

인공지능 기술을 이용한 전술 네트워크 발전 방안

이종관*, 신규용*, 한창희°, 강광희**, 홍원기**

Study on Development of Tactical Networks Using Artificial Intelligence Technique

Jongkwan Lee*, Kyuyong Shin*, Changhee Han°, Kwang-Hee Kang**, Wongi Hong**

요 약

본 논문은 인공지능 기술을 이용하여 전술 네트워크를 지능화함으로써 운용 효과성을 증대시키기 위한 구체적인 방안들을 제시한다. 이를 위해 본 논문은 전술 네트워크를 전술 인프라 네트워크와 전술 애드혹 네트워크로 구분하고, 각 네트워크의 특징을 분석하여 인공지능 기술 적용이 필요한 분야를 식별한다. 전술 인프라 네트워크는 전장상황이 변화함에 따라 네트워크 구성이 빠르고 능동적으로 변경되어야 한다. 따라서 인공지능 기술을 활용해 네트워크 계획수립을 빠르고 정확하게 수행할 필요가 있다. 한편, 전술 애드혹 네트워크는 데이터 전송을 위한 가용 대역폭이 좁기 때문에 영상인식 및 음성인식과 같은 인공지능 기술을 활용해 전송하고자 하는 데이터의 크기를 줄이는 것이 필요하다. 본 논문에서 제안하는 인공지능 기술을 활용한 전술 네트워크 지능화 방안을 통해 미래전에서 작전 효과성을 크게 증대시킬 수 있을 것으로 기대한다.

키워드 : 전술 네트워크, 인공지능, 망계획, 데이터 압축, 협대역

Key Words : tactical network, artificial intelligence, network planning, data compression, narrow-band

ABSTRACT

In this paper, we presents specific methods to increase operational effectiveness of tactical networks using artificial intelligence technology. We classify the tactical networks into tactical infrastructure networks and tactical ad-hoc networks, and the characteristics of each network are analyzed to identify the operational function requiring artificial intelligence technology. In tactical infrastructure networks, the situation of military operation changes dynamically, the network configuration must be rapidly and actively changed to support them in a timely manner. Therefore, the planning stage is very important, so it is necessary to use AI technology to perform network planning quickly and accurately. On the other hand, tactical ad-hoc networks use narrow bandwidth for communication. Therefore, it is necessary to reduce the communication capacity by using artificial intelligence technologies such as image and voice recognition. It is expected that the tactical networks using artificial intelligence technology proposed in this paper can greatly increase the operational effectiveness in future warfare.

* 본 연구는 LIG넥스원 연구과제와 한국연구재단 연구과제(No. 2019R1G1A1003030)의 지원으로 수행되었음.

• First Author : Department of Computer Science, Korea Military Academy, jklee64@kma.ac.kr, 정희원

° Corresponding Author : Department of Computer Science, Korea Military Academy, chhan@kma.ac.kr, 정희원

° 육군사관학교 컴퓨터과학과

** LIG넥스원 미래기술연구소

논문번호 : 201910-243-0-SE, Received October 16, 2019; Revised November 20, 2019; Accepted November 26, 2019

I. 서론

1956년 매카시 교수가 다트머스 컨퍼런스에서 인공지능이라는 용어를 처음 제안한 이후 인공지능은 기술 성숙도와 시대적 여건에 따라 상승기와 하락기를 반복하였다¹⁾. 그런데 최근 인공지능 기술은 과거의 어느 상승기에 비견될 수 없는 큰 상승기를 맞고 있다. 인공지능 기술이 과거와 달리 새롭게 큰 관심을 받을 수 있는 이유는 대량의 데이터, 고성능의 하드웨어 그리고 고급 알고리즘의 등장 때문이다.

인터넷 혁명 이후 우리 삶의 많은 부분이 디지털화 되면서 엄청난 데이터가 매일 생산되고 있고, 이를 적절히 처리하기 위한 하드웨어도 크게 발전하였다. 뿐만 아니라 기존 인공지능의 학습한계를 해결할 수 있는 딥러닝 알고리즘이 등장하여 인공지능 기술이 새로운 발전기에 접어든 것이다.

한편, 2016년 인공지능과 인간의 바둑 경기에서 딥마인드의 인공지능 시스템인 알파고(AlphaGo)가 이세돌 9단에게 대승을 거두는 사건²⁾으로 인공지능이라는 용어는 특정 분야에서 사용되는 전문 용어가 아닌 대중적인 용어가 되었다. 그런데 인공지능 기술이 대중의 관심을 받게 되자 많은 기업에서는 단순한 통제처리와 자동 제어 기술을 인공지능 제품으로 포장하여 출시하면서, 이제 인공지능은 기술적 용어가 아닌 마케팅적 용어처럼 사용되고 있다. 인공지능 기술의 본질을 명확하게 이해하기 보다는 인공지능 기술 활용에 따른 과장된 성과에 현혹되는 경향이 있다. 물론 인공지능 기술이 음성 인식, 영상 인식 등 특정 분야에서는 이미 인간의 인지 능력을 뛰어 넘는 성능을 구현하였지만 대중들이 생각하는 인간의 지능과 같은 범용 인공지능의 실현을 가까운 미래에 기대하기는 힘든 것이 사실이다.

그럼에도 불구하고 인공지능 기술이 미래 국가 경쟁력의 근간이 될 것이라는 사실에는 이견이 없다. 이미 국가적인 차원에서 인공지능 기술 발전을 위한 로드맵이 수립되었고, 대학의 경우에는 인공지능 관련 과목 및 학과를 신설하고 있으며, 기업들은 인공지능 기술에 대한 투자를 대폭 확대하고 있다. 이에 발맞추어 우리 군도 인공지능 기술을 적극적으로 활용하여 기존 무기체계의 성능을 향상시키거나 새로운 전력을 창출하기 위해 인공지능 기술을 담당하는 인력을 보강하고 전담 조직을 창설하였다.

