

ISSN 1976-5967

제10권

2017년 11월

군사과학정책연구

Military Science & Technology Annual Report

연구논문

ICBMS + AI 기술을 이용한 국가안보 발전방향 연구 강동수

인공지능(AI)을 활용한 국가안보 발전방향
(전술적 의사결정 지원과 기반체계 구축) 김경수

최적화 이론의 국방분야 적용 방안 조남석

국방대학교 안보문제연구소

연·구·보·고 2·0·1·7

ICBMS + AI 기술을 이용한 국가안보 발전방향 연구

강 동 수
(국방대학교 교수)

2017. 11.



국방대학교 국가안전보장문제연구소

목 차

| | |
|--|----|
| 요약문 | 1 |
| 제1장 연구 개요 | 2 |
| 제1절 연구 배경 및 필요성 | 2 |
| 제2절 연구 목표 및 범위 | 6 |
| 제2장 ICBMS와 인공지능 기술 현황 | 7 |
| 제1절 ICBMS(IoT, Cloud, Big Data, Mobile, Security) 기술 | 7 |
| 제2절 인공지능(Artificial Intelligence) 기술 | 16 |
| 제3장 ICBMS와 인공지능 기술의 활용 분야 | 20 |
| 제1절 ICBMS 기술 활용 | 20 |
| 제2절 인공지능(Artificial Intelligence) 기술 활용 | 26 |
| 제4장 ICBMS와 인공지능의 국방 활용과 국가안보 발전 방안 | 30 |
| 제1절 ICBMS + AI의 국방 활용 방안 | 30 |
| 제2절 ICBMS + AI와 국가 안보 발전 | 40 |
| 제5장 결 론 | 43 |

〈그림 목 차〉

| | |
|---|----|
| 〈그림 1〉 제4차 산업혁명의 도래 | 2 |
| 〈그림 2〉 GO의 시대 (알파고, 포켓몬고, 아마존고) | 3 |
| 〈그림 3〉 ICT 기업의 가치 변화 | 4 |
| 〈그림 4〉 Hyper Cycle for Emerging Tech(2015) | 7 |
| 〈그림 5〉 ICBMS의 정보 흐름과 기술의 관계 | 8 |
| 〈그림 6〉 산업 경계의 재정의 | 9 |
| 〈그림 7〉 클라우드 컴퓨팅 서비스 | 10 |
| 〈그림 8〉 데이터 증가가 무어의 법칙 추월 | 11 |
| 〈그림 9〉 데이터 크기와 속도, 정확성, 복잡도의 관계 | 12 |
| 〈그림 10〉 모바일과 모바일 서비스 | 13 |
| 〈그림 11〉 CWE-659 (C++) | 15 |
| 〈그림 12〉 CVE 2016-4018 | 16 |
| 〈그림 13〉 엘렌튜닝과 이미테이션 게임 | 17 |
| 〈그림 14〉 전통적인 인공지능 기술 분류 | 17 |
| 〈그림 15〉 영화에서 묘사되는 인공지능 | 19 |
| 〈그림 16〉 미쉐린의 스마트 타이어 | 20 |
| 〈그림 17〉 바로셀로나 스마트 시티 | 20 |
| 〈그림 18〉 마이크로소프트 애저 클라우드 서비스 | 21 |
| 〈그림 19〉 미래 예측 | 22 |
| 〈그림 20〉 삼성전자 스마트 냉장고 | 23 |
| 〈그림 21〉 스마트 그리드 | 24 |
| 〈그림 22〉 개인 건강 모니터링과 빅 데이터 분석 | 25 |
| 〈그림 23〉 진화하는 커넥티드 자동차 | 26 |
| 〈그림 24〉 AI ² : AI-driven Predictive Cybersecurity Platform | 27 |

| | |
|---|----|
| 〈그림 25〉 알파고의 몬테카를로 트리 탐색 | 28 |
| 〈그림 26〉 구글카 | 29 |
| 〈그림 27〉 상용화 의료로봇 | 29 |
| 〈그림 28〉 네트워크화 된 작전환경 | 31 |
| 〈그림 29〉 유비쿼터스 전장 구성 | 32 |
| 〈그림 30〉 빅 데이터를 이용한 전장정보 체계의 미래예측 | 33 |
| 〈그림 31〉 DISA 클라우드 컴퓨팅 포트폴리오 | 33 |
| 〈그림 32〉 Bullet Flight 앱을 활용한 사격 | 34 |
| 〈그림 33〉 Raytheon사의 아이폰 One force tracker 어플리케이션 | 35 |
| 〈그림 34〉 무인 지상시스템 | 37 |
| 〈그림 35〉 무인 해상시스템 | 38 |
| 〈그림 36〉 무인 항공시스템 | 39 |
| 〈그림 37〉 국방과학기술 정책목표와 실행계획 | 41 |

〈표 목 차〉

| | |
|----------------------------|----|
| 〈표 1〉 빅 데이터의 특성 | 12 |
| 〈표 2〉 소프트웨어 개발 보안 요소 | 14 |
| 〈표 3〉 인공지능 분류 | 18 |
| 〈표 4〉 미국의 국가 기능 분류 | 40 |

요 약 문

4차 산업혁명시대 지능정보화 사회를 주도할 핵심기술로 ICBMS(IoT, Cloud, Big data, Mobile, Security)와 인공지능 기술이 주목받고 있다. 다양한 ICBMS와 인공지능 기술을 적용한 네트워크화 된 커넥티드 자동차, 줄을 서거나 계산이 필요 없는 상점인 아마존고(Amazon Go), 사물인터넷(IoT)으로 연결된 스마트 전등과 쓰레기통 등이 실생활에서 현실화되고 있다.

ICBMS가 제공하는 서비스는 사물인터넷(IoT)으로 연결된 사물들의 데이터를 클라우드(Cloud)에 저장한다. 그리고 저장된 정보를 지능화된 빅 데이터(Big Data) 기술을 이용하여 분석하고 새롭게 생성된 서비스를 모바일(Mobile)에 제공해 줄 수 있는 상호 연관된 기술이다. 이때 네트워크화 된 데이터의 흐름으로 보안 요소가 고려되어 정보가 보호되어야 한다. 이러한 서비스는 고도로 지능화 되어 우리의 삶을 더욱 풍요롭게 해 준다.

ICBMS와 인공지능 기술의 활용분야는 매우 다양하다. 우리가 매일 사용하는 가전제품, 스마트 타이어에 이용된 사물인터넷(IoT), 에어비앤비, 핀테크 등에 이용되고 있는 클라우드 컴퓨팅 서비스, 데이터 기반 미래예측을 가능하게 하는 빅 데이터, ICBMS 기술이 융합된 스마트 홈 서비스와 스마트 그리드, 헬스케어에 사용되는 웨어러블 컴퓨터, 홈네트워크와 연결되는 커넥티드 자동차 등 사용 분야는 점점 늘어나고 있다.

미래 전장환경이 네트워크화되고 전장상황을 공유하고 전력의 기능을 통합하는 사이버전, 제5세대 전쟁의 형태로 패러다임이 변화하고 있는 국방 분야에서도 사이버 공격 감지, 장차작전 예측, 유비쿼터스 전장환경 구축, 빅 데이터 기반 군사적 판단능력 향상과 스마트폰 앱을 활용한 전장상황 공유, 드론, 무인잠수함 등 육·해·공 무인체계들을 운용하고 개발하기 위해 ICBMS 기술과 인공지능 기술을 이용할 수 있다.

국가안보는 북한의 핵·미사일 위협에서 보여 지듯이 지속적으로 추구하여야 하는 것으로 국가안보를 보장하기 위해서는 정치, 외교, 군사, 경제뿐만 아니라 국방과학기술 능력을 보유하여야 한다. 국방안보에 기여할 수 있도록 ICBMS와 인공지능 핵심기술에 대한 투자, 민·군 기술협력 활성화, 창의적·도전적 기술 도입을 위한 실패에 대한 제도적 장치를 마련해야 한다.

제1장 연구 개요

제1절 연구 배경 및 필요성

1. 연구배경

미래는 우리가 알지 못하는 사이에 우리가 살고 있는 주변에 와 있다.¹⁾ 제4차 산업혁명은 이미 시작되어 우리가 살고 있는 대한민국에 와 있으며, 우리는 4차 산업혁명 시대를 살고 있다. 제4차 산업혁명 시대의 핵심기술로 ICBMS(IoT, Cloud, Big data, Mobile, Security)와 인공지능 기술이 중심이 되어 산업혁명을 이끌고 있다. 산업혁명의 발전은 <그림 1>과 같이 증기기관, 전기, 컴퓨터를 중심으로 발전하여 현재에 이르고 있으며, 산업 발전은 인간에게 육체적인 노동으로부터 여유를 가져다주었고 인간은 생각하고 창의적인 것을 만들어낼 수 있는 것에 집중하여 지식중심의 사회를 만들었다.



<그림 1> 제4차 산업혁명의 도래

이제 더 나아가 기술의 발달은 인간만의 가치인 생각할 수 있는 능력을 지니는 인공지능 기계를 만들고자 한다. 즉 인간의 지능보다 우수한 인공지능을 만들 수 있다는 기대를 하

1) William Gibson의 말 인용, “The Future is already here, it just not very evenly distributed.”

고 있다. 이러한 변화는 미국 네바다 주에서 스스로 운전할 수 있는 무인자동차에게 운전 면허증을 발급하고 상용화를 위한 노력 등 다양한 분야에서 구체적인 모습으로 진행되고 있다.

또한, 인공지능 기술의 하나인 딥러닝(Deep Learning) 기술로 국내에 인공지능 열풍과 투자를 촉진했던 구글 Deepmind의 알파고(Alpha Go, 2015), 전 세계적으로 포켓몬 선풍을 일으킨 Niantic의 게임 포켓몬고(Pokemon Go, 2016), No Line, No Check out 이라는 슬로건으로 등장 예정인 아마존의 아마존고(Amazon Go, 2017) 등 다양한 모습으로 <그림 2>와 같이 Go의 시대를 보여주고 있다.



<그림 2> GO의 시대 (알파고, 포켓몬고, 아마존고)

이러한 변화는 ICT(Information and Communications Technologies) 기업의 가치 변화²⁾에서도 알 수 있다. 2006년과 2016년 ICT 기업의 기업 가치를 비교해 보면 <그림 3>에서 보여 지는 것처럼 2006년에 비해 2016년에는 ICT 관련 기업들의 가치가 1위인

2) Most Valuable Global Brands [BrandZ]의 자료를 이용하여 구성함.

구글(Google)을 시작으로 2위 애플(Apple), 3위 마이크로소프트(MS), 4위 AT&T, 5위 페이스북(Facebook) 등 상위 대부분의 기업이 ICT를 주력으로 하는 기업인 것을 알 수 있다. 이러한 기업들은 인공지능 우선(First) 전략을 추진하고, 특히 기업가치 1위인 구글(Google)의 경우 2011년 이후 현재까지 인공지능 관련 기업에 11건의 투자를 하고 있다. 대표적인 알파고도 이러한 사례이다. 이러한 기업의 가치 변화는 실생활에서 ICBMS와 인공지능 기술이 우리 현실 생활에 깊이 관여하여 유익하고 풍요로운 삶에 도움을 주고 있음을 의미한다. 참고사항으로 우리나라 기업인 삼성전자의 기업 가치는 48위에 랭크되어 있다.



〈그림 3〉 ICT 기업의 가치 변화

2. 연구 필요성

제4차 산업혁명 시대에는 모든 사물들이 연결되고, 모든 사물들에 지능을 넣어서 인류의 삶을 증진시키는 혁명을 추진하여야 한다. 과거에 사람들이 직접 해야 했던 업무들은 인공지능을 지닌 자동화된 컴퓨터들이 대신 수행하므로 사람들은 편안함을 느끼고 동시에 효율성을 향상 시켜준다. 이러한 변화는 민간부분에서 뿐만 아니라 국방 분야에서도 많은 변화를 예고한다. 지능화된 무기체계는 병사들의 위험과 업무를 줄어줄게 하고 더 나아가

전쟁 양상을 바꾸어 사이버 전쟁, 5세대 전쟁 등의 다양한 형태의 전쟁을 가능하게 하는 패러다임 전환을 야기할 수도 있다.

하지만, 안타깝게도 미국, 중국, 영국 등 인공지능 선진국에 비해 우리나라 인공지능 기술력과 시장규모는 이제 막 걸음마를 댄 수준에 불과하며, 선진국 대비 2.4년의 기술격차, 논문 경쟁력은 세계 10위권 밖, 영향력 있는 학자수도 미국, 중국 등에 많이 뒤쳐져 있다.³⁾ 이제부터라도 ICBMS와 연계한 인공지능 기술 개발과 투자에 힘써 준비해야 한다.

국가안보는 전쟁과 관련된 군사력만을 의미하는 것은 아니며, 국민에 대한 모든 위협으로부터 국가를 방위하는 국가의 주요 기능인 안전보장의 준말이다. 국가안보는 북한의 핵·미사일 위협에서 보여지 듯이 지속적으로 추구하여야 하는 것으로 국가안보를 보장하기 위해서는 정치, 외교, 군사, 경제뿐만 아니라 국방과학기술 능력을 보유하여야 한다.

본 연구에서는 최근 가장 주목받고 있는 ICBMS와 인공지능의 기술을 국방 분야에 활용하여 국방과학기술 능력을 향상시킬 수 있도록 ICBMS와 인공지능의 기술 현황과 적용분야를 살펴보고, 과거 전쟁을 통해 필요에 의해 만들어지는 여러 무기체계와 같이 우리나라 국방 분야에 적용 가능한 국방 활용 분야와 국가안보 발전에 기여할 수 있는 방안을 연구하고 이를 제시함으로써 국가 안전보장에 기여하고자 한다.

3) NIA, 우리나라 A.I. 기업 현황 조사 보고서 Ver 1.0, A.I. 플러스 시리즈, 2017.4.

제2절 연구 목표 및 범위

1. 연구목표

본 연구의 목적은 ICBMS와 AI 기술현황을 살펴보고, 활용분야를 분석하여 국방 분야에서 활용할 수 있도록 하여 국가안전 보장에 기여한다.

2. 연구기간 : 2017.05.22. ~ 2017.09.21. / 5개월

3. 연구 범위

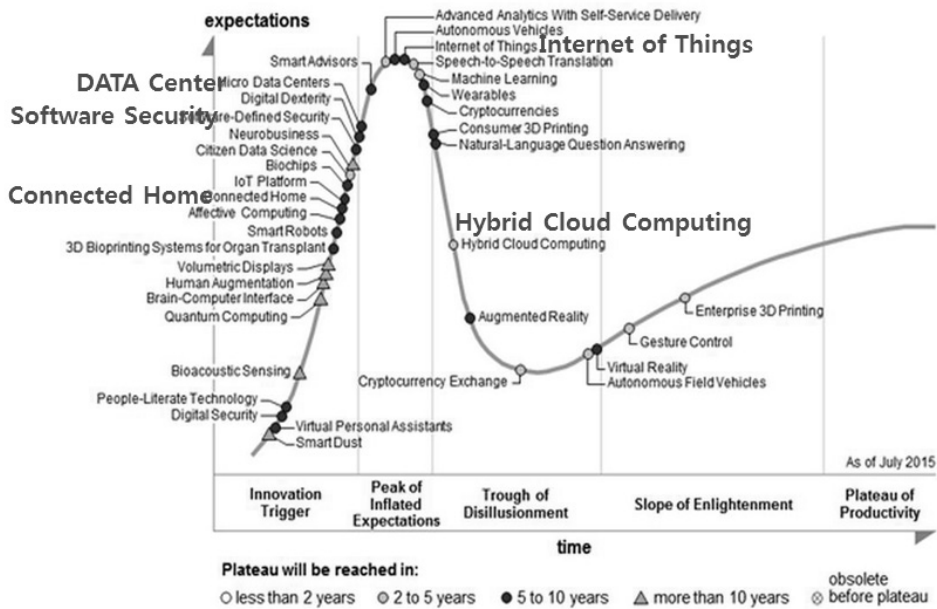
- ICBMS와 인공지능 기술 현황
 - ICBMS(IoT, Cloud, Big data, Mobile, Security) 기술
 - 인공지능(Artificial Intelligence) 기술
- ICBMS와 인공지능 기술 활용 분야
 - ICBMS(IoT, Cloud, Big data, Mobile, Security) 기술 활용 분야
 - 인공지능(Artificial Intelligence) 기술 활용 분야
- ICBMS와 인공지능 기술의 국방 활용 검토
 - ICBMS 기술 활용
 - 인공지능(Artificial Intelligence) 기술 활용
- ICBMS와 인공지능을 이용한 국가안보 발전 방안
 - ICBMS + AI와 국가안보
 - 국방과학기술 정책 발전 방안

제2장 ICBMS와 인공지능 기술 현황

제1절 ICBMS(IoT, Cloud, Big Data, Mobile, Security) 기술

1. ICBMS(IoT, Cloud, Big Data, Mobile, Security)

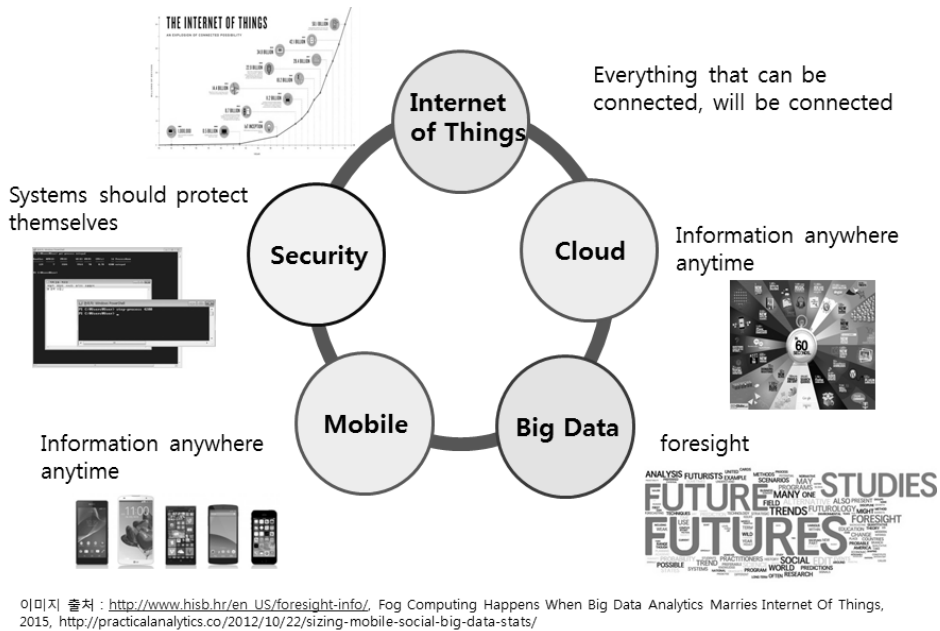
ICT를 기반으로 한 제4차 산업혁명을 촉발할 핵심기술은 ICBMS와 인공지능이며, 그 중 ICBMS 서비스는 사물인터넷(IoT, 클라우드(Cloud), 빅 데이터(Big Data), 모바일(Mobile)과 보안(Security)을 융합한 서비스를 의미한다. 제5원소라 불리는 지능정보산업과 전통산업을 성공적으로 융합 발전시킬 때, 제4차 산업혁명에서 앞서갈 수 있다. Gartner의 주목받고 있는 기술의 미래 예측에 의하면, ICBMS 기술이 향후 5년 이상 이머징 기술로 활용될 것으로 예측되고 있으며, 현재도 지속적으로 발전하고 있다.



