점이다. 다중 에이전트 기반 모델링 등을 통해 가상 전투를 시뮬레이션하고 이로부터 짧은 시간에 대량의 데이터를 축적할 수 있다면 대단히 효과적일 수 있다. 하지만 실제 전투는 기상, 지형지물, 개별 병사의 신체적·심리적 상태 등의 미묘한 변화가 큰 영향을 미칠 수 있는 복잡계 현상에 가깝다. 시뮬레이션 기법으로 생성된 가상 전투 데이터가 실제 전투와 유사해지기 위해서는 적지 않은 연구가 필요하다.

기계학습, 인공지능 등의 용어가 익숙해진 요즘이지만 과연 인공지능의 가능성, 그리고 기술적 한계에 대한 논의는 여전히 진행 중이다. 인공지능 기술을 군사 부문의 의사결정과 지휘결심에 활용하려는 노력은 어찌면 대단한 낙관주의일 수 있다. 인공지능 기술이 전투의 승패에 긍정적 영향을 미친다는 증거는 아직 없다. 하지만 실수가 용납되지 않는 전장에서 인간 지휘관의 실수 가능성을 조금이라도 줄일 가능성이 있다면 인공지능 참모 구현 시도를 포기할 이유가 없다.



www.etri.re.kr

본 보고서는 ETRI 기술정책연구본부 주요사업인 "ICT R&D 경쟁력 제고를 위한 기술경제 및 표준화 연구"를 통해 작성된 결과물입니다.

본 저작물은 공공누리 제4유형:

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.



ETRI Electronics and Telecommunications
Research Institute

34129 대전광역시 유성구 가정로 218
TEL. (042) 860-6114 FAX. (042) 860-6504