현재 우리군은 인공지능 기술에 대한 뜨거운 관심에 부응해 인공지능 기술을 활용해 군 전력을 발전시키기 위한 다양한 연구들을 수행해왔다.^[3-8] 이 중 일부

의 연구는 포괄적이고 개념적인 수준에서 인공지능 기술을 소개하고 있고, 일부의 연구는 인공지능 기술을 어떻게 군에 적용할 수 있을지를 기술하고 있으며, 또 일부의 연구는 특정 군사체계에 대한 인공지능 기술 적용방안을 제시하고 있다.

인공지능 기술이 어떤 형태로든 미래 전투수행 방식을 변화시킬 것이고 이에 대한 능동적인 대응이 필요하다는 점에서는 이견이 없다. 하지만 그렇다고 인공지능 기술을 만병통치약으로 과신해서는 안 된다. 인공지능이 모든 문제를 해결할 수 있는 것도 아니고 문제를 해결할 수 있다고 해도 항상 최선책이라는 보장은 없다. 인공지능 기술도 문제해결을 위한 수많은 방안 중 하나에 불과함을 냉정하게 인식해야 한다. 즉, 인공지능 기술의 능력과 제한사항 그리고 전장환경의 특성을 올바르게 인식한 가운데 전장 기능별 또는 체계별로 개념적인 수준을 넘어 구체화된 개발 전략을 수립해야 한다.

이와 관련하여 본 논문은 전장 6대 기능 중 지휘통제 분야의 전술 네트워크에 대해 인공지능의 정책적 적용방안을 제시한다. 지금까지 인공지능 기술을 활용해 전장기능을 지능화하려는 시도는 많이 있었지만 인공지능 기술을 활용한 전술 네트워크의 지능화 방안에 대한 연구는 거의 없었다. 본 논문에서는 전술 네트워크를 사용하는 제대의 규모, 역할, 기능에 따라 전술 인프라 네트워크와 전술 애드혹 네트워크로 구분하고, 각각 인공지능 기술 적용의 필요성, 적용방안, 그리고 기대효과를 분석하여 전술 네트워크의 발전 방안을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 인공지능 기술의 개요와 네트워크 지능화에 대해서 살펴보고, 3장에서 전술 네트워크의 분류와 특징을 살펴본다. 4장에서는 인공지능 기술을 활용한 전술 네트워크 지능화 전략에 대해 전술 인프라 네트워크와 전술 애드혹 네트워크 측면에서 각각 제안한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

II. 인공지능 기술과 네트워크 지능화

본 장에서는 인공지능 기술에 대해서 간략히 알아보고, 네트워크 지능화를 위한 인공지능 기술 적용의 타당성에 대해서 살펴본다.

2.1 인공지능 기술 개요

지능이란 어떤 문제에 대해 합리적으로 사고하고 해결하는 인지적 능력과 학습 능력을 포함하는 능력

이다. 따라서 인공지능이란 인위적으로 만들어진 인지적 능력 및 학습 능력이라 정의할 수 있다. 인공지능을 구현하기 위한 다양한 방법이 존재하며 최근 가장 큰 주목을 받고 있는 머신러닝의 대표적인 기술인 딥러닝은 인공지능을 구현하기 위한 많은 기법 중 하나이다. 그림 1은 인공지능, 머신러닝, 딥러닝의 관계를 나타낸다.

한편 인공지능의 구현 정도에 따라 강한 인공지능(strong AI)과 약한 인공지능(weak AI)으로 구분한다. 강한 인공지능은 사람과 같은 수준의 지능을 의미하는 것으로 사람처럼 감정을 느끼고 지능적으로 행동한다. 반면, 약한 인공지능은 특정 문제를 해결할 수 있는 수준의 지능을 의미한다. 인간 지능의 총체적 능력 중 일부를 흉내 내는 수준으로, 현재 구현되고 있는 인공지능 기술은 모두 약한 인공지능이라고 할 수 있다.

현재 인공지능을 구현하는 대표적인 방법이 머신러닝이다. 머신러닝은 기계에 명시적으로 프로그래밍을 하지 않고 입력되는 데이터를 기초로 기계가 스스로 학습하여 최적의 프로그램을 만들어 가는 것이다. 머신러닝을 학습의 종류에 따라 다음과 같이 지도학습(supervised learning), 비지도학습(unsupervised learning), 강화학습(reinforcement learning)으로 구분할 수 있다.

- 지도학습 : 입력값과 출력값이 모두 존재하여, 입력값과 출력값 사이의 상관관계를 학습한다. 이를 통해 분류(classification), 회귀(regression) 문제 등을 해결할 수 있다.
- 비지도학습 : 입력값만 존재하고 출력값이 존재하지 않는 경우로 입력 데이터간의 상관관계를 학습한다. 이를 통해 군집화(clustering), 결합 분석(association analysis) 문제 등을 해결할 수 있다.
- 강화 학습 : 입력값에 대한 출력값의 평가정보를

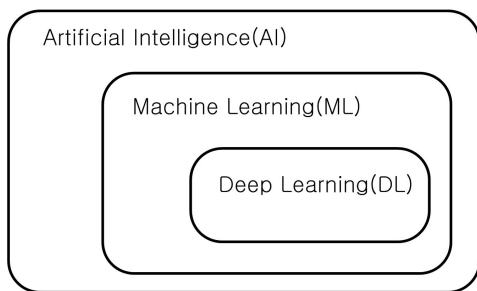


그림 1. 인공지능, 머신러닝, 딥러닝의 관계
Fig. 1. Relation between AI, ML and DL

제공하여 최적의 입력값을 학습한다. 이를 통해 다양한 의사결정 문제를 해결할 수 있다.

한편, 앞서 살펴본 바와 같이 학습을 위해서는 반드시 데이터가 필요한데 이때 인공지능의 성능은 학습 방법 뿐 아니라 데이터의 품질이 좌우하는 경우가 많다. 따라서 학습에 필요한 데이터를 수집하거나 학습에 적합한 정형화된 데이터로 정제하기 위한 선행 작업이 필요하다.