〈그림 4〉 Hyper Cycle for Emerging Tech(2015)

출처: Gartner 발표자료 2015.

ICBMS가 제공하는 서비스는 사물인터넷(IoT)으로 연결된 사물들의 데이터를 클라우드(Cloud)에 저장하고 있고, 저장된 정보를 빅 데이터(Big Data) 기술을 이용하여 분석하고 새롭게 생성된 서비스를 모바일(Mobile)에 제공해 줄 수 있는 상호 연관된 기술로, 이때 보안 요소가 고려되어 정보가 보호되는 서비스를 제공해 주는 것이다.



〈그림 5〉 ICBMS의 정보 흐름과 기술의 관계

사물인터넷(IoT) 환경에서 단지 많은 사물들과 기기들이 네트워크를 통해 연결된다고 해서 비즈니스적인 가치가 만들어 지는 것은 아니다. 이러한 사물들로부터 얻어진 데이터가 클라우드에 저장되고 이 저장된 데이터가 다시 인공지능 기반 빅 데이터 분석기법으로 분석되고, 효과적으로 사용자에게 유용한 정보로 전달 될 수 있어야 비로써 서비스로서의 가치가 있다. 이 과정에서 클라우드 데이터 분석을 위해 딥러닝 등의 인공지능 기술을 활용하여 분석할 수 있다.

가. 사물인터넷(IoT: Internet of Things)

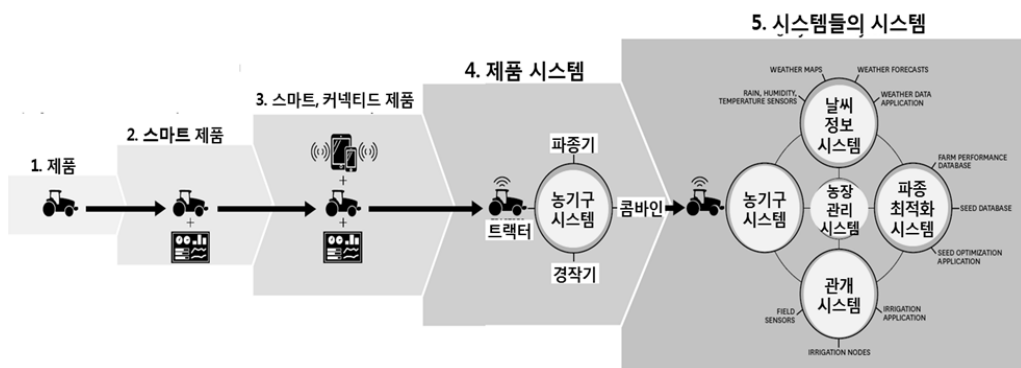
사물인터넷(IoT: Internet Of Things)은 대규모 네트워크에서 여러 가지 요소를 포함하는 사물들을 연결하는 근본적인 토대이며, 사물과 인간의 소통이라는 측면에서 정의하

고 있다. 인간과 사물, 서비스에 분산된 환경 요소에 대해 인간의 명시적 개입 없이 상호 협력적인 네트워크를 통해 정보를 처리하는 관계를 형성하는 것으로 ‘모든 것이 연결된다 (Everything that can be connected, will be connected)’라는 말처럼 사물들의 연결 성으로 만들어지는 가치를 나타낸다.

사물인터넷(IoT) 이전에는 사람만이 인터넷과 컴퓨터의 이용 주체였지만, 초연결사회의 핵심기술인 사물인터넷(IoT)은 사람뿐만 아니라 모든 것을 네트워크로 연결해 사물끼리 데이터를 생산하고 통신할 수 있게 하는 기술을 의미한다. 기존에는 인터넷으로 사람과 사람만이 연결되어 SNS 정보공유의 대상은 사람에게만 한정되어 있었다. 하지만, 사물인터넷(IoT) 시대에는 사람뿐만 아니라 사물까지 모두 정보를 주고받을 수 있는 모든 것이 네트워크로 연결된 초연결성을 의미하는 것이다.

사물인터넷은 제조, 물류, 에너지, 교통, 건강, 보안 등 모든 것을 바꿀 전망이다. 보통의 제품에 ICT 기술이 적용되어 스마트 제품이 되고, 여기에 인터넷이 결합되면 커넥티드 제품으로 진화할 것이다. 이러한 수많은 커넥티드된 제품들이 하나의 시스템이 되고, 다양한 시스템들이 연결되어 초연결 시스템이 되는 것이다.

제3차 산업혁명시대에 인터넷을 활용하여 사람과 사람간의 통신인 H2H (Human to Human)에서 기계와 기계가 의결되는 M2M(Machine to Machine)으로 또 다시 사물인터넷(IoT)으로 개념이 발달되었으며 사람과 사물(기기, 데이터 등)의 모든 객체가 시간과 장소와 무관하게 상호 연결될 수 있는 것이다.



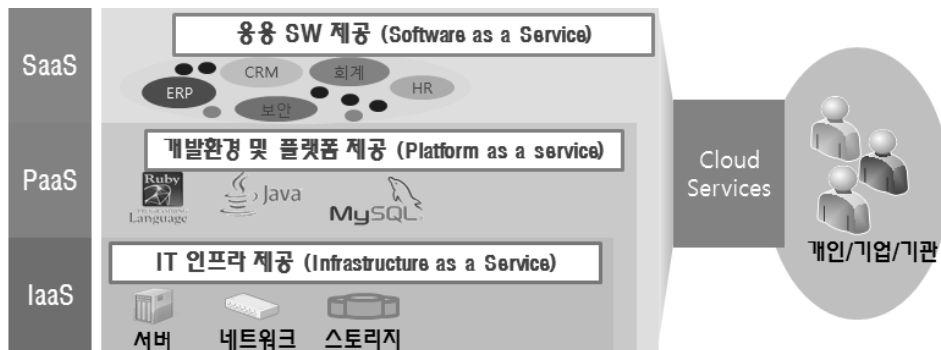
〈그림 6〉 산업 경계의 재정의

출처: How Smart, Connected Products Are Transforming Competition (Michael Porter, HBR 2014.11)

사물인터넷(IoT) 이전에는 사람만이 인터넷과 컴퓨터의 이용 주체였다. 사물인터넷(IoT)은 모든 사물을 인터넷으로 연결해, 데이터를 생산하고 사물끼리 통신할 수 있도록 한다. 사물인터넷(IoT)을 구현하기 위해서는 다양한 기반 기술이 필요하다. 먼저 센싱(Sensing) 기술이 필요하다. 센서(Sensor)에는 객체의 상태를 파악할 수 있으며 주변 환경으로부터 얻을 수 있는 다양한 물리적인 정보를 획득한다. 현재의 장비들은 물리적 정보의 획득뿐만 아니라 정보 처리능력을 내장한 제품들도 있다. 스마트 센서들은 수집한 정보들 중 특정 정보를 추출하는 기능을 가진다. 다음으로 유무선의 네트워크 인프라 기술이다. 사물들은 저전력 통신 기술이 요구되며 Zigbee, WiFi, Bluetooth 등 다양한 통신 표준들이 있다.

나. 클라우드(Cloud)

클라우드는 모든 정보가 중앙 집중화된 저장소로 저장되고 관리되어 저장된 정보를 가지고 다니지 않아도 언제 어디서든지 정보를 필요로 하는 경우 이용할 수 있도록 도와주는 환경이다. 이로 인해 사용자 단말이나 콘솔이 있으면 어느 곳 어느 때에도 서비스를 이용할 수 있는 환경을 제공해 준다. 이는 여러 사용자가 동시에 사용이 가능하다는 점에서 서비스 제공에 한계를 뛰어넘게 하며 사물인터넷에서 모은 정보들을 저장하고 제공할 수 있는 역할을 한다.



〈그림 7〉 클라우드 컴퓨팅 서비스

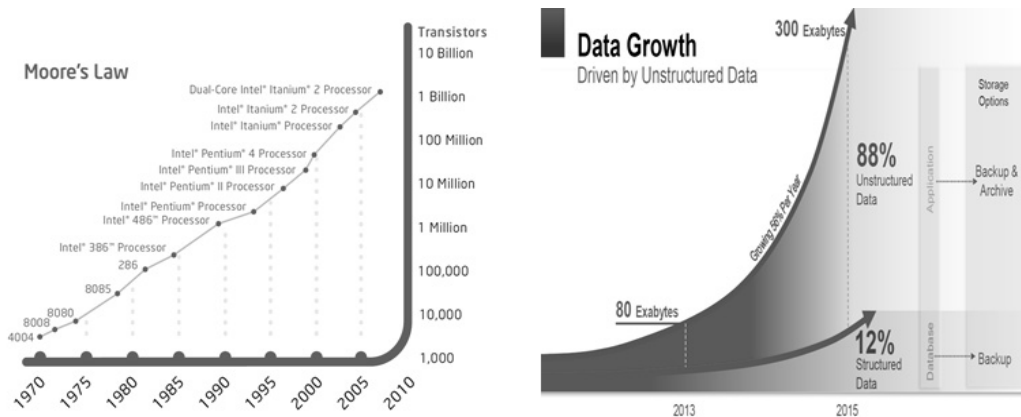
출처: 미래창조과학부 K-ICT 클라우드컴퓨팅 활성화 계획, 2015.

클라우드는 인터넷 기술을 활용하여 '가상화된 IT 자원을 서비스'로 제공하는 컴퓨팅으로, 사용자는 IT 자원(소프트웨어, 스토리지, 서버, 네트워크)을 필요한 만큼 빌려서 사용

하고, 서비스 부하에 따라서 실시간 확장성을 지원받으며, 사용한 만큼의 비용을 지불하는 컴퓨팅을 말한다.⁴⁾ 서비스 형태에 따라 SaaS(Software as a Service), PaaS(Platform as a Service), IaaS(Infrastructure as a Service)와 SaaS, PaaS와 IaaS 가 혼합된 통합된 형태의 서비스가 있다.

다. 빅 데이터(Big Data)

현시대는 데이터의 쓰나미(Tsunami) 시대로 2020년에는 44.4ZB⁵⁾정도의 DATA가 생겨날 예정(IDC 2014)이며 대부분은 비정형 데이터로 전망되고 있다. 2015년에는 88%의 데이터가 비정형 데이터로 생성되어 데이터 증가가 Moore의 법칙을 벌써 추월하였다. 참고로 우리가 사용하는 컴퓨터의 정보표현단위는 컴퓨터가 표현할 수 있는 2진수로 과거에 단위가 작았을 때는 10진수 단위와 별 차이가 없었지만 지금 사용되고 있는 단위는 10진수와 2진수 단위가 약 10% 이상 차이 나는 것을 알 수 있다.



〈그림 8〉 데이터 증가가 무어의 법칙 추월

출처: A Few Cores to Many: A Tera-scale Computing Research Overview, ESG Digital Archive Market Forecast(Oracle)

빅 데이터(Big Data)는 일반적 DBMS(Database Management System)가 저장, 관리, 분석할 수 있는 범위를 초과하는 데이터라고 정의되며, Gartner⁶⁾는 빅 데이터(Big

4) 민욱기 외 2인, “클라우드컴퓨팅 기술 동향”, 전자통신동향분석 제 24권, 제 4호, 2009.

5) ZB는 데이터의 단위로 1024⁷의 크기를 나타냄.

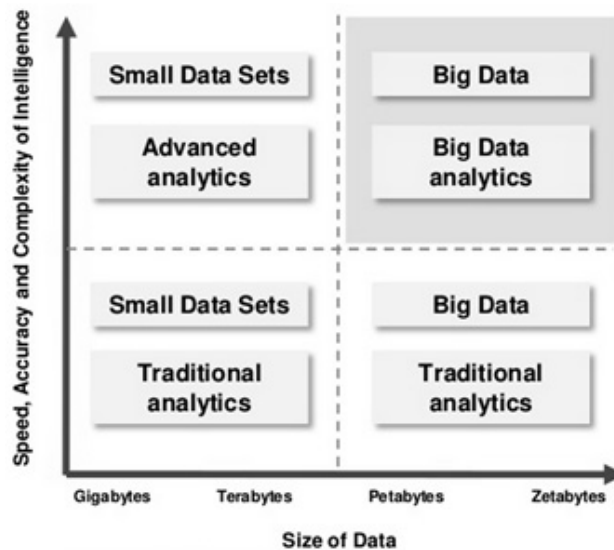
6) "Top 10 Strategic Technology Trends for 2013", Special Report, 2012, <http://www.gartner.com>

Data)를 향상된 시사점과 더 나은 의사 결정을 위해 사용되는 비용 효율이 높고, 혁신적이며, 대용량, 고속 및 다양성을 특성으로 가진 정보 자산으로 보고 있다. 즉, 빅 데이터(Big Data)는 기존 관리 및 분석 체계로는 감당할 수 없을 정도의 거대한 데이터의 집합으로, 규모(Volume)가 크고 다양(Variety)하며 생성 속도(Velocity)가 빠른 데이터를 말한다. 최근에는 가치(Value)와 진실성(Veracity)을 포함하여 5V로 얘기하기도 한다.

〈표 1〉 빅 데이터의 특성

| 특 성 | 내 용 |
|------------------|---------------------------|
| 대규모 데이터(Volume) | 대량의 데이터를 처리할 수 있는 분석기술 |
| 다양성 (Variety) | 양적인 데이터와 질적인 데이터 결과 산출 기술 |
| 생성 속도 (Velocity) | 실시간 서비스 제공을 위해 요구되는 빠른 속도 |

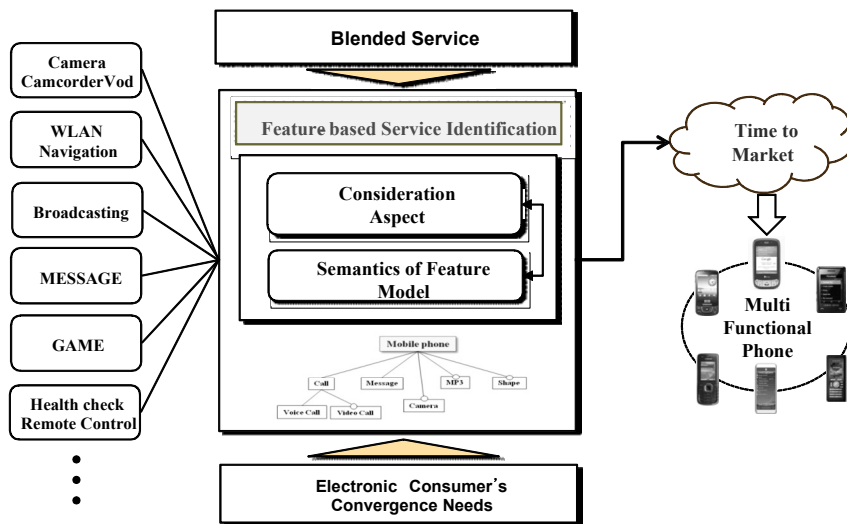
빅 데이터(Big Data) 기술의 궁극적인 목적은 방대한 데이터를 분석하여 필요한 목적과 용도에 따라 가공하여 새로운 결론을 도출하고 정보의 의미를 새롭게 하는 것이다. 이는 빅 데이터(Big Data) 분석을 통해 기존의 분석으로 향후 일어날 일을 예측하고 대응할 수 있는 것을 의미한다.



〈그림 9〉 데이터 크기와 속도, 정확성, 복잡도의 관계

라. 모바일(Mobile)

모바일은 그 의미처럼 특정장소에 얽매이지 않고 이동성을 가지면서 서비스 제공하는 수단이다. 스마트폰과 태블릿과 같이 이동 중 사용이 가능한 컴퓨팅 환경을 의미한다. 하지만, 제4차 산업혁명 시대의 모바일은 스마트폰, 태블릿 자체에만 한정된 기술을 의미 하는 것이 아니라 서비스를 제공하는 경로이다. 모바일은 스마트 자동차, 스마트워치, 스마트 홈 등 최종 사용자에게 정보를 제공한다. 자율주행자동차는 센서로 부터 모은 정보를 클라우드에 저장하고 빅 데이터(Big Data)로 분석해 최적의 경로로 운행하여 사용자에게 서비스를 제공한다. 이때 사용자가 서비스를 제공 받는 서비스 경로가 모바일이 되는 셈이다. 마치 단말기와 같은 역할을 하는 것이다. 대부분의 현대인들이 가장 친근하게 사용하고 있는 전자기기이며, 센서와 데이터 처리, 정보전송 등 다양한 컴퓨팅 환경을 제공가능하다.



<그림 10> 모바일과 모바일 서비스

출처: Dongsu Kang, "A classification method of commonality and variability for mobile services," International Journal of software engineering and its applications(IJSEIA), Vol.10, No.3, pp.119-129, (2016)

마. 보안(Security)

사물들이 연결되고, 다양한 시스템들이 연결된 네트워크화 된 체계가 많아질수록 사이버 공격의 취약성은 증대되며, 사이버 위협 및 공격 등에 대한 대응 능력이 시급히 요구되고 있다. 네트워크화 된 체계를 대상으로 한 사이버 위협은 일반분야에서 뿐만 아니라 무

기체계를 무력화시킴으로써 국가안보에 치명적인 영향을 줄 수 있다. 2007년 9월 이스라엘 해커부대는 시리아 대공 감시 통합망에 악성코드를 주입하여 시리아는 전투기를 탐지하지 못하고 폭격을 당한 사건은 대표적인 전쟁에서의 무력화 사례이다.⁷⁾ 또한, GPS 재밍(Jamming)이나 스푸핑(Spoofing)과 같은 소프트웨어 공격은 소프트웨어 보안의 중요성을 강조하고 있다.

이러한 사이버 위협을 감소시키기 위해서는 네트워크 보안과 더불어 소프트웨어 개발단계에서부터 개발보안이 고려되어야 한다. 왜 소프트웨어가 암호, 접근제어, 프로토콜 만큼이나 중요한가 생각해 보면, 모든 정보보안은 시스템을 구현한 소프트웨어에서 일어난다. 만약 소프트웨어가 공격받기 쉽다면 보안도 쉽게 침해될 것이며, 암호, 접근제어, 프로토콜이 우수한 것과는 무관하게 소프트웨어 보안은 중요하다.

소프트웨어는 보안성은 비기능 요구사항의 하나로 규정되어 소프트웨어 개발주기 전체에 적용되지 못하고 있다. 소프트웨어 개발기간동안 생산되는 일부 산출물에 보안 관련사항이 기술되어 있지만 산출물 검토 시 고려사항으로 확인하고 있어 분명한 한계가 있다.