2.2 네트워크 지능화 기술

네트워크 지능 기술은 네트워크 운용과 관련된 데이터를 수집, 분석한 결과를 바탕으로 운전자 또는 관리자의 수동적 개입을 최소화한 자동화된 네트워크 제어, 관리 기술을 총칭한다. 즉, 네트워크 지능화의 궁극적인 목적은 내·외부의 데이터를 수집, 분석하여 네트워크 스스로 최적의 운용 상태를 인간의 개입 없이 자동적으로 유지하는 것이다. 이때 수집된 데이터를 분석함에 있어서 다양한 인공지능 기술이 적용될 수 있다. 이러한 네트워크 지능 기술에 대한 표준화 작업이 진행 중에 있으며, 자가 구성(Self Configuration)^[9-11], 자가 치유(Self Healing)^[12-13], 자가 조직(Self Organization)^[14-15], 자가 최적화(Self Optimization)^[16-17] 등의 연구가 활발히 진행되고 있다.

한편, 인공지능 기술을 이용하여 지능형의 네트워크를 구현하고자 하는 많은 연구들이 진행되고 있다. 특히, 네트워크 이상 감지, 무선 네트워크 성능 예측, 네트워크 트래픽 분석 및 예측, 네트워크 자원 할당, 네트워크 보안 등의 분야에서 이미 상당히 의미 있는 연구결과가 도출되고 있다^[18-21]. 이와 같이 네트워크 분야에 인공지능 기술의 접목이 활발히 이루어지고 있는 것은 학습에 필요한 데이터가 방대할 뿐 아니라 수집이 용이하고, 네트워크 품질을 평가하기 위한 지표가 정량적이기 때문이다. 예를 들어, 네트워크 운용간에 발생하는 다양한 이벤트, 네트워크 파라미터, 네트워크 상태 등에 대한 정보를 정형화된 데이터 형태로 자동 저장할 수 있다. 그리고 네트워크 품질은 인간의 주관적 판단이 아닌, 비트 오류율(BER : bit error rate), 데이터 처리시간, 응답시간, 전송 시간 등 계량적으로 측정할 수 있는 다양한 지표들이 존재한다.

결론적으로 네트워크 분야에 인공지능 기술을 접목하는 것은 인공지능의 성능을 좌우하는 데이터 관점에서 매우 현실성 있는 접근이라 할 수 있다.

III. 전술 네트워크의 분류 및 특징

전술 네트워크는 전술 제대 이하에서 군사 작전을 위해 운용되는 네트워크로서 크게 기반 통신망이 존재하는 경우(infrastructured network)와 존재하지 않는 경우(ad-hoc network)로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 전술 네트워크를 분류함에 있어 기반 통신망 중심으로 구성된 네트워크와 기반 통신망의 지원 없이 단말들만으로 구성된 네트워크를 각각 전술 인프라 네트워크와 전술 애드혹 네트워크로 칭한다. 본 장에서는 전술 네트워크에 대한 특징과 인공지능화 요소를 전술 인프라 네트워크, 전술 애드혹 네트워크로 구분하여 각각 살펴본다. 그림 2는 전술 인프라 네트워크와 전술 애드혹 네트워크의 개념을 개념적으로 나타낸다.

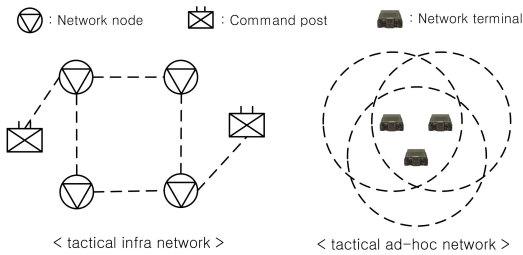


그림 2. 전술 네트워크의 종류 : (a) 전술 인프라 네트워크 (b) 전술 애드혹 네트워크
 Fig. 2. Types of tactical network ; (a) tactical infra network, (b) tactical ad-hoc network

3.1 전술 인프라 네트워크의 특징과 인공지능화 요소

전술 인프라 네트워크는 차량화된 통신 노드가 기지국 또는 교환기 역할을 수행한다. 전투원들은 유·무선으로 인접 통신 노드에 접속하여 서비스를 제공받는다. 전술 인프라 네트워크의 대표적인 사례는 전술 정보통신체계(TICN : Tactical Information Communication Network)의 교환접속체계(TIPS: TICN IP System)와 전술이동통신체계(TMCS: Tactical Mobile Communication System)가 있다.

통신 노드들은 지향성 안테나로 인접 노드들과 연결되어 격자형 또는 트리형의 대용량 백본망을 구성한다. 대용량의 통신용량을 구현해야하기 때문에 고주파 대역을 사용한다. 그리고 고주파 고유의 직진성으로 인해 가시선(Line-of-sight) 확보가 필요하고, 피지원 부대와와의 접속의 용이하게 하기 위해 통신 노드들은 자연스럽게 고지에 위치하게 된다. 한편, 통신 노

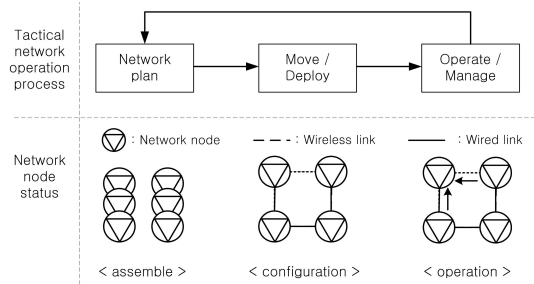


그림 3. 전술 인프라 네트워크의 운용 절차
 Fig. 3. Operation process of tactical infra network

드들은 필요에 따라 물리적인 위치를 이동하여 백본망 구조를 변경할 수 있다. 하지만 이동 중에는 네트워크 구성이 불가능하다. 또한 통신노드가 계획된 지점으로 이동하여 장비들을 배치하고 통신망을 개통하는데 까지 일정 시간이 소요될 수밖에 없다.

한편, 전술 인프라 네트워크의 일반적인 운용은 그림 3에서 보는 바와 같이 네트워크 계획수립, 통신 노드의 이동 및 배치, 네트워크 운용 및 관리 절차를 따른다. 그리고 작전 환경 또는 임무가 변화한다면 운용되는 통신 노드가 철수하여 동일한 과정이 작전이 완전히 종료될 때까지 반복된다.

전술 인프라 네트워크의 경우 평시 또는 네트워크 계획이 완성되기 전까지는 일부 노드를 제외하고 대부분의 통신 노드들은 일정 지점에 집결해 있다. 평시에는 주둔지에 집결해 있으면서 교육훈련을 실시하고, 상황 발생시에는 네트워크 계획을 수행하기 전까지 특정 지점에서 출동 준비를 한다. 네트워크 계획을 하달 받게 되면 계획된 지점으로 통신 노드들이 각자 이동하여 통신 자산들을 배치하고 인접 통신 노드들과 네트워크 구성을 한다. 네트워크 구성 이후에는 관제 임무를 수행하면서 다양한 우발 상황에 대응한다. 때로는 상황 변화에 따라 네트워크 계획이 변경될 수 있으며 일부 또는 전체 통신 노드가 철수한 후 네트워크가 재구성된다.

전술 인프라 네트워크와 상용 네트워크의 운용 절차를 비교했을 때 가장 큰 차이점은 전술 인프라 네트워크의 경우 네트워크 계획이 반복적으로 이루어진다는 점이다. 물론 상용 네트워크에서도 네트워크 계획 단계가 있고 상황에 따라 변경될 수 있으나 계획 자체가 크게 변경되지는 않는다. 특히, 백본을 구성하는 통신 노드들이 현재의 지점에서 철수하여 새로운 지점으로 이동되는 경우는 거의 없다. 즉, 완성도 높은 네트워크 계획이 수립된 이후에는 계획을 변경하기 위한 많은 노력이 소요되지 않는다. 이것은 네트워크

환경이 비교적 정적(static)이기 때문이다.

하지만 전술 인프라 네트워크는 상대적으로 매우 동적(dynamic)이다. 트래픽이 작전 상황에 따라 유동적일 뿐 아니라 네트워크를 구성하는 통신 노드가 물리적으로 파괴될 수도 있다. 또한 통신 노드를 배치하는데 있어서 피지원 부대의 규모와 위치, 적 상황, 통신소 점령 시간, 이동 경로, 지형 등 정량적으로 평가하기가 애매한 다양한 변수들을 고려해야 한다. 더구나 작전 환경이 추가적으로 변경되기 전에 계획 수립이 완료되어야 하며 경우에 따라서는 이전에 경험하지 못한 지형에 통신 노드를 배치해야할 수도 있다. 결과적으로 실질적인 작전 환경을 고려했을 때 전술 인프라 네트워크는 네트워크 계획수립 단계가 가장 중요하고, 또 인공지능 기술이 적용되었을 때 가장 효과를 기대할 수 있는 단계이다.

반면, 상용 네트워크는 계획수립 단계가 전술 인프라 네트워크 만큼의 중요도를 갖지는 않으며, 서비스 장애에 따른 사용자 불만이 경제적인 손실로 이어질 수 있기 때문에 네트워크 운용/관리 단계가 더욱 중요하다. 따라서 현재 네트워크 분야에서 인공지능 기술을 활용하는 대부분의 연구는 네트워크 운용/관리의 효율성을 높이기 위한 것이다. 즉, 전술 인프라 네트워크에서 요구되는 인공지능 소용와 민간에서 연구되고 있는 연구 분야가 일치하지 않는 것이다. 따라서 전술 인프라 네트워크 분야에서는 네트워크 계획 단계에 대한 지능화 연구가 필요하다. 이는 상용 네트워크에서는 상대적으로 관심이 적은 분야이므로 군에서의 주도적인 소용제기 및 과감한 연구투자가 필요하다.

3.2 전술 애드혹 네트워크의 특징과 인공지능화 소용

전술 애드혹 네트워크는 각개 전투원들이 보유한 통신 단말들이 별도 통신 노드의 지원 없이 네트워크를 구성한다. 해당 네트워크는 1-홉(hop) 또는 멀티-홉으로 데이터를 전송한다. 전술 애드혹 네트워크의 대표적인 사례는 P-999K 또는 전술용 다대역 다기능 무전기(TMMR: Tactical Multi-band Multi-role Radio)로 구성된 전투투선망(CNR: Combat Net Radio)이 있다.

통신 단말들은 보통 무지향성 안테나를 이용하여 전파 범위 내의 인접 단말들과 네트워크를 구성한다. 전술 애드혹 네트워크는 이동간에도 서비스 제공이 가능해야 하기 때문에 전술 인프라 네트워크에 비해 상대적으로 저주파 대역을 사용하고, 그 만큼 대역폭이 좁을 수밖에 없다. 뿐만 아니라 무지향성 안테나를

사용하기 때문에 주파수 간섭의 범위가 넓어 다수의 단말이 동시에 데이터를 송수신하는 것이 제한된다. 따라서 대용량의 데이터를 처리하기에는 물리적인 한계가 있다. 한편, 통신 단말들은 전술 인프라 네트워크와 달리 이동간에도 서비스 제공이 가능하며, 전파 범위 내에 있다면 네트워크 가입 및 탈퇴가 실시간적으로 이루어질 수 있다.

전술 애드혹 네트워크의 가장 큰 제한사항은 통신 용량이 근본적으로 제한될 수밖에 없다는 것이다. 이동간 통신을 지원하기 위해서 상대적으로 저주파 대역이 사용될 수밖에 없기 때문이다. 이러한 제한사항을 극복하기 위한 방안은 넓은 대역폭에서 다양한 통신기술을 통해 통신용량을 증대시키거나 전송하고자 하는 데이터의 크기를 줄이는 것이다. 그런데 현실적으로 넓은 대역폭을 할당받는 것은 쉽지 않다. 따라서 본 논문에서는 인공지능 기술을 이용하여 데이터의 형태를 변형시켜 전송할 데이터의 크기를 크게 감소시키는 방안을 제시하고자 한다.

IV. 인공지능 기술을 활용한 전술 네트워크 지능화 방안

본 장에서는 전술 네트워크 유형별로 인공지능 기술을 적용하는 방안을 제시한다.