소프트웨어는 자신이 사용하는 데이터를 보호하고 소프트웨어 자체에 대한 보안기능을 제공하도록 소프트웨어 개발 프로세스에 소프트웨어 개발 보안을 고려하여 요구사항이 분석되어, 아키텍처가 그려지고, 그 아키텍처를 바탕으로 설계, 구현되고 테스트 되어야 한다. 구현 단계에서 보안 취약점을 이해하고 설계와 코드 작성을 연계하여 구현하는 개발자의 능력에만 의존해 보안성을 높이려는 방법은 구현 단계에서 어떤 보안 취약점이 발생할지 예측할 수 있는 개발자가 많지 않기 때문에 무기체계 소프트웨어 개발 프로세스와 연관된 적용 가능한 보안 규칙과 기법을 제시해 무기체계 소프트웨어 개발 주기 동안 보안성을 높여야 한다. <표 2>는 소프트웨어 개발 산출물에 따른 보안 요소이다.

<표 2> 소프트웨어 개발 보안 요소

| 산출물 | 보안 요소 |
|---------------|------------------------------------|
| 소프트웨어요구사항 명세서 | 보안 요구사항이 기술되었는지 여부 확인 |
| 데이터베이스설계 기술서 | 데이터베이스 보안(자료보안, 접속보안, 접근제어) 관련사항 등 |
| 체계운영자지침서 | 체계 구조(주장비, 단말기, 네트워크, 보안체계, SW 구성) |
| 사용자지침서 | 체계 구조(주장비, 단말기, 네트워크, 보안체계, SW구성) |

7) 강동수, 무기체계 소프트웨어 발전 방안, 국방대학교 교수논총, 2017.

소프트웨어 보안 문제를 해결하려는 노력과 연구는 지속되고 있지만, 여전히 문제점은 발견되고 있다. 소프트웨어 보안문제가 증가하는 이유를 소프트웨어의 연결성(Connectivity), 확장성(Extensibility), 복잡성(Complexity)으로 들고 있다. 어떤 이유이건 소프트웨어가 가지는 취약점(Vulnerability)은 줄어들지 않으며, 공격자가 이를 이용할 수 있다. 이러한 취약점은 단지 구현단계에서 생기는 것이 아니라 요구사항을 분석하고, 설계, 구현, 테스트하는 전 과정에서 찾지 못할 수 있으므로 전체 개발주기 동안 보안에 대한 고려가 있어야 한다. 취약점(Vulnerability)은 시스템에 있는 해커가 직접적으로 사용할 수 있는 결함이나 실수로 이러한 취약점들이 소프트웨어 약점(Weakness)이 된다.

이러한 취약점들은 CVE(Common Vulnerabilities and Exposures), 약점은 CWE(Common Weakness Enumeration)에 리스트가 유지되고 있다. CVE와 CWE에서 제공하는 취약점과 약점은 ID나 해당연도, 키워드 검색으로 찾을 수 있다. CVE는 MITRE사가 유지하고 있으며, 버퍼 오버플로우, 크로스 사이트 스크립팅 등 표준대로 하나의 취약점에 하나의 이름을 지정하고, 다른 벤더들에 의해 식별된 동일 취약점은 같은 CVE를 가진다. CWE는 소프트웨어에서 나타날 수 있는 보안약점이 발견되면 등록하여 소프트웨어 보안약점이 표준화 된 목록으로 유지된다. CWE는 보안 약점을 구조화하여 정보를 제공하고 ID로 식별되는 각 보안약점은 이름, 식별번호, 보안약점, 공격 방법들에 대한 정보를 제공한다. 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)는 CVE와 협력하여 NVD(National Vulnerability Database)를 만들어 운영하고 있다. CVE에서 제공하는 정보는 NVD에서 US-CERT/NIST의 분석을 기반으로 영향과 참고 주의, 해결책과 도구를 제공하고 있다.

CWE-659: Weaknesses in Software Written in C++

| Weaknesses in Software Written in C++ | | |
|--|-------------------|-------------|
| View ID: 659 (View: Implicit Slice) | Status: Draft | |
| View Data | | |
| View Objective | | |
| This view (slice) covers issues that are found in C++ programs that are not common to all languages. | | |
| View Filter: //Applicable_Platforms//@Language_Name='C++' | | |
| View Metrics | | |
| | CWEs in this view | Total CWEs |
| Total | 85 | out of 1004 |
| Views | 0 | out of 33 |
| Categories | 3 | out of 244 |
| Weaknesses | 81 | out of 719 |
| Compound_Elements | 1 | out of 8 |

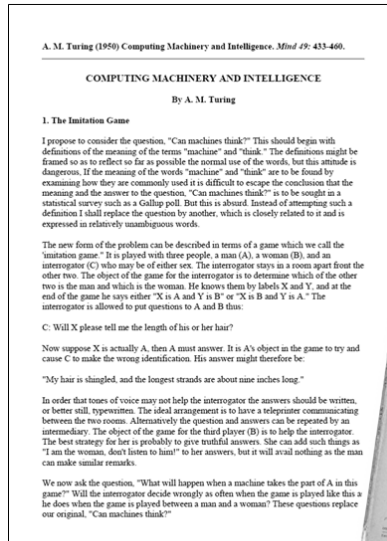
〈그림 11〉 CWE-659 (C++)

| | |
|--|--|
| CVE-ID | |
| CVE-2016-4018 | Learn more at National Vulnerability Database (NVD) • Severity Rating • Fix Information • Vulnerable Software Versions • SCAP Mappings |
| Description | |
| The Data Provisioning Agent (aka DP Agent) in SAP HANA does not properly restrict access to service functionality, which allows remote attackers to obtain sensitive information, gain privileges, and conduct unspecified other attacks via unspecified vectors, aka SAP Security Note 2262742. | |
| References | |
| Note: References are provided for the convenience of the reader to help distinguish between vulnerabilities. The list is not intended to be complete. | |
| <ul style="list-style-type: none"> MISC:https://erpscan.com/press-center/blog/dos-vulnerabilities-on-the-rise-sap-security-notes-april-2016/ | |
| Date Entry Created | |
| 20160414 | Disclaimer: The entry creation date may reflect when the CVE-ID was allocated or reserved, and does not necessarily indicate when this vulnerability was discovered, shared with the affected vendor, publicly disclosed, or updated in CVE. |
| Phase (Legacy) | |
| Assigned (20160414) | |
| Votes (Legacy) | |
| Comments (Legacy) | |
| Proposed (Legacy) | |
| N/A | |
| This is an entry on the CVE list , which standardizes names for security problems. | |
| SEARCH CVE USING KEYWORDS: <input type="text"/> <input type="button" value="Submit"/> | |
| You can also search by reference using the CVE Reference Maps . | |
| For More Information: cve@mitre.org | |

〈그림 12〉 CVE 2016-4018

제2절 인공지능(Artificial Intelligence) 기술

인공지능(Artificial Intelligence)은 말 그대로 인간의 지능을 인공적으로 만들어내는 것으로 많은 학자들이 다르게 정의하고 있지만, 인간의 사고와 행동을 모방한다는 공통점은 가지고 있다. 이러한 컴퓨터나 기계가 가진 지능이라는 개념은 엘렌튜닝(1912-1954)이 자신의 1950년 논문 'Computing Machinery and Intelligence(1950)'에서 이미테이션 게임이라는 방법을 제안하여 지능을 측정할 수 있는 방안을 제안하고 기계가 생각할 수 있는가("Machine can think?")라는 질문을 던졌다.



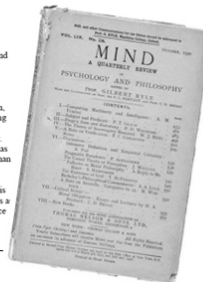
Can machines think?

Imitation Game

- (A) a man → machine
- (B) a woman
- (C) an interrogator



(1912~1954)



<그림 13> 앨런튜링과 이미테이션 게임

인공지능 범위와 기술 분류도 정의의 못지않게 기술을 바라보는 관점, 배경, 목적에 따라 다양하게 분류된다. 전통적으로 이론지능, 추론지능, 감각지능으로 분류하여 지능분류에 따른 세부기술로 분류하고 있다. 이세돌의 바둑 대국으로 유명세를 탄 딥마인드 알파고의 학습(Learning)도 갑자기 생겨난 기술이라기보다는 예전부터 연구되어 오던 분야이며, 최근 딥러닝(Deep Learning)과 강화학습이 많은 주목을 받고 있다.



<그림 14> 전통적인 인공지능 기술 분류

Stuart Russell and Peter Norvig⁸⁾에 따르면 Thinking Humanly, Acting Humanly, Thinking rationally와 Acting rationally로 구분하여 인간의 지능을 묘사하려는 방법들을 정의하고 있다. 이러한 4가지 목록화한 인공지능의 정의를 볼 때 현대사회에서 바라보는 인공지능은 주로 Thinking Humanly와 Acting Humanly로 압축될 수 있다.

일반적인 인공지능은 Acting Humanly, 즉 사람처럼 행동하게 하는 부분에서 인공지능을 의미하며, 기계로 사람이 행동하는 것과 유사하게 접근하겠다는 방식으로 인간처럼 생각하고자 하는 것이 아니라 인간처럼 행동하는데 초점이 맞춰있기 때문에 지능과는 거리가 멀 수도 있지만, 실질적으로 중요한 문제들을 해결하는데 가장 유용한 방식으로 알려져 있다.

〈표 3〉 인공지능 분류

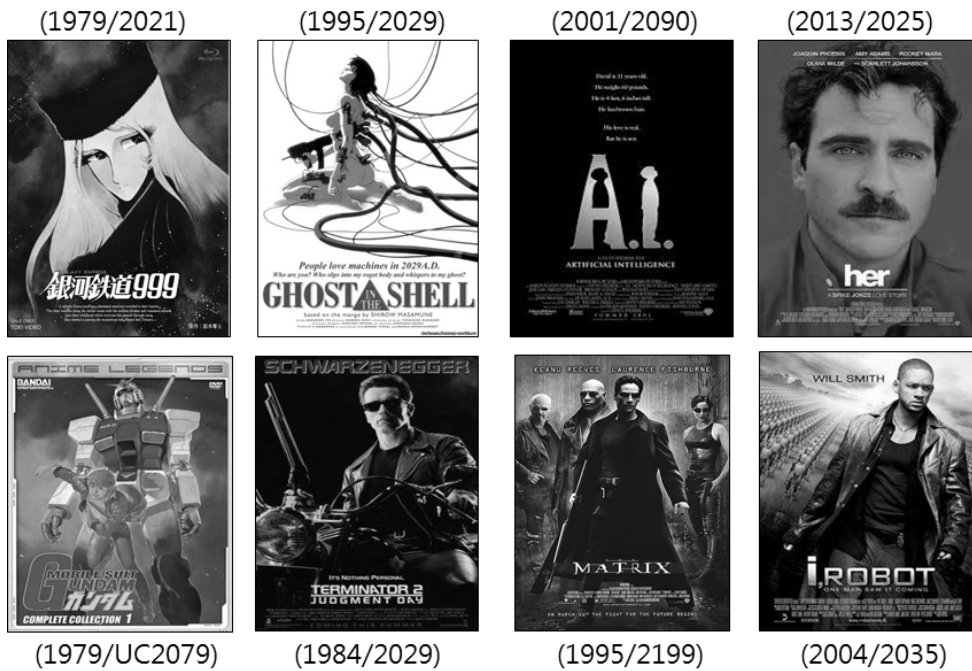
| | |
|---|--|
| <p>Thinking Humanly</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 인지과학 (cognitive science) ✓ 인지모델링 (cognitive modeling) | <p>Thinking Rationally</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 사고의 법칙 (Laws of thought) ✓ 논리 (Logic) |
| <p>Acting Humanly</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Turing Test 관점 ✓ 자연언어처리 (NLP) ✓ 지식 표현 (KR) ✓ 자동 추론 (Automated Reasoning) ✓ 기계 학습 (Machine Learning) ✓ 컴퓨터 비전 (Computer Vision) ✓ 로봇 (Robotics) | <p>Acting Rationally</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 주어진 환경에서 최선의 행동을 추구 |

인간은 인공지능을 가진 자신을 닮은 기계를 만들고자 하는 생각을 가지고 있으며 여러 생각은 영화의 중요한 소재로 사용 및 등장하고 있다. 이러 종류의 영화들을 통해 보면 현재의 기술로 구현 불가능한 경우도 있지만, 사람들의 상상력과 인공지능의 발전이 사람들에게 미치는 영향에 대해 생각해 보게 한다.

2017년에 개봉한 공각기동대는 1995년 애니메이션을 기반으로 실사 영화이다. 영화의

8) Stuart Russell and Peter Norvig, "Artificial Intelligence: A modern approach", The third edition, Pearson Publisher, 2010.

영어 제목은 Ghost in the shell로 shell은 컴퓨터에서 인터페이스 역할을 하는 부분으로 직역하면 인터페이스에 있는 고스트를 의미한다. Ghost in the machine이라는 책도 있는 것으로 보아 기계나 셸에 영혼이 따로 존재한다고 믿는 세계관을 바탕으로 한다. 배경이 되는 2029년은 몸은 기계이고 전자뇌를 가져 뇌가 해킹도 가능한 여러 모습이 묘사되고 있다. 여러 영화에서 보여 지는 인공지능의 다양한 모습들은 아래의 그림과 같으며, 이를 응용한 방법들을 고려하면 국방 분야에 다양한 방안들을 제안할 수 있을 것이다.



〈그림 15〉 영화에서 묘사되는 인공지능

제3장 ICBMS와 인공지능 기술의 활용 분야

제1절 ICBMS 기술 활용

1. ICBMS 활용

가. 사물인터넷(IoT 활용)

가전제품, 휴지통, 조명 등 다양한 분야에서 사물들이 인터넷에 연결되고 있다. 성공적인 사례들을 몇 가지 살펴보면 미쉐린(Michelin)은 안전과 편의를 위해 센서를 부착해 타이어 마모상태, 공기압, 차량운행 등의 정보를 수집·전송하고 수집된 정보를 기반으로 차량 정비, 타이어 교체, 운전습관 관리 등의 관리 서비스를 제공하는 스마트타이어(Smart Tire) 서비스를 제공하고 있다. 주행 중인 타이어가 펑크가 나기 전에 타이어 공기압 정보를 운전자에게 알려주거나 노면조건을 감지하여 안전과 편의를 제공해 주고 있다. 비행기, 트럭, 채굴장비 등의 사업자들에게 서비스를 제공하며 타이어 판매를 넘어 타이어 관리 서비스 제공에 집중하고 있다.



〈그림 16〉 미쉐린의 스마트 타이어

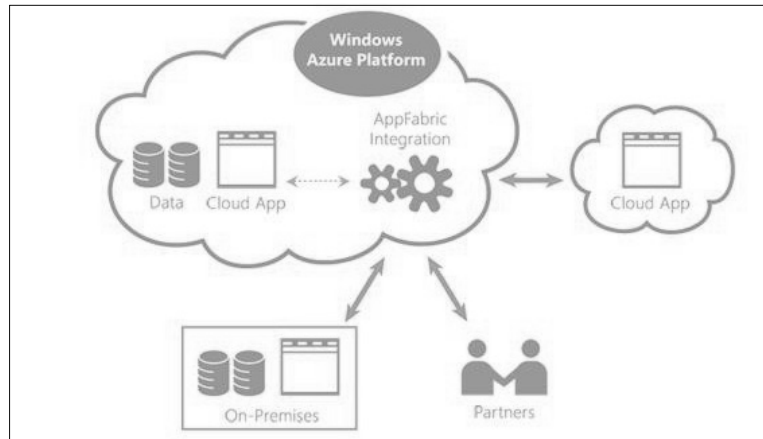


〈그림 17〉 바로셀로나 스마트 시티

스마트 시티를 표방한 스페인 바르셀로나는 가로등, 쓰레기통 등에 사물인터넷(IoT)를 도입하여 관광도시에서 스마트 시티로 적용한 사례도 있다. 인구 밀집도에 따라 조명 세기를 조절하여 전력을 절감하여 효과를 높이고 쓰레기 무게 측정 후 수거를 결정하여 수거비용을 절감하기도 한다.

나. 클라우드 서비스

미국은 기업이 창업 시 초기 투자비용 감소를 위해 클라우드 서비스를 이용하는 린 스타트업 (Lean Startup) 방식을 채택하여 사용하고 있다. 대표적인 숙박시설 예약 및 공유업체인 에어비엔비(Airbnb)는 2008년 창업하여 아마존의 클라우드 서비스를 사용하고 있다. 숙박시설을 전혀 보유하지 않고 공유경제 개념을 적용하여 서비스가 가능한 것은 이러한 클라우드 컴퓨팅 서비스가 있기 때문이다. 디지털 콘텐츠를 공유하는 핀터레스트(Pinterest), SNS 스냅챗(Snapchat) 등이 이러한 방식으로 업무에 클라우드컴퓨팅을 적사용하고 있다.



〈그림 18〉 마이크로소프트 애저 클라우드 서비스

우리나라에서도 최근 핀테크의 하나인 온라인 은행들이 생겨나고 있으며 소비자 반응은 폭발적인데, 영국의 모바일 은행인 스타링뱅크(Starling Bank)는 2015년 설립이후 오프라인 점포와 물리적 시스템 없이 은행을 운영하기 위한 필요한 소프트웨어를 클라우드에서 이용하여 기존 영국 대형 은행들의 손이 닿지 않았던 서비스 영역에 서비스를 제공하고 있다. 마이크로소프트는 애저(Azure)라는 클라우드 서비스를 제공하여 IaaS, PaaS 서비스를 지원하고 있다. 이를 통해 클라우드의 이점인 환경구축, 데이터 처리, 소프트웨어 개발 등의 업무를 지원한다.

다. 데이터 기반 미래예측

빅 데이터와 머신러닝을 활용해 미래를 예측하고, 문제 해결에 기여를 할 것으로 기대하고 있는 가운데 사이언스(2017. 2.)는 여론조사 방식과 대량 데이터를 분석한 예측이 모두

실패한 미국 대선결과를 계기로 미래예측의 한계와 가능성에 주목하고 예측방법 개선과 유의미한 데이터가 풍부해짐에 따라 지금보다 더 정확한 예측 할 것으로 확신하고 있다.9)



〈그림 19〉 미래 예측

출처 : http://www.hisb.hr/en_US/foresight-info/

사이언스는 6개 분야에서 현안과 이슈 해결을 위한 예측 사례를 제시하고, 시사점을 도출하였다.

- ① 미 대통령 선거 결과 예측 (여론조사, 데이터 기반)
- ② 무력충돌 예측 (머신러닝/신경망 분석 통해 태국 쿠데타)
- ③ 과학적 예측 (빅 데이터 분석 통해 미래연구 분야 통찰)
- ④ 정책 예측 토너먼트 (우승 알고리즘이 30% 예측력 높음)
- ⑤ 의사결정 (뉴욕시 소방관 효율적 배치)
- ⑥ 사회과학 (예측관련 연구품질 향상 및 이론적 설명 강화)

2. ICBMS 기술 융합

가. 사물인터넷과 모바일을 활용한 스마트 홈 서비스

사물인터넷이 내장된 가전제품을 스마트 TV, 스마트폰과의 연결을 확대하여 스마트홈으로 변화하고 있다. 스마트가전은 집안에 연결되어 있는 가전제품의 상태를 스마트폰으로 확인하고 컨트롤 할 수 있다. 스마트홈의 개념은 오래전부터 있었지만, 사물인터넷(IoT) 기술과 스마트폰의 발달로 더욱 발전하여 다양한 서비스를 제공해 주고 있다.