4.1 전술 인프라 네트워크 지능화 방안

앞서 서술한 바와 같이 전술 인프라 네트워크는 네트워크 운용절차에서 계획 분야에 대한 지능화 필요성이 가장 높다. 즉, 통신노드를 어느 지점에 배치하는 것이 통신지원 측면에서 가장 효율적인지를 판단하는 문제라 할 수 있다. 부여된 작전 지역 내에 통신 노드를 배치하는 것은 언뜻 바둑판에 바둑돌을 놓는 것과 유사하게 생각할 수 있다. 물론 동일한 문제는 아니다. 바둑에서는 돌을 놓는 공간이 19×19의 격자 내의 지점이고 해당 지점에 검은돌 또는 흰돌을 놓거나 아무 돌도 놓지 않는 경우로 구분할 수 있다. 하지만 통신 노드는 지형 조건에 따라서 위치할 수 있는 지점이 일정하지 않고 단순히 검은 돌, 흰 돌과 같이 두 종류의 통신 노드만 존재하는 것도 아니다. 또한 바둑은 상대방과 한 수씩 차례로 두는 것이기 때문에 바둑돌 배치의 순서 정보가 필요하지만 통신 노드 배치는 배치 순서는 상관없지만 통신 노드간의 링크 연결의 형태가 중요하다.

반면 제한된 시간 내에 바둑돌 또는 통신 노드를 배치해야 하고 최적의 배치안을 찾는 문제라는 점에

서 유사점이 있다. 본 논문에서는 인공지능이 바둑을 두는 기법을 개념적으로 이해하고, 이를 통해 전술 인프라 네트워크에서 설계 단계의 지능화 방안과 가능성에 대해서 살펴본다.

알파고는 현재의 돌을 놓아야 하는 지점을 선택하기 위한 정책망(policy network)과 전체 바둑 판세를 평가하는 가치망(value network)을 이용하여 바둑을 둔다. 이러한 정책망과 가치망 모델을 최적화하기 위해 수많은 기보를 이용한 지도학습과 기존 바둑기보에 과적합(over-fitting)되지 않기 위해 강화학습을 병행하였다. 수천 년 동안 축적된 바둑 결과 데이터가 존재한다는 것은 인공지능 기술을 적용하는데 매우 유리한 조건이다. 한편, 바둑은 돌을 놓은 지점이 제한되어 있다. 다시 말해 최적의 위치는 모든 경우의 수를 탐색하면 분명 찾을 수 있다는 의미이다. 물론 그 경우의 수가 돌을 놓을 수 있는 위치의 개수, 돌을 놓는 순서 등을 고려하면 약 10300 이 되기 때문에 제한된 시간 내에 모든 경우의 수를 탐색하는 것은 불가능하다. 따라서 알파고는 덤러닝과 몬테카를로 트리 탐색(Monte-Carlo Tree Search)을 결합하여 제한된 시간 내에 승률이 높은 공간만을 선택적으로 탐색하여 돌을 놓을 지점을 판단한다. 여기서 핵심은 바둑판의 판세를 판단할 수 있다는 것이다. 이것은 게임의 승패가 명확하고 수많은 게임 결과에 대한 데이터가 있기 때문에 가능하다.

통신 노드를 배치하는 문제를 생각해 보자. 통신 노드를 배치하는 문제도 통신 노드의 수, 배치할 수 있는 지점 그리고 연결되는 링크가 한정되어 있다. 따라서 모든 경우의 수를 효과적으로 탐색한다면 최적의 네트워크 구성을 찾을 수 있다. 하지만 구성된 네트워크의 가치를 판단하는 것이 쉽지 않다. 동일한 네트워크 구성이라 하더라도 적의 위치, 아군의 위치, 작전 목표 등에 따라 그 가치는 다르게 평가될 수 있기 때문이다. 또한 네트워크 구성을 평가하기 위한 충분한 데이터가 축적되기가 어렵다. 물론 우리 군은 오랜 기간 동안 통신훈련(COM-X: communication exercise)을 통해 데이터를 수집하고 있지만, 새로운 통신 체계가 전력화되는 경우 기존 데이터의 효용성이 크게 떨어질 수밖에 없다. 수 천년간 19×19의 바둑판과 흑돌, 백돌이라는 동일한 조건에서 동일한 규칙을 유지한 바둑 게임과는 근본적인 차이가 있다고 할 수 있다. 따라서 전술 인프라 네트워크의 계획 분야에 인공지능 기술을 적용함에 있어 단기 목표와 장기 목표로 구분하여 접근할 필요가 있다.

단기 목표는 정량화할 수 있는 데이터만을 입력값

으로 하는 모델을 개발하는 것이다. 네트워크 계획에서 현재 정성적으로 판단할 수밖에 없는 요소들은 우선 배제하는 것이다. 예를 들어, 인공지능 모델을 구성할 때 통신노드의 용량, 가용 주파수 범위, 가시선 분석 결과, 노드간의 거리, 노드 전개 시간 등 현재 정량화할 수 있는 변수들로만 모델을 구성한다. 이러한 데이터들은 군에서 수행하는 통신훈련(COM-X)를 통해 수집이 가능하다. 현재의 작전 지역에 대한 데이터는 이미 수집이 되어 있고, 임의의 지역에 대해서도 도상판단을 통해 데이터를 생성할 수 있다. 물론 이런 모델에 의해서 수립된 계획은 작전에 그대로 적용하기 어려우며 숙련된 인간의 지능에 의해서 수정 및 보완이 이루어져야 한다. 하지만 제한된 시간 내에 기술적으로 구성이 가능한 신뢰성 있는 네트워크 계획들을 추천하는 것만으로도 완성도 있는 최종 계획을 수립하는데 큰 기여를 할 수 있다. 이것은 인간의 지능이 보다 신속하고 효과적으로 능력을 발휘할 수 있도록 인공지능이 지원하는 형태라 할 수 있다.

장기목표는 모델 구성시 현재의 정량적인 데이터 뿐 아니라 정성적인 데이터도 사용하는 것이다. 여기서 정성적인 데이터를 모델의 입력값으로 적합하도록 정량화하는 것이 가장 큰 난제이며, 이를 해결하기 위한 많은 연구가 요구된다. 그리고 다양한 작전 시나리오를 기반으로 전문가 집단에 의한 데이터 수집이 필요하다. 장기 목표에서의 인공지능은 네트워크 계획 분야에서 인간의 수준과 대등한 능력을 보유하게 된다. 이때 인공지능은 네트워크 계획 수립에 있어 주도적인 역할을 수행하게 되며, 인간의 지능은 보조적인 역할에 국한될 것이다. 하지만 이런 수준의 개발은 현재의 기술 수준으로는 매우 요원한 것이 사실이다.

4.2 전술 애드혹 네트워크의 지능화 방안

본 절에서는 전술 애드혹 네트워크에서 가장 근본적인 제한사항인 통신용량 부족 문제를 해결하기 위해 인공지능 기술을 이용하여 전송할 데이터의 크기를 줄이는 방안과 통신장비 운용에 있어서 전투원들의 편의성을 증대시키기 위한 방안을 각각 제시한다.

데이터 압축 기술은 손실 압축과 무손실 압축으로 구분된다. 이때 무손실 압축 방식은 압축된 데이터를 원본 그대로 복원할 수 있는 반면 손실 압축 방식은 압축된 데이터로부터 원본 데이터를 그대로 복원할 수 없다. 하지만 복원된 데이터와 원본 데이터의 차이는 데이터의 최종 소비자인 인간이 인지할 수 없는 정도이다. 무손실 압축은 텍스트 파일 등에 사용되고, 손실 압축은 영상, 음성 등에 사용된다. 복원했을 때

데이터 손실의 유무에 대한 차이가 있지만 손실, 무손실 압축 방식 모두 데이터의 유형을 변경하지는 않는다.

한편, 데이터의 크기는 일반적으로 동영상, 정지영상, 텍스트 순으로 작다. 또한 데이터 유형에 따라 데이터 크기의 차이는 매우 크다. 따라서 만약 정보의 가치 감소가 용인될 수 있는 수준으로 유지된 상태에서 데이터의 유형 자체를 변경할 수 있다면 전송해야 할 데이터의 크기를 크게 감소시킬 수 있다. 인공지능 기술을 이용하여 이러한 기법을 구현할 수 있다.

4.2.1 영상인식을 이용한 데이터 유형 변경

인공지능 기술은 영상, 음성 인식 등 인지 분야에서 가장 두드러진 성과를 나타내고 있는데 영상에 포함되어 있는 특정 객체를 식별하고 추출하는 기술은 이미 상당히 성숙되어 대중화되었다.

군사 작전상황에서 작전 현장을 촬영한 이미지는 지휘관 및 참모가 작전 현장의 상황을 공유하고 이해하는데 큰 기여를 한다. 하지만 전술 애드혹 네트워크에서 영상정보를 실시간으로 전송하는 것은 통신용량의 한계 등으로 매우 제한적이다. 그런데 전송된 영상을 통해 지휘관 및 참모가 궁극적으로 획득하는 정보는 영상 자체가 아니라 영상을 통해 이해될 수 있는 상황정보이다. 예를 들어, 그림 4에서 보는 바와 같이 작전 현장의 특정 지점에 적의 전차가 식별된 영상 데이터를 생각해 보자. 지휘관 및 참모는 영상 데이터를 통해 “언제, 어떤 전차가 얼마만큼의 규모로 어디에 위치해 있다.”라는 정보를 추출하고 해당 정보를 공통 상황도(COP: Common Operation Picture)에 도시하여 상·하급, 인접 부대와 공유한다. 즉, 데이터에 대한 처리가 영상 데이터를 수신한 지휘부에서 이루어지고 최초 데이터를 수집한 하위 제대는 단순히 해당 데이터를 상위 제대로 전달해 주는 역할에 불과하다. 이것은 하위 제대로 갈수록 통신 기능만 보유하고 데이터 처리 기능은 없기 때문이다.

하지만 대대급 전술 C4I 체계가 전력화되는 등 하위 제대의 데이터 처리 기능이 점차 보강되고 있으며,

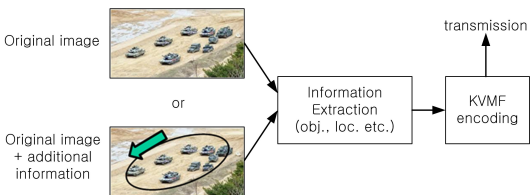


그림 4. 이미지 정보의 데이터 유형 변환 과정
Fig. 4. Data type conversion process for image

이러한 추세는 앞으로도 계속될 것이다. 따라서 데이터 처리를 데이터를 수집한 제대에서 수행하고 그 결과물을 텍스트 또는 KVMF(Korean Variable Message Format) 등의 저용량 데이터 형태로 상위 제대에 전달한다면 제한된 통신용량의 한계를 극복할 수 있다. 물론 원본 데이터는 네트워크 트래픽을 고려하여 가용한 시간에 별도로 전송할 수 있다. 또한 원본 이미지 데이터에 부가적인 정보를 포함시키기 위해 군대부호, 작전활동부호를 도식한 후 데이터를 처리할 수도 있다. 결과적으로 수집된 원본 이미지 또는 부가적인 표식을 추가한 이미지에 인공지능 기술을 적용한 특정 객체 추출을 통해 유의미한 정보를 생산하고, 이를 저용량의 데이터 유형으로 전송하는 것이다. 이를 통해 저용량의 전술 애드혹 네트워크에서도 실시간 상황공유가 가능하다.

그림 4는 이미지 데이터를 인공지능 기술을 이용하여 정보를 추출하고 KVMF 형태로 변환하는 과정을 도식한 것이다.

4.2.2 음성인식을 이용한 전투원 편의성 증대

인공지능 기술에 의해 음성인식 성능도 크게 향상되었다. 인공지능은 인간의 음성인식률을 이미 능가하고 있으며, KT의 지니, SKT의 누구(NUGU) 등 음성인식 기능에 기반한 많은 제품들이 사용되고 있다. 이러한 음성인식 기능을 이용하여 전술 애드혹 네트워크를 구성하는 전투원들의 편의성을 증대시키기 위한 방안을 제시한다.