9) 2017년 2월 사이언스지, Prediction and its Limitations.

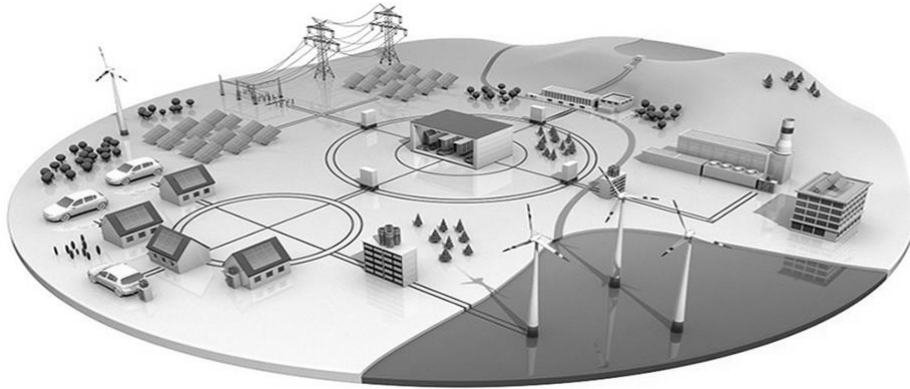


〈그림 20〉 삼성전자 스마트 냉장고

국내 삼성전자의 스마트 냉장고는 디스플레이와 앱을 통해 사야할 식재료를 냉장고 디스플레이의 쇼핑리스트 앱에 올리면 핸드폰에서 동일한 내용이 업데이트 되어 식재료를 구입할 때 필요한 제품만 고를 수 있는 쇼핑리스트 기능을 제공한다.

나. 스마트 그리드(Smart Grid)

기존 전력망(발전-송전-배전-판매)에 ICBM을 융합한 기술을 스마트 그리드라고 한다. 스마트 그리드는 ICBM을 활용해 전력공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 전력과 요금 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 높일 수 있다. 전력공급자는 공급할 수 있는 전력의 양에 따라 요금을 달리해 사용자들의 전력사용을 유도할 수 있다. 전력 공급자들은 만일의 사태에 대비해 여분전력을 생산해 두지만 이후 사용되지 않은 예비전력들은 대부분 버려진다. 스마트 그리드를 도입하면 전력공급이 부족할 때 요금을 높게 책정해 사용자들이 전력사용을 줄일 수 있도록 유도하고, 여분으로 생산되는 전력량을 줄일 수 있다.

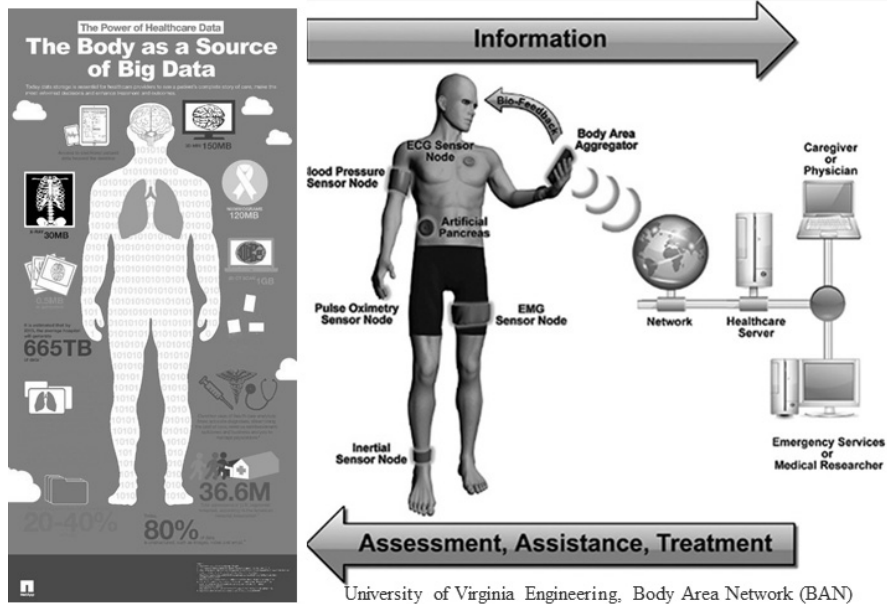


〈그림 21〉 스마트 그리드

출처: 3M Smart Grid 홈페이지(Connected, Efficient and Sustainable Energy)

다. 웨어러블 컴퓨터(Wearable Computer)

사물인터넷을 건강에 활용하고 있는 다양한 헬스케어 웨어러블 컴퓨터는 사물인터넷과 결합하여 실시간으로 몸 상태를 체크하고 빅 데이터 분석을 통해 진단할 수 있다. 이를 위해 다양한 웨어러블 기기들이 개발되고 있다. 스캐나두 스카우트(Scanadu Scout)는 기기를 약 10초간 이마에 대고 있으면 심박수, 피부온도, 심부체온, 혈중효소포화도, 호흡수, 혈압, 심전도, 정서적 스트레스 등의 7가지 항목의 측정이 가능하며, 측정된 데이터는 스마트폰에 송신되는 장치이다. 뇌파(EEG) 감지 센서를 통해 알츠하이머성 치매 환자 뇌에서 특이점을 찾아내고 치매를 치료하는 와이브레인 'Y밴드', 깔창에 센서가 부착되어 있어서 사용자의 하중 분포와 움직임의 패턴, 발의 온도까지 실시간으로 측정하고 측정된 모든 데이터를 USB 메모리 스틱에 자동 저장하여 정확한 건강관리와 습관 교정에 활용하는 모션 오픈고(OpenGo) 등 다양한 제품들이 개발되고 있다.

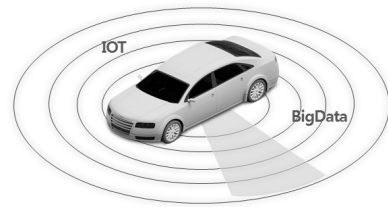


〈그림 22〉 개인 건강 모니터링과 빅 데이터 분석

라. 커넥티드 자동차(Connected Car)

사물인터넷(Iot)과 빅 데이터 기술이 결합된 자동차로써 더 많은 ICBMS 기술의 결합으로 다른 차량이나 교통 및 통신 기반 시설과 무선으로 연결되고, 위험 경고, 네이게이션, 원격 제어 등의 서비스뿐만 아니라 다양한 스마트 서비스가 가능하다. 커넥티드 자동차는 자율주행, 무인차, 스마트카도 넓은 의미에서 커넥티드카에 포함되며 대표적으로 구글이 추진하고 있는 자율주행차를 들 수 있다. 구글카로 불리는 이 자동차는 초당 1기가의 빅 데이터 분석을 통해 상황을 판단하고 있다.

이러한 커넥티드 자동차는 다양한 벤드에서 개발하고 있다. 벤츠는 차선 변경, 코너링 등 주행 우수 기술 기반으로 '퓨처트럭 2025' 무인트럭 공개하였으며, 중국, 일본도 빅 데이터와 사물인터넷(IoT) 기술을 활용하여 무인자동차 개발에 힘쓰고 있다. 또한, 커넥티드 자동차는 스마트홈과 연계하여 진화하고 있다. MWC 2016에서 AT&T는 스마트카와 스마트홈을 연계 서비스를 선보여 호평을 받았으며, 차 안에서 CCTV 영상 체크, 도어락 개폐, 방온도 조절, 조명 온/오프 등을 제어할 수 있는 기능을 제공하고 있다.



〈그림 23〉 진화하는 커넥티드 자동차

제2절 인공지능(Artificial Intelligence) 기술 활용

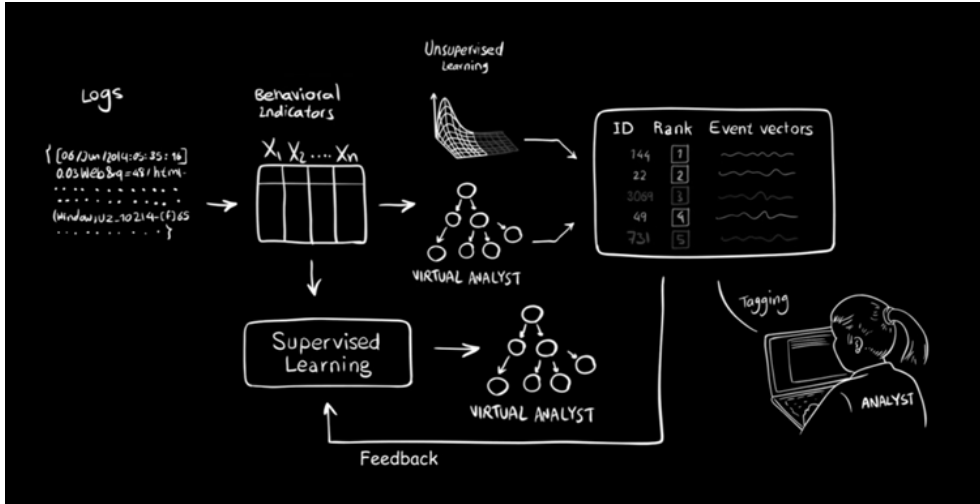
전 세계적으로 인공지능 기술을 활용한 무인자동차, 무인항공기, 무인로봇 등 다양한 분야에서 무인장비들이 선보이고 있으며, 이러한 무인장비들은 단순히 인간의 지능을 모방하고 행동을 대신하는 기계라기보다는 인간과 같이 스스로 인식하고 판단하는 기술이 바탕이 되어 발전하고 있다. 이러한 과학기술 패러다임의 변화와 기술의 첨단화 및 발전으로 인해 무인화 기술 분야도 많은 성장과 발전을 거듭하며 다양한 분야에서 사용되고 있다.

사회 전반에 걸쳐 인공지능 기술은 딥러닝을 이용한 예측과 판단뿐만 아니라 무인기술들을 이용하여 고위험, 고중량, 고정밀 작업과 인간 회피 작업 분야에 활발하게 사용되고 있다. 또한, 알파고의 출현으로 대중의 관심과 인공지능 열풍을 일으켰던 딥러닝은 기존의 학습기술이 업그레이드 된 것이다. 인간 뇌의 동작 방식을 모방한 학습은 신경회로망, 뇌공학, 딥러닝 등 다양한 기술의 기본 개념이 된다.

가. AI2 사이버 플랫폼

MIT 컴퓨터 과학 및 인공지능 연구소(Computer Science and AI Lab.)는 이러한 학습 기술을 이용하여 AI²(AI-driven Predictive Cybersecurity Platform)라는 시스템 개발을 통해 사이버 공격의 85%를 감지할 수 있는 인공지능 시스템 개발하여, 잘못 측정할 확률을 감소시키고 공격 예방 능력을 3배 향상시킨 인공지능 플랫폼을 개발했다고 밝혔

다. 기존의 Unsupervised Learning 기법에 분석자의 Supervised Learning이 추가되어 사이버 공격을 막는 역할을 한다.



〈그림 24〉 AI² : AI-driven Predictive Cybersecurity Platform

출처: MIT 컴퓨터 과학 및 인공지능 연구소(Computer Science and AI Lab.)

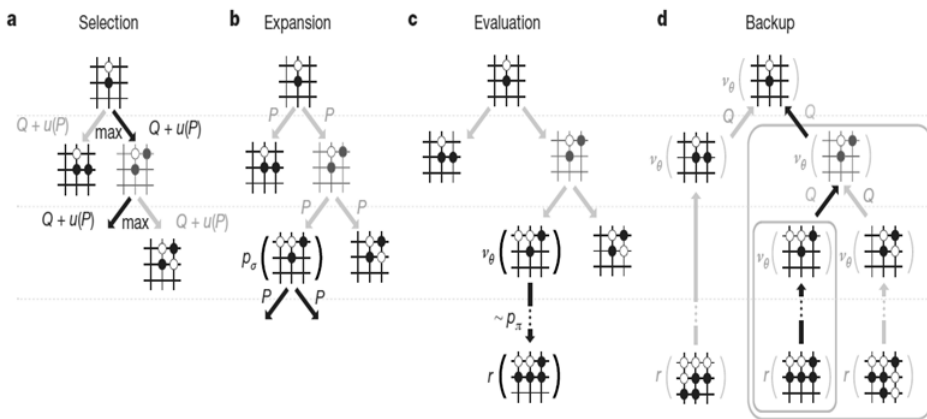
나. 학습 알고리즘 활용

학습 알고리즘 중 하나인 딥러닝은 복잡한 환경, 다양한 빅 데이터, 다양한 예측 및 분석 등이 필요한 환경에 적합한 알고리즘이다. 딥러닝은 전처리 과정상 클러스터링(Clustering)¹⁰⁾하는 방식으로 노이즈를 없앤 후 튜닝하는 방법을 사용한다. 또한 데이터나 패턴 공간을 자유롭게 구부리고 휘고 조절하는 알고리즘을 사용함으로써 보다 효율적이고 빠르게 패턴을 분류하고 예측할 수 있는 장점이 있다. 딥러닝은 데이터 분류나 식별 등의 기계학습영역에서 사용하던 기존의 인공신경망이론의 한계인 특징점 추출의 어려움을 제거함으로써 기존의 한계를 넘어선 새로운 기술로 인식되고 있다.

이러한 딥러닝 기술을 활용하여 전문 바둑기사들의 패턴을 학습한 알파고는 프로기사가 1년에 1000번 정도 대국한다고 가정할 때, 프로기사가 1000년에 걸쳐서 학습해야 할 데

10) 클러스터링은 기계학습에 사용할 학습 데이터에 클래스나 Label이 존재하지 않는 상태에서 학습을 하고, 데이터들을 군집함으로써 새로운 Query가 발생할 경우 그 그룹을 찾아내는데 그 목적을 두고 있다.

이터를 알파고는 단 5주 만에 학습한 것이다. 알파고에서는 몬테카를로 트리 탐색의 무작위 방법 대신 Fast Rollout Policy를 학습하여 적용으로써 빠르게 다음 수를 예측하여 게임 종료시점까지 시뮬레이션하는 정책을 사용하였다. 덤리닝 기반의 정책보다 정확도는 떨어지나 계산에서 약 150배정도 빠른 방법이다. 전체적인 바둑상태가 아닌 3x3의 국소적인 위치로부터 다음 수를 예측하는 방법이다. 기술이나 기법은 의도하는 목적과 결과에 맞추어 테일러링하여 사용하여 최대의 효과를 내는 것이 현명한 선택이다.



〈그림 25〉 알파고의 몬테카를로 트리 탐색

출처: Silver, D. et al., "Mastering the game of Go with Deep neural networks and tree search," Nature vol 529, pp. 484-489, 28 Jan 2016.

다. 무인화(로봇) 기술

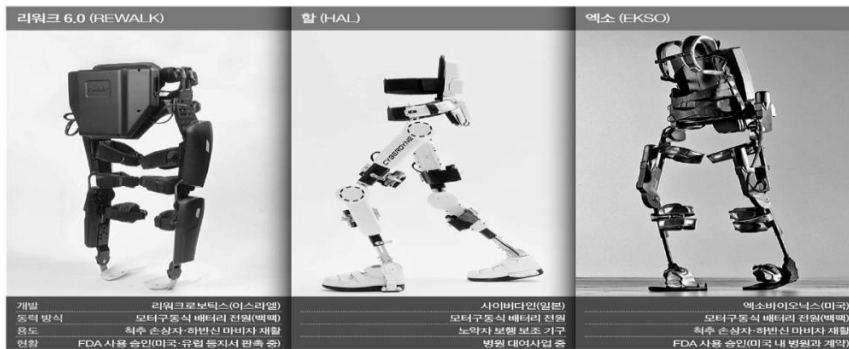
무인화 기술이란 인간의 행동을 모방해서 운용 요원 없이 스스로 움직이도록 해주는 기술이며, 현재 무인화 기술의 개발 전략, 연구 개발 투자 등의 연구 개발 및 기술 발전이 두드러진 모습을 보이고 있다. 무인화는 곧 사람의 일을 자동화 하는 것으로 다양한 형태의 로봇들이 이용되고 있다. 대표적인 무인화 기술은 운전자 없이 스스로 주행하는 무인자동차 기술을 들 수 있다. 자율주행 기술을 기반으로 운전대와 브레이크가 없이 자체적으로 자율주행 가능하도록 기술 개발하고 있다. 무인자동차 시스템을 구성하는 기술은 가속기, 감속기와 조향장치를 무인화하기 위한 하드웨어와 소프트웨어를 개발하고 자율 주행을 위한 영상정보를 받아들이는 카메라와 초음파 센서, 이를 분석하는 통합관제 시스템과 운행감

시 기술이 필요하다. 대표적인 구글카는 운전이 필요한 다양한 정보를 해석해 의사결정을 내리며, 주행시험을 계속 진행하고 있다.



〈그림 26〉 구글카

또한 의료·산업용 로봇의 개발이 빨라지고 있다. 웨어러블 로봇은 외골격 로봇(exoskeleton)으로 곤충의 껍질처럼 사람을 둘러싸고 몸을 지탱해 준다. 이는 사람의 근력을 향상시키거나 빨리 움직일 수 있도록 도와준다. 대표적으로 의료분야에서 하반신 마비환자가 걸을 수 있도록 도와주는 자율주행 보행보조 로봇 등 웨어러블 형태의 로봇들이 많이 개발되고 있다.



〈그림 27〉 상용화 의료로봇 (출처: 중앙일보(2016.7.5.일자))

제4장 ICBMS와 인공지능의 국방 활용과 국가안보 발전 방안

제1절 ICBMS + AI의 국방 활용 방안

1. ICBMS의 국방분야 활용

가. 미래 전장환경의 변화¹¹⁾와 예측

정보기술의 발달로 전장에 있는 모든 요소들을 네트워크로 연결하여 전장상황을 공유하고, 전력의 기능을 통합화하는 네트워크 중심환경은 우리 군의 현대전 양상 및 미래전 환경에 대비한 군사력 발전 방향으로 인식되고 있다.

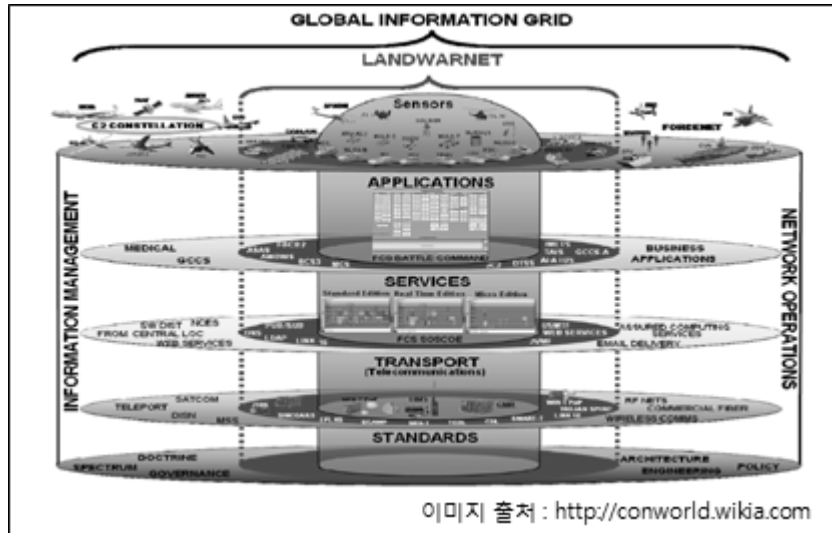
전통적으로 ICT 자원이나 소프트웨어 기반 능력은 네트워크 중심의 통합된 형태가 아니라 플랫폼이나 시스템 그 자체로서 획득되고, 관리되어 왔다. 그래서 다른 시스템이나 플랫폼의 개발 시 기존의 시스템간의 상호운용성(Interoperability)을 고려하여 상호운용성 수준¹²⁾에 따라 개발되어 오고 있다. 이는 임무 능력보다는 시스템이나 플랫폼의 능력에 집중한 접근 방법으로 많은 중복된 기능 구현과 정보 공유 능력의 제한을 야기하고 있다.

이를 해결하기 위해 네트워크로 연결된 소프트웨어 기반의 서비스를 식별하여 특정 임무기능을 구현하는 방법이 필요하다. 이러한 개발을 위해 네트워크 중심 서비스(NCS: Net-Centric Service)와 서비스 기반 아키텍처(SOA: Service-oriented Architecture)를 도입하여 네트워크 중심 환경으로의 변화가 요구된다. 서비스 기반 아키텍처는 소프트웨어 시스템을 느슨하게 연결된 서비스끼리 상호 협업하는 집합으로 소프트웨어 시스템을 개발하는 아키텍처이다.¹³⁾ 가장 대표적인 형태가 우리가 매일 사용하는 웹서비스이다.

11) 강동수, 무기체계 SW 발전방안, 국방대학교 교수논총, 제24권 2호, 2016에 수록된 내용을 바탕으로 일부 수정 및 편집함.

12) 체계 또는 체계들 간 상호운용성 수준을 정의하고, 측정하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있는데 한국군은 LISI(Level of Information Systems Interoperability) 모델을 기반으로 국통사에서 상호운용성 수준평가 도구(SITES: Systems Interoperability Test & Evaluation System)를 이용하여 측정하고 있음.

13) Dongsu Kang, Doo-Kwon Baik.. "Bridging Software Product Lines and Service-Oriented Architectures for Service Identification using BPM and FM." *The 9th IEEE International Conference on Computer and Information Science*. Japan. (August 18, 2010).



〈그림 28〉 네트워크화 된 작전환경

전 세계에서 가장 선진화된 전쟁방법을 수행하는 미국은 작전효과를 향상하기 위해 서비스와 네트워크 환경을 구축하고, 기존 네트워크와 시스템을 글로벌 정보그리드(GIG: Global Information Grid)로 만들어 정보와 기능 능력을 각각의 임무영역에 제공하려고 한다.¹⁴⁾ 전투원은 글로벌 정보그리드로 부터 바로 데이터와 정보를 찾을 수 있다.

또한 공유 서비스와 SOA를 잘 활용할 수 있는 네트워크 중심환경을 구축하기 위해 데이터 전략이 추구하는 목적에 서비스 연결을 확장하여 서비스에 의해 제공된 정보와 기능적 능력이 전투 방식을 변화 시키는 네트워크 중심 서비스 전략(NCSS: Network Centric Service Strategy)과 공개 표준을 사용하여 핵심 인터페이스를 지정하고 모듈러 디자인을 도입하는 MOSA(Modular Open Service Approach) 정책을 쓰고 있다.

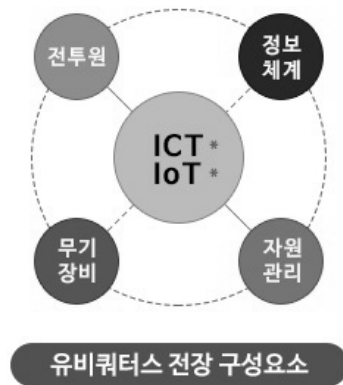
나. M-IoT 기반의 유비쿼터스 전장환경 구축

한국 국방부는 폐쇄형 사물 인터넷으로 ICBM(IoT, Cloud, Big Data, Mobile)신기술을 융·복합하여 군사적으로 활용 가능한 서비스로 ICBM 신기술의 융·복합 소요 파악 후 국방분야 적용을 위해 국방 정보화 기본계획 등 기획문서에 마스터플랜 수립하고 및 반영

14) DOD CIO. (2007). "Department of Defense Net-Centric Service Strategy". Department of Defense.

할 예정이다. 또한 ICT 및 IoT를 기반으로 전투원과 각종 무기체계, 정보체계를 상호 연결하고 국방자원을 효율적으로 관리해 나갈 수 있는 미래지향적 유비쿼터스 전장환경 구축 예정이다.

육군은 2015년 제17회 육군정보화발전 세미나를 통해, ‘네트워크 중심 작전환경 구축’을 위한 산·학·연·군 간의 상호협력을 강화하고 새로운 민간 ICT 기술 및 핵심 소프트웨어 기술을 융합하여 육군 정보화 발전을 도모하겠다고 발표하였다.

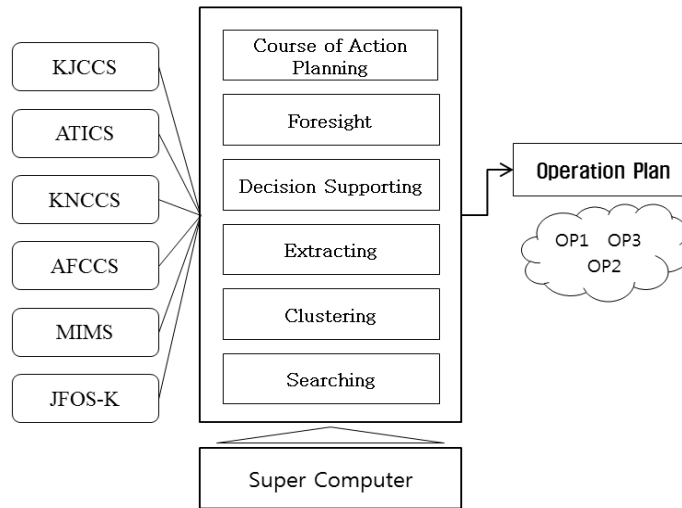


〈그림 29〉 유비쿼터스 전장 구성

다. 빅 데이터 기반의 시스템 구축을 통해 군사적 판단능력 향상

DARPA(Defence Advanced Research Project Agency)는 연간 2억 5천만 달러를 투자하여 빅 데이터 사업을 추진 중이며, XDATA 프로그램을 추진하여 군사적 상황판단 능력을 현재보다 100배 이상 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. 이는 현존하는 모든 것을 군사적으로 해석하여 국방데이터로 활용하여 정확한 분석에 기반 하여 다양하게 발생하는 위기사항을 포괄적이고 적시 대응하기 위함이다.

또한, 전장정보 빅 데이터 분석을 통한 미래예측 시스템 구축을 추진하고 있다. 국방에 적용하기 위해 방대한 전장정보를 이용하여 지식체계를 구축하고, 시나리오를 작성하여 슈퍼컴퓨팅 능력을 활용하여 분석하고, 예측하면 최상의 방책을 제공 가능할 것이라는 개념에서 출발한다.



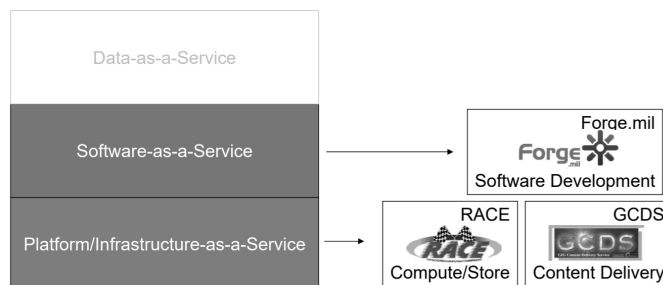
〈그림 30〉 빅 데이터를 이용한 전장정보 체계의 미래예측

출처: 강동수, "고성능 컴퓨팅 기술의 국방 활용", 한국정보과학회지 2016년 2월호, pp.85-91, 2016.

미래예측(foresight)은 미래를 위해 예측할 수 있는 능력과 예측되는 행동으로 무슨 일이 일어나고 이에 따라 무엇이 필요한지 예측하는 것으로 군사작전에서 장차작전(future operation)을 위한 전장정보관리체계 분석과 예측 개념이다.

라. 클라우드 기술의 국방 활용

미 국방부는 NCW(Network Centric Warfare)를 위한 서비스 전략(Service Strategy)의 하나로 클라우드 컴퓨팅 환경을 도입하기 위해 RACE(Rapid Access Computing Environment)를 구축하고 발전시키고 있다.



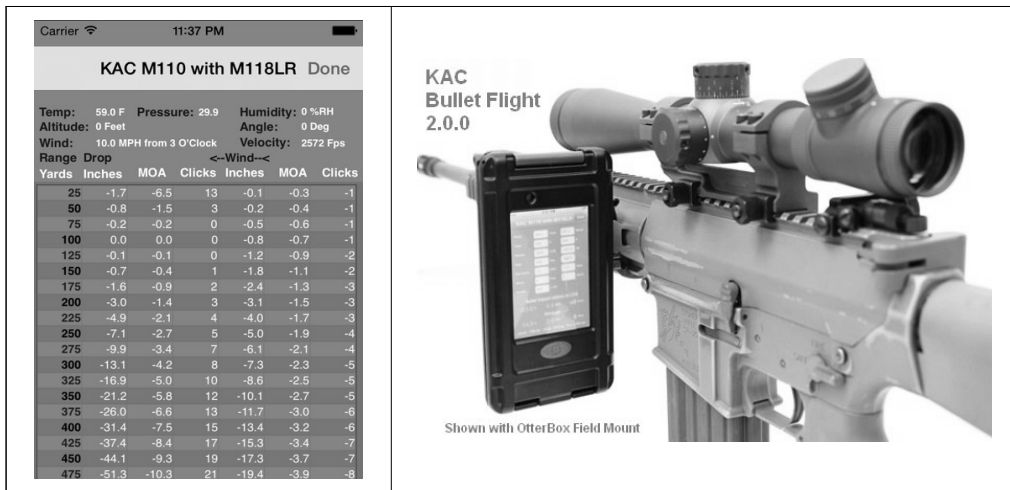
〈그림 31〉 DISA 클라우드 컴퓨팅 포트폴리오

출처: Alfred Rivera, Cloud Computing and Cloud Computing and Enterprise Services, 2010.

RACE는 DISA(Defense Information Systems Agency)에서 구축하고 관리하는 내부 클라우드 컴퓨팅 플랫폼으로 IaaS(Infrastructure as a Service)¹⁵⁾ 및 PaaS(Platform as a Service)¹⁶⁾ 클라우드 서비스를 제공한다. RACE는 전 세계 14개 지역에 있는 국방부 전용 데이터 센터를 묶고, 미군과 관련 민간인 400만 명이 사용할 수 있는 클라우드 컴퓨팅 플랫폼으로 언제 어디서나 관계없이, 전투에 참여한 군인들이 스마트폰과 같은 모바일 단말기를 이용하여 서비스를 이용할 수 있도록 하고 있다. 특히, Forge.mil을 통해 믿을 수 있는 소프트웨어 개발 지원을 통해 소프트웨어의 신뢰성 향상 및 소프트웨어의 재사용 코딩 작업에 협업할 수 있도록 소프트웨어 개발 플랫폼을 제공하고 있다.

마. 모바일(Mobile) 기술 활용

모바일 단말은 휴대성과 정보전달 용이성으로 군사적으로 활용될 수 있다. 특히, 스마트폰을 이용하여 사용할 수 있는 군용 앱은 Runaway Technology가 개발한 “Bullet Flight”과 같은 앱이 있다. 이 어플리케이션은 사격수가 자리 잡고 있는 위치에서 목표물까지의 거리, 풍속, 온도, 습도 등의 변수를 계산해서 사격수의 사격 성공률을 높일 수 있도록 개발 되었다.



〈그림 32〉 Bullet Flight 앱을 활용한 사격

- 15) 서버, 스토리지, 네트워크를 가상화 환경에서 사용할 수 있게 해주는 서비스로 저장장치 또는 컴퓨터 능력을 제공하는 서비스임.
- 16) 프로그램, 컴파일 언어, 제작 툴, 데이터베이스 인터페이스 등 사용자가 소프트웨어를 개발할 수 있는 토대를 제공해 주는 서비스로 컴퓨팅 개발 환경을 제공하는 플랫폼, 빅 데이터 플랫폼, DB 플랫폼 등이 있음.

미국의 방산기업인 Raytheon은 ‘One Force Tracker’ 라는 어플리케이션을 만들어 스마트폰으로 서비스를 제공하고 있다. 이 어플리케이션은 여러 표적과 적의 위치 정보를 제공하고 GPS와 전자 나침반을 이용하여 화면에 전술상황을 표시해 준다. 또한 내구성과 같은 상용스마트폰의 제약사항을 극복하기 위해 록히드 마틴은 MONAX 솔루션을 만들어 상용 스마트폰에 장착하여 피아 위치정보, 전투상황, 무인항공기(UAV) 조정, 비화/감청 위협, 내구성 문제를 해결하였다.



〈그림 33〉 Raytheon사의 아이폰 One force tracker 어플리케이션

출처: <http://www.officer.com/product/10054529/raytheon-one-force-tracker-iphone-application>

2. 인공지능 기술의 국방분야 활용

군사적으로 인공지능과 결합한 무기체계들에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 인공지능 원천 기술의 개발뿐만 아니라 실제 무기체계 연구 개발에도 많은 노력을 기울이고 있다. 대표적인 예로 완전 자율 항공기, 인간 개입을 최소화한 무인 드론, 인간의 뇌구조와 유사한 형태를 지닌 데이터 처리 칩셋 등을 개발하고 있다.

국방 분야에서 인공지능 기술을 이용한 대표적인 분야는 지상, 해상, 항공 무인체계(로봇)에 대한 연구이다. 이 분야의 연구는 오래 지속되었으며, 미국의 미래 전투체계(Future Combat System)에서 보여 지듯이 네트워크 중심 환경(NCOE: Network Centric Operational Environment)으로의 전장 환경변화로 지상, 해상, 항공 분야에서 무인전

투체계의 중요성은 증가하고 있다. 제5세대 전쟁을 이야기 하는 미래전쟁의 양상이 인명을 중시하고 전쟁역지력을 가지기 위한 24시간 감시 등 다양한 이유로 사람을 대신할 다양한 형태의 지능형 무인체계에 대한 연구가 이루어지고 있다. 또한 미래병사체계, 지능형 의사결정 지원시스템, 실시간 경계근무 시스템, 자동 통번역 시스템 등 활용분야는 많이 있다.

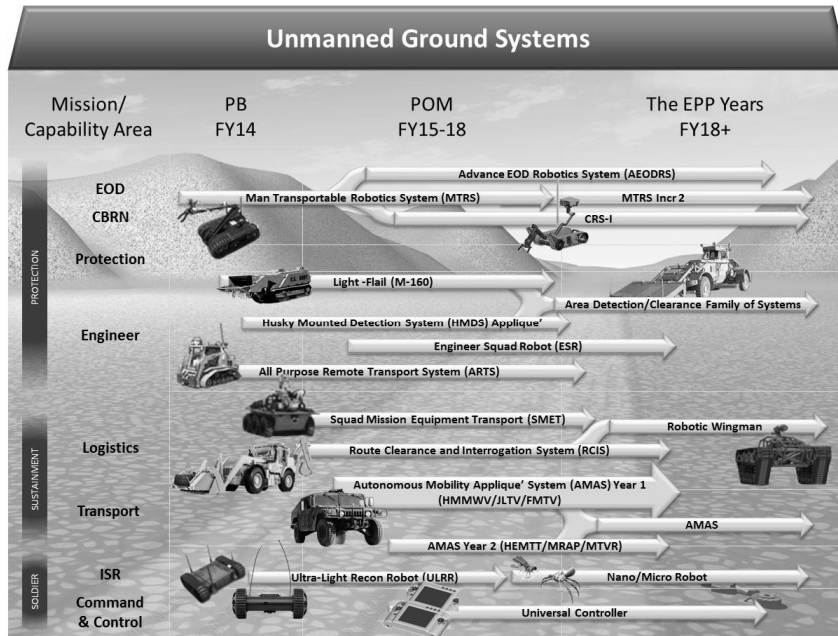
인공지능 기술은 컴퓨터 및 인공지능, 네트워크의 발전으로 주행, 식별, 사격 등 전투 및 전투지원에 필요한 행동 등이 인간의 참여 없이 이루어질 수 있다. 국방 분야에서는 다양한 지능형 무인체계들이 인간이 수행하기에 위험성이 높은 영역에서 활용되어 작전이나 전쟁을 수행하는 빈도가 높아지고 있다. 인공지능 기술을 지상, 해상, 항공 구분하여 무인기술 중심으로 실현가능한 활용분야는 다음과 같다. 다음 자료는 연구자가 2005-2015년 등록된 특허정보를 분석한 자료를 바탕으로 작성되어 기술 트렌드를 반영한 활용 분야이다.¹⁷⁾

가. 지상 분야

군사 분야에서 지상분야 기술은 많은 발전을 이루고 있다. 지상무인체계는 기동, 기동 지원 및 유지 등 다양한 영역을 지원한다. 기동은 군사 작전의 필수 요소로 속도와 화력을 활용하여 적과 근접 전투를 하고 적을 무력화시킨다. 기동 지원 임무는 자연 및 인공 장애물과 위험요소를 제거하는 임무를 포함한다. 유지 임무는 기동 유지에 영향을 끼치고 전투 지원과 연관된 무인지상차량을 지원한다. 또한, 지상무인체계의 경우 인명피해를 최소화 하면서 인간이 활동할 수 없는 영역에서 감시, 정찰 및 전투를 수행할 수 있어야 한다.

향후 지상무인체계 연구개발 분야는 단기적으로는 무인 정찰차량을 비롯한 무인 경전투 차량과 위험성이 높은 지뢰지대의 탐지 및 제거를 위한 무인 지뢰탐지 및 제거차량 등을 확보하고, 장기적으로는 무인 중전투차량, 무인 지휘통제차량과 무인 장갑차 등의 개발이 필요하다.

17) JY Park, DS Kang, "Trend Analysis of Unmanned Technology Using Patent Information", Journal of The Korea Society of Computer and Information Vol.22 No.3, pp. 89-96, 2017. 내용을 재 정리하고 분석 및 그림을 추가함.