하위제대의 전투원들(즉, 전술 애드혹 네트워크 가입자)은 개인화기, 통신장비, 기타 다양한 전투장구류 등으로 전투 하중이 크다. 특히, 개인화기를 휴대한 상태에서 통신장비를 함께 운용하는 것은 전투원이 사격, 기동, 감시 등의 실질적인 전투활동에 집중하는데 장애요소가 된다. 따라서 일반적으로 통신장비 운용을 전담하는 전투원을 별도로 운용하기도 한다. 이것은 병력 자원이 감소되고 있는 상황을 고려했을 때 전투원 운용의 비효율성을 초래한다. 그러므로 전투원들이 실질적인 전투활동을 하면서도 통신기능을 자유롭게 활용할 수 있어야 한다.

통신장비 운용으로 인해 전투활동이 제한되는 상황은 크게 두 가지로 요약할 수 있다. 하나는 통신장비 조작을 손으로 직접하는 과정에서 발생하고, 다른 하나는 보고양식을 채우기 위해 데이터를 데이터처리에 입력하는 과정에서 발생한다. 음성인식 기능을 이용하면 이러한 절차들이 음성으로 통제 및 운용이 가능하여 전투원의 전투활동을 보장하는데 크게 기여하

게 된다. 예를 들어, 전투원이 경계 중에 적의 전차를 식별한 경우 경계활동을 계속 하는 가운데 “현시간 적 전차 3대 00 지점에서 00 방향으로 이동 중이다. 대대에 보고해” 라고 이야기하면 휴대하고 있던 통신장비는 전투원의 음성 내용 중 키워드를 추출하여 이를 보고서 양식으로 변환하고 이를 대대에 전송하는 것이다. 이때 만약 보고서 양식 중 충족되지 않는 항목이 있다면 인공지능이 전투원에게 해당 데이터의 추가를 요구하도록 할 수도 있다. 그림 5는 이러한 과정을 개념적으로 나타낸 것이다. 결과적으로 전투원은 대화식으로 필요한 사항을 평소 언어로 표현하면 인공지능이 키워드를 추출하여 통신장비를 자동적으로 조작하고 보고내용을 구성하여 전달함으로써 전투원이 실질적인 전투활동에 집중할 수 있도록 여건을 보장할 수 있다.

이러한 기능들을 전술 애드혹 네트워크에 구현하기 위해서는 단계적 개발 접근이 필요하다. 먼저, 학습에 사용될 데이터를 수집 또는 생산해야 한다. 군사적 목적으로 사용되는 데이터는 일반적으로 민간 영역에서 접근하기도 힘들고 유용하지도 않다. 즉, 작전 활동에 필요한 데이터는 국방 분야에서 스스로 정의하고 수집해야 한다. 충분한 데이터가 확보된 후에 검증된 모

델링 기법으로 학습을 해야 기대한 성능이 발휘될 수 있다. 추가적으로 인공지능 기술을 이용하여 영상 또는 음성 데이터로부터 추출된 특징정보들을 KVMF 등 비트 단위 메시지로 맵핑하는 것도 도메인 지식을 보유하고 있는 군의 역할이다.

표 1은 지금까지 제시한 전술 네트워크의 문제점과 인공지능 기술을 활용한 해결책을 나타낸다.

V. 결 론

본 논문에서는 전장 6대 기능 중 지휘통제 분야의 전술 네트워크를 인공지능 기술을 활용해 지능화하는 방안들을 제시하였다. 이를 위해 전술 네트워크를 전술 인프라 네트워크와 전술 애드혹 네트워크로 구분하고, 각각의 네트워크 특성을 고려하여 인공지능 기술 적용이 필요한 부분을 분석하였다.

전술 인프라 네트워크는 제한된 시간 내에 상황 변화에 따라 동적으로 네트워크를 설계해야 하는 어려움을 극복하기 위해 인공지능 기술을 적용할 필요가 있다. 이를 위해 정성적인 평가 요소를 정량화하는 작업이 선행적으로 필요하기 때문에 단계적인 개발 전략을 제시하였다. 한편, 전술 애드혹 네트워크는 물리적으로 네트워크 용량이 작은 문제를 극복하고 전투원의 실질적 전투행위를 보장하기 위해 인공지능 기술을 이용한 영상, 음성 데이터 처리 방안을 제시하였다. 이를 통해 전술 네트워크 운용의 효율성을 향상시켜 작전 효과성을 크게 증대시킬 수 있을 것으로 기대하며, 이 분야에 대한 적극적인 투자와 연구가 필요하다.

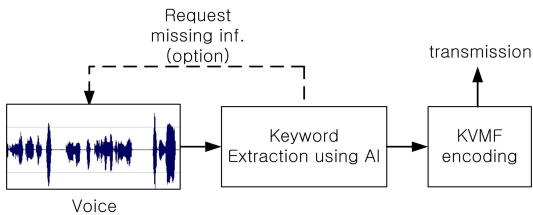


그림 5. 음성정보의 데이터 유형 변환 과정
Fig. 5. Data type conversion process for voice

표 1. 전술 네트워크의 문제점과 인공지능 기반 해결방안
Table 1. Problems and AI based solution for tactical networks

	Problems	AI based solution
Tactical infra network	· Difficult to design networks due to dynamic environments	· Network value assessment based on data
Tactical ad-hoc network	· Difficult to share or report image data due to narrow band · Inconvenience to handle comm. devices	· Feature extraction from images · Feature extraction from speech

References

- [1] D. Lukac, M. Milic, and J. Nikolic, “From artificial intelligence to augmented age an overview,” *2018 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conf. (ZINC)*, pp. 100-103, 2018.
- [2] J.-Y. Kim, “AlphaGo case study : On the social nature of artificial intelligence,” *J. Sci. & Technol. Stud.*, vol. 17, no. 1, pp. 5-39, Jun. 2017.
- [3] J.-K. Lee and C. Han, “Future warfare and military artificial intelligence systems,” *J. KICS*, vol. 44, no. 4, pp. 782-790, Apr. 2019.
- [4] C. Han and J. K. Lee, “A methodology for