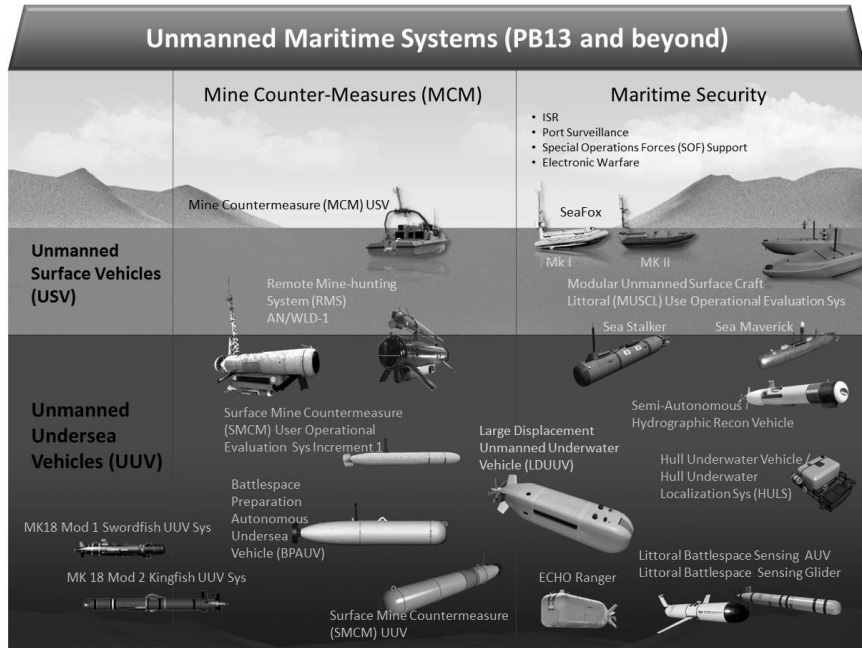
〈그림 34〉 무인 지상시스템

출처: DOD, Unmanned System Integrated Roadmap FY2013-2038, 2013.

나. 해상 분야

해양무인체계는 무인잠수정(UUV: Unmanned Underwater Vehicles)과 무인수상정(USV: Unmanned Surface Vehicles)으로 구분될 수 있다. 무인수상정은 일반적인 선형, 수중익선, 반잠수정 등 수면과 거의 지속적으로 접촉하면서 운용되는 해양무인체계이다. 무인잠수정은 수면과 접촉 없이 운용되도록 제작되었으며, 일부 무인잠수정은 비밀리에 운용될 수 있다.

해양무인체계는 심해나 기뢰부설 해역과 같이 매우 위험한 전장지역 같은 장소에서 유인체계를 대신하여 운용할 수 있다. 미래에는 무인체계에 의한 전투영역도 확대될 전망이므로 무인수상정은 무장과 필요 시 자폭형 무장 등을 탑재하고 임무 수행을 위해 경로를 재계획할 수 있어야 하며, 원격으로 통제 및 자율교전 능력을 보유해야 한다. 무인잠수정은 장시간 수중에서 고속 원거리 통신이 가능해야 하며 임무 수행을 위해 경로 재계획이나 장애물 회피능력 및 조류를 극복할 수 있는 능력이 있어야 한다.



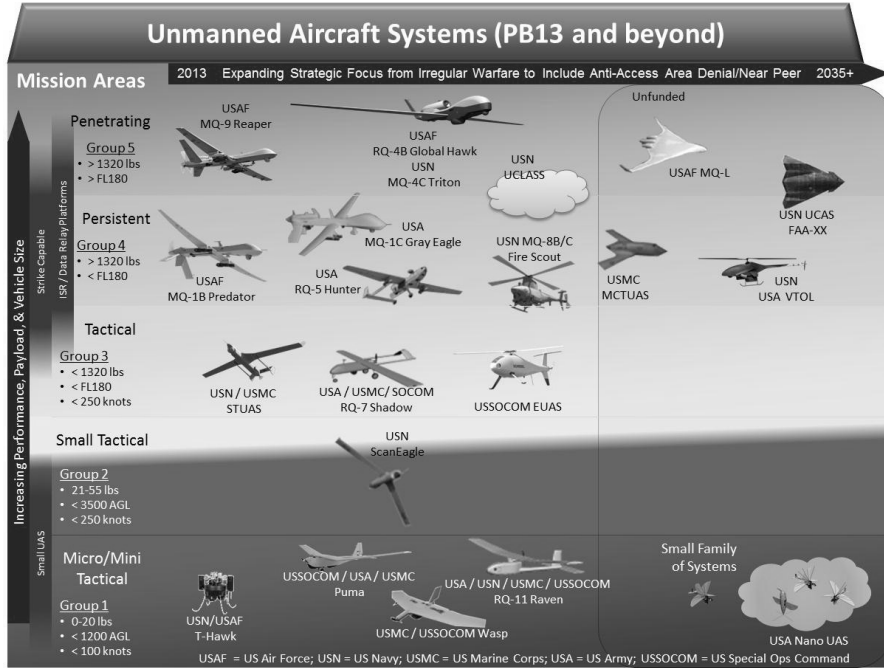
〈그림 35〉 무인 해상시스템

출처: DOD, Unmanned System Integrated Roadmap FY2013-2038, 2013.

해양무인체계의 연구개발 분야는 단기적으로는 정찰 및 탐색용 무인수상정과 잠수정 및 기뢰제거용 무인잠수정을 개발하고 장기적으로는 전투용 무인 수상정 및 무인 잠수정과 잠수함 또는 수상함, 항공기 등 다양한 플랫폼에서 운용 가능한 해양 무인체계를 개발해야 한다.

다. 항공 분야

다양한 분야에서 무인기술을 도입한 이래로 항공 영역은 가장 큰 집중을 받아오고 있으며, 현재 다양한 임무를 수행할 수 있는 무인기가 많이 운용되고 있다.



〈그림 36〉 무인 항공시스템

출처: DOD, Unmanned System Integrated Roadmap FY2013-2038, 2013.

초창기 무인기의 임무는 주로 군에서의 전술적 정찰에 초점을 맞추었다. 그러나 무인기의 임무수행 범위는 ISR(Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance) 및 전장 인식 임무 영역 내 대부분의 능력들을 포함하도록 확장되어 왔다. 또한 항공무인체계는 군이 실시간 표적 획득 및 처리를 위해 다중 타격 임무를 수행할 수 있는 체계를 배치함에 따라 타격 임무까지 수행하게 되어 역할이 더욱 확장되어 가고 있다.

항공무인체계는 일반적으로 정찰용 무인기를 개발하여 왔으나, 최근의 전쟁 사례를 보면 공격용으로 사용된 예가 적지 않다. 또한, 네트워크 중심 작전 환경을 조성하기 위해 통신 중계용 및 전자전을 수행할 수도 있으므로 향후 항공무인체계는 장기 체공 능력을 보유하고 다양한 무장과 장비를 탑재할 수 있어야 한다.

항공무인체계 연구개발 분야는 단기적으로는 틸트로터(tilt-rotor)형 수직 이착륙 무인기를 포함한 소부대용 무인 정찰기와 휴대용 무인 정찰기 및 무인 통신 중계기를 개발하고, 기 운용중인 무인정찰기는 성능개량과 더불어 장기적으로 무인전투기와 무인 전자전기 등을 발전시켜야 할 것이다.

제2절 ICBMS + AI와 국가 안보 발전

1. 국가 안보

“국가의 주인은 국민이며 국가의 모든 권력은 국민으로부터 나온다”고 헌법에 명시되어 있듯이 국가의 여러 기능 중 국가의 주체인 국민의 재산과 이익을 침해하는 모든 적과 위협으로부터 국가를 방위하는 기능은 국가에 있어서 필수 기능이다. 이러한 국가의 주요 기능¹⁸⁾을 안전보장의 준말인 안보(Security)로 표현할 수 있다. 국가안보는 북한의 핵·미사일 위협과 같이 국내·외적으로 위협이 완전히 사라지는 것은 불가능하며 목표로 두고 달성하는 개념이 아닌 지속적으로 추구하여야 하는 것이다.

〈표 4〉 미국의 국가 기능 분류

| 구 분 | 내 용 |
|--|--|
| 국가필수기능 (National Essential Function) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 국민적 지지·신뢰, 국가기반체제 유지, 헌법 준수 등 ▪ 위기극복을 위해 최우선적으로 기능발휘가 필요한 기능 |
| 주요임무필수기능 (Primal Mission Essential Functions) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 임무필수기능 중에서 국가필수기능에 지대한 영향을 미치는 기능 ▪ 사고 후 지속되거나 12시간 이내 복귀되어 30일간 정상유지 해야 하는 기능 |
| 임무필수기능 (Mission Essential Function) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 부처/기관이 수행하던 임무 중 위기시 필수적으로 회복/유지해야 하는 기능 ▪ 임무필수기능이 식별되면 적절한 인력, 통신, 시설, 훈련 등 결정에 활용 |

국가안보가 보장된 국가 기능을 유지하기 위해서는 군사위주의 전통적 안보개념에서 탈피하여 정치, 외교, 군사, 경제, 과학기술 등의 안보 요소가 통합된 국가안보를 추구하는 포괄적 안보개념이 필요하다. 안보 요소들 중 과학기술 그 중에서도 ICBMS와 인공지능 기술은 지능 정보화 사회를 이끌고 있으며, ICBMS와 인공지능 기술을 근간으로 네트워크화 된 지능형 무기체계 개발과 국방분야 적용이 가능하다.

과학기술은 그 자체로서 경쟁력을 가지지만, 모든 정치, 외교, 군사, 경제 전반에 근간을 이루고 있으며, 국제사회에서 과학 기술력은 국가의 안전을 보장하는 필수 요소이다. 일부

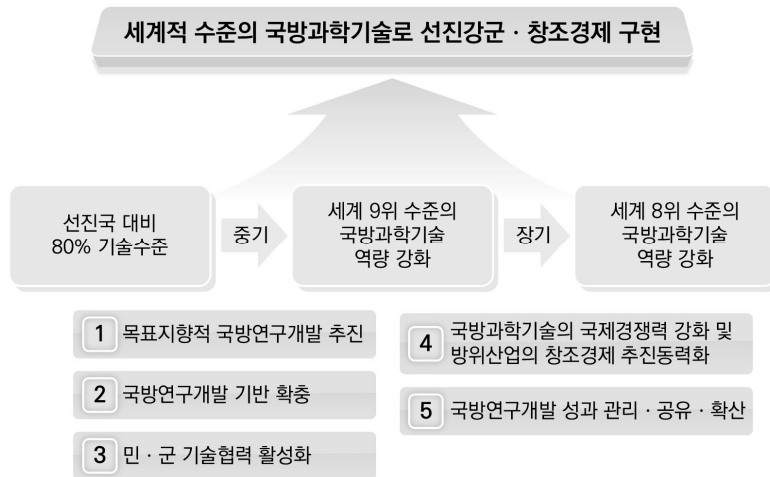
18) 미국의 경우 국가기능의 개념을 정의하고 국가기능을 국가필수기능(NEFs: National Essential Functions), 주요임무필수기능(PMEFs: Primal Mission Essential Functions)과 임무필수기능(MEFs: Mission Essential Functions)으로 구분하여 국가기능의 연속성을 보장하고 있다.

무기 도입과정에서 보여 지듯이 선진국의 핵심기술 이전 거부(EL: Export Limit)는 과학 기술력이 얼마나 중요한지 보여주는 사례이다. 핵심기술은 무기 개발뿐만 아니라 개발이 후 양산, 지속적인 성능개량과 방산수출 등 여러 업무를 위해 반드시 우선 확보하여야 하는 기술이다. 이러한 핵심기술의 중심에 ICBMS와 인공지능 기술이 있다.

이렇듯 제4차 산업혁명시대의 중심 기술로 언급되는 ICBMS와 인공지능 기술은 국가 안보에서 중요한 구성요소이다. 현대 무기체계들은 ICBMS와 인공지능 기술의 기본 바탕 위에 역량을 발휘하고 중심적 역할을 담당한다. 최근에 개발된 여러 정밀무기에서 알 수 있듯이 현대사회의 전쟁은 양적인 군사력보다 제5세대 전쟁과 같은 사이버전력에 근거한 질적인 군사력을 더 필요로 한다. 전쟁에서 사용될 무기체계들도 첨단 인공지능 기술들을 기반으로 더욱더 지능화 될 것이다.

2. 국방과학기술 정책목표와 발전 방안

국방과학기술진흥 실행계획(2015년-2029년)¹⁹⁾에 따르면 국방과학기술 비전인 세계적인 수준의 국방과학기술로 선진강군·창조경제를 구현하기 위해 중기(2015년-2018년) 목표는 세계 9위 수준으로 국방과학기술 역량을 강화하는 것이고, 장기(2019년-2028년)적으로는 세계 8위 수준으로 국방과학기술 역량을 강화하는 것이다.



〈그림 37〉 국방과학기술 정책목표와 실행계획

19) 방위사업청, 2015~2029 국방과학기술진흥 실행계획 일반본, (2015.12.)

국방과학기술 진흥계획의 1년 계획인 2017년 국방과학기술진흥 실행계획에 따르면 인공지능 기술개발에 필요한 빅 데이터 처리기술의 개발을 위한 고속연산용 슈퍼컴퓨팅 인프라 구축하고, 무인로봇, 드론, 인공지능, 가상현실 등의 국방활용성 조사분석 계획 등을 포함하고 있다. 이러한 계획은 ICBMS와 인공지능기술을 체계적으로 국방과학기술로 발전시키거나 민간의 기술을 국방과학기술에 적용하는 데는 한계가 있어 보인다. 이를 해소하기 위해 먼저 세부 기술 분야별로 조사분석하여 달성 목표를 선정하고 점진적이며 단계적인 추진이 필요하다.

첫째, 기술 확보를 위해서는 투자가 있어야 한다. ICBMS 기술과 인공지능 핵심기술은 단기간에 확보되는 것이 아니기 때문에 첨단 기술 개발에 필요한 지속적인 투자와 인력양성, 과제 발굴에 대한 집중적인 지원이 있어야 한다. 또한, 특정 국방분야를 위한 민간에서 개발된 기술이 있다면, 실질적으로 적용될 수 있도록 아낌없는 지원이 있어야 한다.

둘째, 민간의 첨단 기술 역량을 국방분야 연구개발에 활용할 수 있도록 특화된 민·군 기술협력 기반을 조성하고, 민·군 기술협력을 활성화 하여야 한다. 현재의 민간의 기술은 스마트폰뿐만 아니라 다양한 기기들에서 그 효과를 보여주고 있으며, 진화하는 속도 또한 빨라 우리는 이미 지능 정보화 중심사회에 살고 있다. 이와 같이 빠르게 진화하는 기술을 국방분야 연구개발에 효과적으로 활용할 수 있는 제도적 장치와 방법이 마련되어야 한다.

셋째, 창의적인 업무수행이 가능하도록 결과 중심의 판단을 개선하여야 한다. 만약 검증되지 않은 첨단 기술을 도입해 문제가 발생하여 모든 책임을 의사결정자에게 묻는다면 누가 새로운 기술을 무기체계에 적용할 수 있겠는가? 프로젝트는 실패할 수도 있고, 성공할 수도 있다. 모든 프로젝트가 다 성공할 수는 없다. 현재와 같은 실패라는 문구가 없는 연구개발 규정은 실패 위험을 담보할 수 있도록 개선되어 연구개발을 활성화 할 수 있는 제도적 안전장치가 마련되어야 한다.

제5장 결 론

최근 제4차 산업혁명 시대 변화에 대비하기 위해 관련 핵심기술인 ICBMS와 인공지능 기술이 주목받고 있다. 모든 사물들이 연결되고, 모든 사물들에 지능을 넣어서 인류의 삶을 증진시키는 혁명을 추진하고 있는 것이다. 과거에 사람들이 직접 해야 했던 업무들은 인공지능을 지닌 자동화된 컴퓨터들이 대신 해줌으로서 사람들은 편안함을 느끼고 동시에 효율성을 향상 시키고 있다. 이러한 변화는 민간부분에서 뿐만 아니라 국방 분야에서도 많은 변화를 예고한다. 지능화된 시스템들은 군인들의 위험과 업무를 줄여줄게 하고 더 나아가 전쟁 패턴을 바꾸어 놓을 수 있다.

북한의 핵과 미사일 위협에서 보여 지듯이 국가안보는 지속적으로 추구하여야 하는 것으로 국가안보를 보장하기 위해서는 정치, 외교, 군사, 경제뿐만 아니라 국방과학기술의 핵심 기술력을 자체적으로 보유하여야 한다. 일부 무기 도입과정에서 보여 지듯이 선진국의 핵심기술 이전 거부(EL: Export Limit)는 과학 기술력이 얼마나 중요한지 보여주는 단적인 사례이다. 핵심기술은 무기 개발뿐만 아니라 개발이후 양산, 지속적인 성능개량과 방산수출 등을 위해 반드시 우선 확보하여야 하는 기술이다. ICBMS와 인공지능 기술은 이러한 핵심기술의 하나이다.

이를 위해 과거에 사람들이 직접 해야 했던 업무들을 인공지능을 지닌 자동화된 컴퓨터들을 이용하고 미래전장 환경변화에 적응할 수 있도록 사이버 공격 감지, 장차작전 예측, 유비쿼터스 전장환경 구축, 빅 데이터 기반 군사적 판단능력 향상과 스마트폰 앱을 활용한 전장상황 공유, 드론, 무인잠수함 등 육·해·공 무인체계들을 운용하고 개발하기 위해 최신 ICBMS 기술과 인공지능 기술을 이용할 수 있는 지속적인 연구가 필요하다.

외부 열강에 의해 휴전된 임진왜란과 6.25전쟁의 역사적 교훈이 아니더라도 우리는 국가안보를 위해 핵심기술을 가져야 한다. 이를 위해서 ICBMS와 인공지능 핵심기술에 대한 시간과 자본의 투자로 인력과 기술력을 향상시키고, 민·군 기술협력 활성화를 통해 민간의 우수기술을 국방에 신속하게 적용하고, 창의적·도전적으로 신규 기술을 도입할 수 있도록 실패에 대한 제도적 안전 장치를 마련해야 한다.

참고 문헌

1. 강동수, "국방경영, 인공지능기술의 가치와 미래," 국방대학교 인공지능과 국방경영 학술 세미나 발표 자료집, 국방컨벤션, 2017.
2. 강동수, "스마트 기술의 군사적 활용을 위한 전투실험 방안," 함정기술·무기체계 세미나 발표 자료집, Vol.II, 벅스코, 2011.
3. 강동수, "고성능 컴퓨팅 기술의 국방 활용", 한국정보과학학회 정보과학회지 2016년 2월호, pp.85-91, 2016.
4. 강동수, 윤희병, "지능형 성숙도 모델을 이용한 소프트웨어 집약시스템의 전투실험 프로세스 설계 및 적용", 한국퍼지 및 지능시스템학회, 퍼지 및 지능시스템학회 논문지 Vol. 17, No.5, pp.668-673, 2007.
5. 이안숙, 강동수, 백두권, "효율적인 데이터활용을 위한 메타데이터 기반의 EMR 시스템 설계," 한국정보과학회, 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, 제 36 권 제 2 호, pp.145-149, 2009.
6. 강동수, 윤희병, "스마트 무인항공기의 표적탐색 능력 소요판단을 위한 지능화 성숙도 모델 설계," 한국퍼지 및 지능시스템학회, 2006년도 추계학술대회 Vol.16, 2006.
7. 강동수, 윤희병, "CPOF 의사결정 모델을 이용한 의사결정지원 전문가시스템 설계," 한국정보과학회, 2006 컴퓨터종합학술대회 논문집 Vol. 33, No.1(B) pp.166-168, 2006.
8. 방위사업청, 국방과학기술진흥 실행계획(2015-2029), 2015.
9. 국방기술품질원, 2011-2015 세계 국방지상로봇 획득동향
10. KT 경제경영연구소, 2016 한국을 바꾸는 10 가지 ICT 트렌드, 2016.
11. 앨빈토플러, 전쟁과 반전쟁, 한국경제신문사, 1994.
12. DISA. (2005). "DOD Software Transformation SOA-The Road Toward Net-centric Operations".
13. DOD CIO. "Department of Defense Net-Centric Service Strategy". Department of Defense, 2017.
14. Dongsu Kang, "A classification method of commonality and variability for mobile services," International Journal of software engineering and its applications(IJSEIA), Vol.10, No.3, pp.119-129, (2016)

15. Dongsu Kang, Doo-Kwon Baik.. "Bridging Software Product Lines and Service-Oriented Architectures for Service Identification using BPM and FM." The 9th IEEE International Conference on Computer and Information Science. Japan. 2010.
16. Jaeyong Park, Dongsu Kang, Trend Analysis of Unmanned Technology Using Patent Information, Journal of The Korea Society of Computer and Information Vol. 22 No. 3, pp. 89-96, 2017.
17. John G. Stoessinger, Why Nations Go to War, 2009.
18. Stuart Russell and Peter Norvig, "Artificial Intelligence: A modern approach", The third edition, Pearson Publisher, 2010.
19. Executive Office of the President, Artificial Intelligence, Automation, and the Economy, December 2016.

연·구·보·고 2·0·1·7

인공지능(AI)을 활용한 국가안보 발전방향

(전술적 의사결정 지원과 기반체계 구축)

김 경 수
(국방대학교 교수)

2017. 11.



국방대학교 국가안전보장문제연구소

목 차

| | |
|------------------------------------|----|
| 요약문 | 1 |
| I. 연구개요 | 2 |
| 1. 연구배경 및 필요성 | 2 |
| 가. 연구의 배경 | 2 |
| 나. 연구목표 | 4 |
| 2. 연구 범위 및 방법 | 4 |
| 가. 연구의 범위 | 4 |
| 나. 연구의 방법 | 5 |
| II. 미래 전장 환경과 변화 | 7 |
| 1. 출생률 감소와 군사력유지 | 8 |
| 2. SW 중심의 IT와 자율주행 | 9 |
| 3. 과도한 전장정보와 미래전 | 16 |
| 4. 재래식 전력 운용 전망 | 19 |
| 5. 4차 산업혁명 시대의 도래와 새로운 패러다임 | 20 |
| III. 인공지능 기술과 현재 | 23 |
| 1. 인공지능 기술의 특징 | 23 |
| 가. 인공지능 기술의 현재 | 23 |
| 나. 인공지능 기술 특징 | 24 |
| 2. 인공지능 주요이론 | 27 |
| 가. Artificial Neural Network | 27 |
| 나. Genetic Algorithm | 29 |
| 다. Deep Learning | 32 |
| 3. 인공지능기술의 함의 | 33 |

| | |
|-------------------------------|----|
| IV. 인공지능 기술과 전술적 의사결정 | 34 |
| 1. 전술적 의사결정의 중요성 | 34 |
| 가. 작전 속도와 전쟁 | 34 |
| 나. 전술적 계획수립 절차 | 36 |
| 2. 인공지능을 활용한 전술적 계획수립 | 37 |
| 가. 임무분석과정의 자동화 | 39 |
| 나. 인공지능에 의한 방책수립 | 42 |
| 다. 전투효율성에 의한 목적함수와 방책선정 | 45 |
| 라. 인공지능이 제시한 방책의 활용 | 47 |
| 3. 육군 전술지휘정보체계 운용과 계획수립 | 47 |
| V. 결론 및 향후 연구방향 | 49 |
| 참고문헌 | 51 |

〈그림 목 차〉

| | |
|--|----|
| [그림 2-1] 우리나라의 연도별 출산률 | 9 |
| [그림 2-2] 자율 주행차 시장전망 (출처 : 신한금융투자, 2017) | 14 |
| [그림 2-3] OSHKOSH Defense의 자율주행 트럭 | 15 |
| [그림 2-4] 경찰 CCTV 운용자가 경험하는 문제점 | 17 |
| [그림 3-1] 인공지능 신경망이 사용하는 Layer 구조 | 27 |
| [그림 3-2] 유전 알고리즘에 의한 최적해 도출과정 | 30 |
| [그림 3-3] 단순 신경망과 Deep Learning 신경망의 비교 | 32 |
| [그림 4-1] 로봇 인공지능 임무할당 방법 | 41 |
| [그림 4-2] 전투력 지수 평가 | 43 |
| [그림 4-3] 인공신경망을 이용한 전투력 지수 측정 | 44 |
| [그림 4-4] 알파고의 경우의 수 계산법 | 46 |
| [그림 4-5] ATCIS 연동체계 구성도 | 48 |

〈표 목 차〉

| | |
|----------------------------------|----|
| [표 2-1] SW 산업 연대표 | 10 |
| [표 2-2] 전투원과 무인무기체계 장단점 비교 | 17 |
| [표 3-1] 네 가지 범주로 분류되는 인공지능 | 25 |
| [표 4-1] 전술적계획수립절차 | 36 |

요 약 문

본 연구보고서는 국가 안보 발전을 위해 인공지능 기술을 활용할 수 있는 방안을 검토했다. 최근 알파고의 등장과 함께 인공지능 기술은 많은 관심 속에 있는데 인공지능 기술의 발달에 따라 실업 등 여러 사회적 부작용을 걱정하는 목소리가 커지고 있다. 본 논문은 파급력이 큰 신기술로 새로운 패러다임을 형성할 것으로 보이는 인공지능을 활용할 수 있는 방법을 찾고자 노력했다.

미래 한반도는 주변 열강과의 끊이지 않는 경쟁 속에 국내적으로 출생률이 감소에 따라 군 복무 인원이 점차 줄어들 것이 확실시 된다. 현재 대부분의 군사력인 사람의 힘에 의해 유지된다는 점을 감안하면 국가 안보에 큰 도전 요인임에 틀림없다. 또한 모바일 시장의 변화를 주목했다. 모바일 시장은 과거 HW를 만들던 회사가 최근 모바일에 사용하는 SW 업체에 의해 좌지우지되는 상황이 벌어지고 있다. 플랫폼 중심의 사고방식으로 살던 HW 업체들에게 새로운 시련이 다가오고 있는 점을 고려하면 향후 국가의 안보역량도 플랫폼 중심의 무기체계보다 SW 중심으로 중심 이동될 가능성이 높다. 또한 미래 전장은 최첨단 무기체계와 NCW¹⁾ 작전환경이 강조됨에 따라 다양한 탐지 체계가 네트워크 속에서 연동될 것으로 전망된다. 이와 함께 각종 탐지 센서가 기하급수적으로 늘어날 것으로 예상되는데 이런 상황 속에서 전투원이 기존의 데이터 처리 시스템을 중첩해서 떠안을 경우 과도한 업무하중에 정상적인 작전이 불가능 할 것으로 예상되어진다.

이에 따라 빅데이터의 획기적인 처리와 과거 과학기술의 새로운 돌파구를 찾아준 인공지능 기술의 활용 방안을 제시했다. 부족한 인력을 대체하고 충분한 전투력 발휘가 가능할 수 있도록 최대한 자동화시키는 것을 목표로 했다. 전장의 승리를 위해 전쟁의 원칙중 기동의 원칙을 강조했고 충분한 작전속도 유지를 위해 HW의 물리적 기동화나 기계화만을 강조하는 것이 아니라 작전의 계획과 준비 간 신속한 의사결정이 작전의 템포를 결정하는 중요한 요소를 강조한다.

게임용 바둑 프로그램으로 이세돌 프로를 이긴 알파고의 정책망과 가치망의 원리를 응용하여 작전계획 수립간 사용할 수 있는 아이디어 수준의 방안을 제시했다. 또한 인공지능이 제시하는 최선의 방안을 비판적으로 받아들여야 함을 강조했다. 인공지능이 제시하는 방안은 해당 알고리즘에 의해 선별된 결과일 뿐 언제나 최선의 결과라고 볼 수 없다. 그래서 운용자는 인공지능이 제시하는 결과를 항상 검토하고 이보다 더 바람직한 방안을 수립할 수 있도록 노력할 것을 강조했다.

1) Network Centric Warfare

I. 연구개요

1. 연구배경 및 필요성

가. 연구의 배경

국내외 안보환경은 복잡하고 해결하기 어려운 방향으로 흘러가고 있다. 국력은 외교, 정보, 군사, 경제력(DIME²⁾)을 통해 표현된다. 우리나라의 외교역량은 아직 열강의 틈바구니 속에서 몸부림치는 수준을 벗어나지 못했고 정보력은 무엇이라 단정하기 어려우나 첨단장비를 사용하는 영상정보, 신호정보 면에서 아직 선진국의 도움이 많이 필요한 실정이다. 규모를 정확히 알 수는 없으나 정예화 된 인간정보를 통해 어느 정도 정보력이 유지된다고 볼 수 있다. 경제력은 1970~80년대 급격한 경제성장 이후 지속적으로 발전해 지금은 선진국들과 어깨를 나란히 견줄만한 수준이 되었으나 최근 국제경제의 침체 속에 국가경제 전망도 그리 밝지 않은 상황이다. 우리나라는 독특한 안보상황 때문에 해마다 많은 예산이 방위력 개선과 군사력 운영을 위해 소비되고 있으나 북한의 비대칭 무기체계에 대응할 뚜렷한 대응책을 가지고 있지 못하며 그중에서 사람의 힘(인력, Strength)을 중심으로 전투력이 형성되고 있는 것을 특징으로 하고 있다. 그나마 해·공군은 기술 군으로 오래전부터 천명하고 인력보다 첨단장비 중심의 전투력 구현을 위해 노력한 덕분에 장비중심의 전투력이 형성되고 있으나 내부적으로 부족한 인력으로 장비 운용에 어려움을 겪고 있는 사실 만큼은 간과할 수 없는 현실이다.

대한민국 출생인원의 지속적인 감소는 어제오늘만의 일이 아니다. 초등학교 자녀를 둔 학부모들이 자녀들의 학교를 방문하면 30년 전 자신들이 다니던 콩나물시루 같던 교실의 모습과 대폭 달라진 지금의 교육환경에 적지 않게 놀라게 된다. 지금 초등학교 한 교실의 학생 수는 30명이 채 되지 않고 심지어 도서산간 지방의 학교는 전교생이 10여명도 안 되는 경우가 많다. 물론 교육부에서 양질의 교육환경을 제공하기 위해 더 많은 예산과 노력으로 많은 학교가 설립되었기 때문에 교실의 학생 수가 줄어든 것도 사실이다. 그러나 통계청이 제공하는 대한민국 출생 데이터는 대한민국 국민으로 태어난 사람이 해가 갈수록 줄어들고 있으며 최근 태어난 신생아들이 입학하는 향후 7~8년 후의 학생 수는 이미

2) DIME : Diplomacy, Intelligence, Military, Economy

걱정해야하는 수준에 도달했다고 볼 수 있다. 초등학교를 졸업하고 또 7~8년 후면 대부분 군복무를 하게 되는데 대한민국에 복무할 군인장병의 숫자는 신생아 숫자를 고스란히 반영한다는 측면에서 신생아 출생 비율은 군의 전투력과 직접적인 연관이 있다.

미래 국방을 준비하는 차원에서 지금까지 군사력 건설이 사람중심의 건설이라는 점을 반성해 봐야한다. 지금처럼 신생아 출생 비율이 줄어들고 있는 상황에서 향후 가까운 미래(10년 이내)에 사람중심의 군사력 유지라는 것은 사실상 어렵다고 볼 수 있으며 군사력 공백은 피해갈 수 없는 현실이 될 전망이다.

우리나라는 지난 수년간 국가 주도하에 IT 기술을 발전시키기 위해 노력해왔다. 많은 부분에서 고성능 네트워크 구축 등 IT 인프라 구축을 중심으로 발전시켜왔으며 인터넷 뱅킹과 SNS 및 인터넷 상거래 등 나름 여러 분야에서 발전을 계속하고 있다. 그러나 최근 휴대폰 업계의 지각 변동을 살펴보면 하드웨어와 인프라를 가진 업체가 시장을 주도하는 것이 아니라 하드웨어에 탑재할 Contents를 가진 업체가 시장을 주도하고 있다. 구글이 이미 휴대폰 시장에서 차지한 규모는 휴대폰 자체를 판매하는 업체보다 컸으며 애플의 iPhone역시 휴대폰 자체보다 그 Contents에 의해 부가가치가 형성되고 있다. 하드웨어가 전혀 없는 업체도 많이 형성 되는데 (우버 택시를 포함해 Air bnb 등의 회사) 이들은 IT를 기반으로 하고 있으나 하드웨어를 전혀 가지고 있지 않고 오직 Contents 만으로 기업의 가치를 형성하는 회사라고 볼 수 있다. 선진국은 경쟁적으로 자율형 차량을 전력화 시키고 있으며 인력을 감축하고 새로운 개념의 전력운용개념을 탄생시키고 있다. 그들은 미래 전장을 주도할 새로운 기술 개발을 추구하고 있다.

무어(Moors)의 법칙에 의하면 IT와 정보기술은 기하급수적으로 팽창할 것으로 예상되었다. 그러나 과도한 정보 제공은 오히려 건전한 정보를 찾아내기 어렵게 만들며 인간이 가장 잘 할 수 있는 판단능력에 장애물로 작용한다. 향후 미래는 영상 및 신호정보를 기반으로 전장의 정보가 넘쳐날 것으로 예상된다. 넘쳐나는 전장 정보는 전장에서 사용할 수 있는 유익한 정보로서의 가치를 가지도록 신속한 처리과정이 절대적으로 필요하다. 빠른 작전 템포를 요구하는 전장은 넘쳐나는 정보로 오히려 원하는 수준에 도달하지 못할 수 있다. 빠른 작전 템포를 유지하기 위해서 필수적으로 넘치도록 많은 정보를 신속하게 정리해서 인간이 감당할 수 있는 수준의 양으로 압축한 순도 높은 정보 제공하는 정보 처리과정이 필요하다. 건전한 의사결정을 지원해 줄 수 있는 도구가 절실히 필요해진 시대가 되었다.

최근 주목받는 4차 산업혁명(지식정보 혁명) 안보와 국방 차원에서도 미리 대비해야 할 분야 중에 하나다. 산업혁명이라는 것은 어떤 기술이 인간의 삶에 큰 변화를 가져왔을 때 부르는 단어다. 4차 산업혁명은 분명 우리의 삶에 큰 변화를 가져올 뿐만 아니라 안보와 국방에 상당히 큰 변화를 가져올 것이 틀림없기 때문에 소홀히 다룰 수 있는 주제가 아니다. 4차 산업혁명의 대표 아이콘이라고 부를 수 있는 인공지능은 지금까지 흥함과 쇠함을 반복하다가 최근 4차 산업혁명과 함께 주목받고 있다. 과거 인공지능 기술은 최적화 기술의 한 지류로서 학문적으로는 최적화를 추구하는 대안 중 하나로 등장했다. 그러나 최근 자연어 처리와 이미지 처리 등 최적화가 아니더라도 새로운 영역에서 획기적인 가능성을 보이면서 인공지능의 새로운 돌파구를 보여주고 있으며 이에 따라 국방에서도 기존의 패러다임을 바꿀 수 있는 가능성을 모색하도록 검토해볼 때가 되었다. 이미지 처리는 정보 수집이후 절대적으로 필요한 기능이다. 지금도 영상정보 처리 전문가들이 희미한 영상 앞에서 적의 의도를 판단하기 위해 노력하고 있다. 4차 산업혁명과 인공지능에 의해 세상은 앞으로 혁명적인 변화가 생길 것이라고 예측하고 있다. 안보와 국방도 예외일수 없으며 앞으로 발생할 안보 지각변동을 미리 예측하고 다가올 충격으로부터 미리 대비할 수 있도록 국방 분야에서 인공지능을 이용한 무기체계 개발과 전투개념 발전에 노력해야 할 때이다. 인공지능은 미래 전장에 새로운 패러다임을 제시해야 할 것임에 틀림없으며 깊이 있는 연구를 통해 새로운 미래로 도약할 수 있는 기반을 만들어야 할 때가 되었다.

나. 연구목표

본 연구는 인공지능을 활용한 국가 안보 발전방향을 제시하며 구체적인 활용방안으로 '전술적 의사결정 지원을 위한 인공지능 활용방안'을 제시한다. 부수적으로 인공지능을 활용할 수 있는 기반체계의 구성에 관한 제언을 포함한다.

2. 연구 범위 및 방법

가. 연구의 범위

인공지능 기술과 관련한 자료 수집과 분석은 이미 발표된 문헌 연구를 중심으로 수행한다. 특히 인공지능 기술과 활용 가능성을 중심으로 국방과 안보 차원에서 활용 가능한 방향을 찾기 위해 가능한 폭넓은 시각에서 개관하려고 노력했다. 또한 군사 선진국에서

국방 분야에 인공지능을 활용하고 있는 사례와 시사점을 찾고자 했다. 선진국의 인공지능 활용 방안은 국내 국가안보를 위한 인공지능 활용 영역을 식별하는데 도움이 될 것이라 판단하며 이를 참고로 인공지능을 활용한 전술적 작전계획 수립과 작전준비시간 단축 방안을 모색하고 효율적인 전투지휘체계 구성 방안을 제시한다.

나. 연구의 방법

연구 수행은 준비 단계부터, 현황 분석단계, 대책 제시단계, 연구 종료단계로 구분하여 단계적으로 수행할 것이다. 준비 단계에서는 연구 목표와 연구 범위를 구체화 하고, 현황 분석 단계에서는 활용 가능한 자료들을 수집하고, 대책 제시단계에서는 현용기술과 향후 적용 가능한 기술력을 바탕으로 인공지능을 최대한 활용할 수 있는 방안을 도출하고, 연구 종료 단계에서는 연구 결과를 바탕으로 안보위협과 당면한 문제를 해결하는데 도움이 될 수 있는 방향을 제시한다.

(1) 인공지능 기술과 활용 가능성 개관

현재까지 개발된 인공지능 기술을 바탕으로 그 활용가능성을 개관해 본다. 주고 검토할 인공지능 기술은 유전자 알고리즘, Artificial Neural Network, Deep Learning 등이 되며 이를 통해 최적화 문제와 경로검색 및 추천 능력 등을 소개하고 군사적 활용 가능성을 연계해 소개한다.

(2) 군사 선진국의 국방 분야 인공지능 활용사례와 방향

주변 군사선진국(미국)의 인공지능 활용 수준을 검토해 본다. 인공지능 기술은 태생적 한계 때문에 군사 선진국에서도 많이 발전하지 못했지만 향후 무한한 가능성을 인식하고 많은 나라들이 발전방안을 제시하고 있는 실정이다. 선진국의 인공지능 활용과 발전방안은 국내 무기체계 개발에 새로운 방향을 제시할 것이며 모든 전투장비가 네트워크로 연결된 미래전 구상에 핵심적인 역할을 수행할 것이다.