- defense AI command & control platform construction,” *J. KICS*, vol. 44, no. 4, pp. 774-781, Apr. 2019.
- [5] W.-H. Shim, et al., “Development of big data analytics platform for military health information based on AI,” *J. Commun. KIISE*, vol. 36, no. 8, pp. 60-70, Aug. 2018.
- [6] S. Li, Y. Wang, C. Wu, and Z. Chen, “Artificial intelligence and unmanned warfare,” *2018 5th IEEE CCIS*, pp. 336-339, Nanjing, 2018.
- [7] Ł. Apiecionek, W. Makowski, D. Biernat, and M. Łukasik, “Practical implementation of AI for military airplane battlefield support system,” *2015 8th Int. Conf. HSI*, pp. 249-253, Warsaw, 2015.
- [8] D. Kim, et al., “AI-based drone object tracking system: Design and implementation,” *J. KICS*, vol. 42, no. 12, pp. 2391-2401, Dec. 2017.
- [9] S. Neelakantan, et al., “An architecture for self-configuration of network for QoS and security,” *2009 First Int. Commun. Syst. and Netw. and Wrkshps.*, pp. 1-5, Bangalore, 2009.
- [10] K. N. Premnath and S. Rajavelu, “Challenges in self organizing networks for wireless telecommunications,” *ICRTIT*, pp. 1331-1334, 2011.
- [11] M. Z. Alam, et al., “Topology aware auto-configuration in wireless sensor network,” *Int. J. Eng. Res.*, pp. 812-816, 2014.
- [12] T. Angskun, et al., “Self-healing network for scalable fault-tolerant runtime environments,” *Future Generation Comput. Syst.*, vol. 26, no. 3, pp. 479-485, 2010.
- [13] F. Nisa and S. Haryadi, “Simulation of the fault management with self healing mechanism (case study: LTE network in banda aceh area),” *2016 10th Int. Conf. Telecomm. Syst. Serv. and Appl.*, pp. 1-6, Denpasar, 2016.
- [14] V. Bezruk, J. Skorik, V. Vlasova, Y. Koltun, and A. Kostromitsky, “Analytic hierarchy process for choosing the self-organization algorithm for wireless sensor network,” *2016 Third Int. Scientific-Practical Conf. Problems of Infocommun. Sci. and Technol.*, pp. 189-191, Kharkiv, 2016.
- [15] X. Xu, X. Chai, and Z. Zhang, “Self-organization approaches for optimization in cognitive radio networks,” in *China Commun.*, vol. 11, no. 4, pp. 121-129, Apr. 2014.
- [16] E. Meshkova, et al., “Designing a self-optimization system for cognitive wireless home networks,” in *IEEE Trans. Cognitive Commun. and Netw.*, vol. 3, no. 4, pp. 684-702, Dec. 2017.
- [17] J. Sánchez-González, J. Pérez-Romero, and O. Sallent, “A rule-based solution search methodology for self-optimization in cellular networks,” in *IEEE Commun. Lett.*, vol. 18, no. 12, pp. 2189-2192, Dec. 2014.
- [18] M. Mamdouh, M. A. I. Elrukhsi, and A. Khattab, “Securing the internet of things and wireless sensor networks via machine learning: A survey,” *2018 ICCA*, pp. 215-218, Beirut, 2018.
- [19] M. Liu, T. Song, L. Zhang, H. Sari, and G. Gui, “Multi-efficiency based resource allocation for cognitive radio networks with deep learning,” *2018 IEEE 10th Sensor Array and Multichannel Sign. Proc. Wrkshps.*, pp. 56-59, Sheffield, 2018.
- [20] D. Rafique and L. Velasco, “Machine learning for network automation: overview, architecture, and applications [Invited Tutorial],” in *IEEE/OSA J. Optical Commun. and Netw.*, vol. 10, no. 10, pp. D126-D143, Oct. 2018.
- [21] S. Dong, D. Zhou, and W. Ding, “The study of network traffic identification based on machine learning algorithm,” *2012 Fourth Int. Conf. on Computational Intell. and Commun. Netw.*, pp. 205-208, Mathura, 2012.

이 종 관 (Jongkwan Lee)



2000년 2월 : 육군사관학교 전자공학 학사
2004년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학 석사
2014년 2월 : 아주대학교 NCW 공학 박사
2017년 12월~현재 : 육군사관학교 컴퓨터과학과 조교수

<관심분야> 인공지능, 사이버전, 전술네트워크
[ORCID:0000-0003-2195-2417]

강 광 희 (Kwang-Hee Kang)



1997년 2월 : 국립금오공과대학교 기계공학과 학사
2016년 2월 : 아주대학교 IT융합학과 석사
<관심분야> 사이버전, 네트워크 중심전, 인공지능

[ORCID:0000-0003-0100-1323]

신 규 용 (Kyuyoung Shin)



1996년 2월 : 육군사관학교 전산학 학사
2000년 2월 : 한국과학기술원 전산학 석사
2009년 12월 : (미)노스캐롤라이나 주립대(NCSU) 전산학 박사

2000년 3월~현재 : 육군사관학교 컴퓨터과학과 교수
<관심분야> 분산시스템, 네트워크 보안, 사이버전
[ORCID:0000-0002-3206-2148]

홍 원 기 (Wongi Hong)



2010년 2월 : 울산대학교 전기전자제어공학 학사
2012년 2월 : 포항공과대학교 인간공학 석사
<관심분야> HCI/UX, 무기체계 사용성평가, 인공지능

[ORCID:0000-0002-9424-3067]

한 창 희 (Changhee Han)



1990년 2월 : 육군사관학교 물리학 학사
1994년 6월 : 미국 Syracuse 대학교 전산학 석사
2004년 7월 : 미국 Univ. of Southern California 대학교 전산학 박사

1994년 8월~현재 : 육군사관학교 컴퓨터과학과 교수
<관심분야> 인공지능, 사이버전, M&S, VR
[ORCID:0000-0001-6478-7314]