(3) 국가안보를 위한 인공지능 활용 영역

국가 안보의 문제는 정책결정권자의 건전한 정책적 판단과 전략적 접근방법에 의존한다. 정책이 국가가 달성하고자 하는 의도라고 본다면 전략은 국가의 의도를 수행하기 위

한 구체적인 방안이라고 할 수 있다. 전략은 선택할 수 있는 방안이 다수 존재할 수 있으며 정책결정권자에게 전략의 가치를 판단하는 기준에 따라 선택되는 최선의 방책이 필요하게 된다. 본 연구에서는 우선적으로 안보상황을 평가하는 방법론과 이를 수치화 할 수 있는 방안을 모색해본다. 평가된 안보상황은 위협에 대응할 수 있는 방책을 안보 수단을 통해 해결하기 위한 노력을 하게 된다. 안보정책 사례를 통해 선택할 수 있는 방책을 나열하고 선택된 방책에 따른 결과를 정형화 시킨다. 선택 가능한 사례들은 여러 가지 조합을 통해 서로 다른 결과를 만들어 내는데 사용자가 제시한 안보상황 최적화를 위해 선택할 수 있는 최선의 방책을 인공지능에 의해 선택 되도록 한다.

(4) 인공지능을 활용한 전술적 작전계획 수립과 작전준비시간 단축

본 연구에서는 안보의 문제와 유사한 예제를 통해 인공지능을 활용한 방책수립의 가능성을 검토해 본다. 육군 대대급 이상 부대의 경우 작전계획을 수립하는 “전술적 결심 수립절차”를 중심으로 이를 인공지능 프로그래밍하기 위한 노력을 시도한다. 이를 통해 “전술적 결심 수립절차”에 준한 논리 전개에 따라 인공지능이 제공하는 최선의 방책이 최종 산물로 나올 수 있도록 연구한다.

(5) 효율적인 전투지휘체계 구성

미래 전장은 유무인 무기체계가 지배할 것으로 예상되어진다. 유비쿼터스 환경을 통해 네트워크로 연결된 미래 전장에서의 전투지휘체계는 서버에서 중앙 집중적으로 전장을 통제할 수 있는 단계로 발전할 수 있을 것으로 예상된다. 공격과 방어가 중앙 서버를 통해 모두 집권화 통제될 가능성이 높으며 이때 통신량에 대한 수요가 급증할 것이다. 급증하는 통신량을 조절하기에 적합한 데이터 통신 아키텍처가 필요하며 이러한 전장을 구현하기 위해 각 무기체계 소요제기 간에 기본적으로 고려되어야 할 사항을 제시한다.

II. 미래 전장 환경과 변화

국내외 안보환경은 복잡하고 해결하기 어려운 방향으로 흘러가고 있다.

최근 대한민국을 포함한 극동아시아 지역은 북한의 미사일 개발 및 핵 실험으로 유래를 찾아보기 힘들 수준의 안보위협을 겪고 있다. 그러나 아시아의 주변국들은 경제 분야 협력은 증가하려 하나 역사인식과 영토·영위권 문제 및 북한 핵·미사일 갈등요인에 대한 안보위협이 증대되고 있음에도 안보협력은 낮아지는 현상이 벌어지고 있다.

미국은 트럼프 행정부 출현과 함께 동아시아 지역 동맹국들에 대한 국방예산 지출을 강요하고 있으며 강한 미국 건설을 위한 방안을 모색 중에 있다. 미국은 중국을 견제하기 위해 아시아 태평양 지역의 전력 증강을 이어오고 있으며 미·일 방위조약, 한·미 연합방위능력 강화 등 동아시아 동맹국들과 공조를 강화하고 있다.

일본은 2013년 12월 ‘국가안전보장회의’ 발족과 함께 2014년 7월 집단적 자위권 행사가 가능한 것으로 헌법 해석을 변경했으며 최근 북한의 연이은 미사일 도발과 핵실험으로 국제적인 자위적 차원의 무력 사용에 대한 당위성이 커지고 있으며 미일 방위조약 개정으로 중국의 군사력 증강과 북한의 핵·미사일 개발에 따른 안보위협에 대응하는 ‘통합기동 방위력’개념을 구현하려 하고 있다.

중국은 적극방어 전략을 기반으로 ‘정보화 조건 하 국지전 승리’를 달성하기 위하여 핵·미사일, 해·공군 전력 현대화 추진 중에 있다. 육군은 입체 기동작전 수행을 위해 육군항공, 기계화부대, 특수전부대를 발전시켜 공지일체, 원거리 기동 및 신속대응 능력 강화하고 있으며 미국의 동아시아지역 영향권으로부터 자국을 보호하기 위한 노력을 강화하고 있다. 해군의 원거리 작전능력 향상을 위해 18척의 수상 전투함을 추가 배치하고 2013년 항공모함을 칭다오 군항에 배치하여 전력화 진행 중이며 공군은 공격과 방어를 동시에 겸비하는 전략으로 최신 전투기, 지대공 미사일, 레이저 등 첨단무기체계를 발전시키고 있다. 특히 J-31, H-6k 등 스텔스 전투기와 장거리 폭격기 개발을 지속하고 있으며 스텔스 전투기는 이미 시험비행에 성공한 것으로 알려져 있다.

러시아는 ‘강력한 군사력’을 바탕으로 ‘적극방어’ 전략을 표방하고 있다. 이미 군 구조 및 정원 개편 등 1차 국방개혁을 완료했고, 이후 핵 억제력을 유지하며 저강도 분쟁에 대비한 신속 대응군 창설과 재래식 전력의 현대화를 추진 중에 있다. 특히 우주공간에서 우세 확보를 위해 100여기의 인공위성을 통하여 정보수집, 통신·항법에 사용하고 있으며

향후 전략 미사일방어와 위성방어 시스템을 통합한 항공우주방어체계도 구축할 예정이다.

북한은 적화통일을 목표로 핵과 미사일 개발을 지속하고 있으며 화전양면 전술과 위장 평화공세를 지속하고 있다. 북한은 핵·미사일을 연속 발사하고 신포 지역에 전략 잠수함을 운용하고 있으며, 중장거리 미사일 개발과 연이은 사격으로 동북아지역 안보 불안정성을 고조시키고 있다.

북한은 사상전, 기습전, 배합전, 속전속결 등 4대 군사전략을 유지한 체로 다양한 전술을 모색하고 있으며 김정은 권력승계이후 전면전 수행태세를 강화하고 있다. 특히 남한을 상대로 한 미사일 등 대량살상무기와 장사정포, 수중전력, 특수전 부대, 사이버 부대 등 비대칭 전력을 집중 증강하고 있다.

국력은 외교, 정보, 군사, 경제력(DIME³⁾)을 통해 표현된다. 우리나라의 외교역량은 아직 열강의 틈바구니 속에서 몸부림치는 수준을 벗어나지 못했고 정보력은 무엇이든 단정하기 어려우나 첨단장비를 사용하는 영상정보, 신호정보 면에서 아직 선진국에 못 미치는 실정이다. 규모를 알 수 없으나 정예화 된 인간정보를 통해 어느 정도 정보력이 유지된다고 볼 수 있다. 경제력은 1970~80년대 급격한 경제성장 이후 지속적으로 발전해 지금은 선진국들과 어깨를 나란히 견줄만한 수준이 되었으나 최근 국제경제의 침체 속에 국가경제 전망도 그리 밝지 않은 상황이다. 남북이 대치하고 있는 우리나라의 독특한 안보상황 때문에 해마다 많은 예산이 국가 방위를 목적으로 방위력 개선과 군사력 운영을 위해 소비되고 있으나 북한의 비대칭 무기체계에 대응할 뚜렷한 대응책을 갖추고 있지 못하며 그중에서 인력(Strength)은 중심으로 전투력이 형성되어 있는 것을 특징으로 하고 있다. 기술 군으로 오래전부터 천명한 해·공군은 그나마 인력보다 첨단장비 중심의 전투력 구현을 위해 노력한 덕분에 장비중심의 전투력이 형성되고 있으나 내부적으로 부족한 인력에 허덕이고 있다.

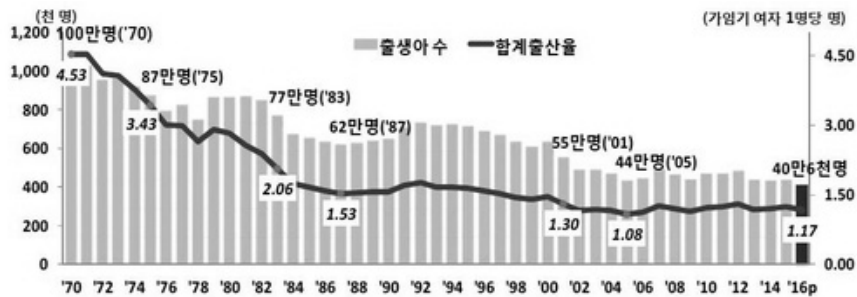
1. 출생률 감소와 군사력유지

대한민국 출생인원의 지속적인 감소는 어제 오늘만의 일이 아니다. 초등학교 자녀를 둔 학부모들이 자녀들의 학교를 방문하면 30년 전 자신들이 다니던 콩나물시루 같은 교실의 모습과 대폭 달라진 지금의 교육환경에 적지 않게 놀라게 된다. 지금 초등학교 한

3) DIME : Diplomacy, Intelligence, Military, Economy

교실의 학생 수는 30명이 채 되지 않고 심지어 도서산간 지방의 학교는 전교생이 10여명도 안 되는 경우가 많다. 물론 교육부에서 양질의 교육환경을 제공하기 위해 더 많은 예산과 노력으로 많은 학교가 설립되었기 때문에 교실의 학생 수가 줄어든 것도 사실이다. 그러나 최근 대한민국 출생 데이터는 대한민국 국민으로 태어난 사람이 해가 갈수록 줄어들고 있으며 ([그림 2-1] 참조) 최근 태어난 신생아들이 입학하는 향후 7~8년 후의 학생 수는 시급하게 걱정해야하는 수준에 도달했다고 볼 수 있다. 초등학교를 졸업하고 또 7~8년 후면 대부분 군복무를 하게 되는데 대한민국에 복무할 군인장병의 숫자는 신생아 숫자를 고스란히 반영한다는 측면에서 신생아 출생 비율이 군의 전투력과 직접적인 연관이 있다고 볼 수 있다.

미래 국방을 준비한다면 지금까지 군사력 건설이 사람중심의 건설이라는 점에서 반성해 봐야한다. 지금처럼 신생아 출생 비율이 줄어드는 시점에서 가까운 미래(10년 이내)에 사람의 숫자를 군사력 수준의 핵심으로 유지하는 것은 사실상 어렵다고 볼 수 있으며 미래 군사력 공백이 발생할 것이라 사실은 피해갈 수 없는 현실이 될 가능성이 높다.



[그림 2-1] 우리나라의 연도별 출산률

(출처 : 조선일보, “2015년 12월 출생아 수만큼 작년 출생아 수 줄어”...지난해 출생아 수 역대 최저치)

2. SW 중심의 IT와 자율주행

우리나라는 지난 수년간 국가 주도하에 IT 기술을 발전시키기 위해 노력해왔다. 많은 부분에서 고성능 네트워크 구축 등 IT 인프라 구축을 중심으로 발전시켜왔으며 인터넷 banking과 SNS 및 인터넷 상거래 등 나름 여러 분야에서 발전을 계속하고 있다. ([표 2-1] 참조) 그러나 최근 휴대폰 업계의 지각 변동을 살펴보면 하드웨어와 인프라를 가진 업체가 시장을 주도하는 것이 아니라 하드웨어에 탑재할 Contents를 가진 업체가 시장을 주도하고 있다.

[표 2-1] SW 산업 연대표

| 시 기 | 주요 발전사항 |
|----------------------------|--|
| <p>태동기 (1960~1969)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 사회·경제적 변화 <ul style="list-style-type: none"> · 정부주도의 강력한 경제성장 전략 추진 · 제1차 경제개발 5개년계획 시작('62) · 자립경제 달성을 목표로 사회간접자본 토대 형성 본격적인 공업화 시작 · 1인당국민총생산(GNP) 125달러 2. IT 정책 <ul style="list-style-type: none"> · 과기처 산하 한국전자계산소(KCC) 설립('67) 3. IT 산업계 <ul style="list-style-type: none"> · 국내 최초 아날로그 소형 전자계산기 가동('62) · 한국 IBM 설립('67) · 경제기획원 IBM 360 가동('68) 4. IT 기술 <ul style="list-style-type: none"> · KCC, 키펀치(EDPS) 용역수출개시('69) |
| <p>전산화 (1970~1979)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 사회·경제적 변화 <ul style="list-style-type: none"> · 수출주도형 성장도모 고도성장기 · 경공업에서 중화학공업 중심으로 경제개발 계획 재편 · 수출 100억 달러 달성('77) · 1,2차 석유파동('73,'79) · 중동건설경기 활황, 외자도입 급증 2. IT 정책 <ul style="list-style-type: none"> · 한국통신기술연구소(한국전자통신연구원 전신) 발족('77) · 전경련, 정보산업 육성법 제정 촉구('78) · 내무부, 전국토지지적전산화 작업 시행 발표('79) · 정부, 82년까지 각 행정업무와 통제를 전산화하기로 결정('79) 3. IT 산업계 <ul style="list-style-type: none"> · 한국 유니시스 국내 법인 설립('71) · 삼성그룹 종합전산실 구축('76) · 한국증권전산 발족('77) · 상업은행 보통예금 온라인 처리 시작('77) · 6대 해상화재보험, 공동 전산개발실 설치('79) 4. IT 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 최초의 자동교환식 전화기 '체신호' 등장('76) · KIST 전산개발센터가 자체개발한 한글편집 기억표현형 소프트웨어에 대해 일본의 파콤과 10만 달러에 수출 계약('79) |

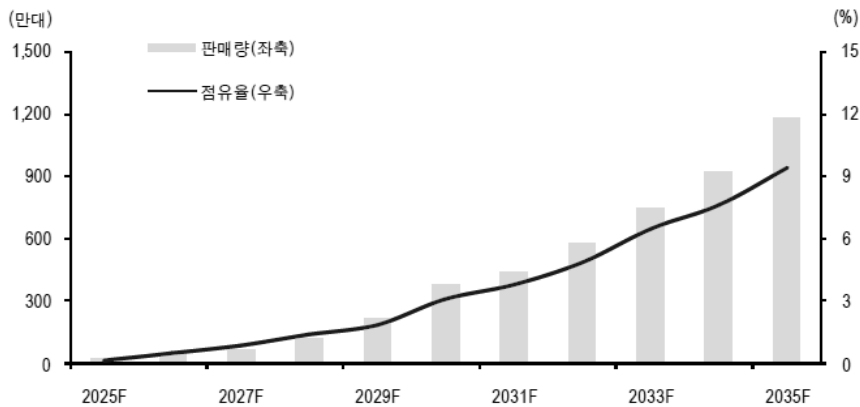
| 시 기 | 주요 발전사항 |
|------------------------------|--|
| <p>PC대중화 (1980~1989)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 사회·경제적 변화 <ul style="list-style-type: none"> · 정부주도에서 민간주도의 자유경제 유도 · 경제개발계획에서 '경제사회발전 5개년 계획'으로 변경 · 급속한 성장에 따른 불균형 문제 대두 · 물가안정이 최우선 추진과제 · 국제수지흑자 전환 2. IT 정책 <ul style="list-style-type: none"> · 정부, 컴퓨터산업을 80년대 주력산업으로 선정('80) · 노동청, 취업정보 전산화 계획발표('80) · 체신부에서 분리된 한국전기통신공사(현 KT) 출범('81) · 정부, 자동지로제 도입방침 발표('81) · 제1차 국가기간전산망 기본계획수립('82) · 정보통신기본법 제정('82) · 소프트웨어 개발 촉진법 개정('87) 3. IT 산업계 <ul style="list-style-type: none"> · 증권 온라인 시스템 본격 가동('80) · 삼성물산, 최초로 텔렉스 시스템 개발('82) · 국내 첫 소프트웨어 복제시비 소송 제기('84) · PC통신 서비스 상용화('85) · 삼성 데이터시스템(현 SDS) 설립('85) · 럭키금성의 STM(현 CNS) 설립('87) · 대기업, 소프트웨어 전담회사 설립 증가 · 한글과컴퓨터 '아래아 한글 1.0' 출시('89) · BSA의 한국 설립으로 소프트웨어 불법복제 단속 시작('89) · 퓨쳐시스템, PC용 한글 유닉스 개발 4. IT 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 286 기종, MS DOS PC 확산 · 전산업무를 뒷받침 할 SW 개발 활기('82) · KAIST 정보검토용 데이터베이스 제작('82) · 공중전화망(PSTN) 데이터 서비스 개시('83) · 공중전보통신망(PSDN) 최초 개통('84) · 한글 전자우편 서비스 제공('85) · 국내기술로 TDX 전전자교환기 개발('86) |
| <p>인터넷혁명 (1990~1999)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 사회·경제적 변화 <ul style="list-style-type: none"> · 첨단과학기술의 발전으로 산업구조 고도화 · 1인당 국민소득 1만달러 달성('97) · IMF외환위기 도래('97) · 초고속인터넷 서비스 개시 · 인터넷 이용자 1,000만명 돌파('99) |

| 시 기 | 주요 발전사항 |
|--------------------------------|--|
| | <p>2. IT 정책</p> <ul style="list-style-type: none"> · 소프트웨어 수입전면 자유화 조치 발표('91) · 제2차 국가기간전산망 기본계획 수립('92) · 정보화촉진기본법 제정('92) · 정보산업 총괄한 정보통신부 출범('94) · 초고속 정보통신 기반구축 종합계획 수립('95) · 한국소프트웨어지원센터 설립('96) · 한국소프트웨어진흥원 설립('98) · 전자상거래법 제정('99) <p>3. IT 산업계</p> <ul style="list-style-type: none"> · 국산 DOS인 K-DOS 출시('93) · 타이콤 국산 주전산기('94) 개발 · 윈도우95 출시로 PC보급 활황('95) · 안철수 컴퓨터 바이러스 연구소 설립('95) · Microsoft 인터넷 익스플로러 2.0발표('96) · E-Business(전자상거래) 개시('96) · 서기 2000년 위협론 Y2K 대두('97) · 한글과컴퓨터, 보급형 소프트웨어 지정 시정건의 · 소프트웨어 벤처기업의 코스닥 등록 붐('97) · ERP 시장 본격화('97) · 해외 소프트웨어/서비스 업체 국내 진출 러시 · 소프트웨어업계, 리눅스 지원정책 발표('99) <p>4. IT 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> · Microsoft, 윈도우 3.0 발매('90) · Microsoft, 윈도우용 워드프로세스 워드5.0 발표('94) · 인터넷 상용서비스 개시('94) · ISDL 서비스 개시('94) · CDMA 상용화('96) · 초고속 인터넷 상용 서비스 개시('98) · IPv6 주소 최초 배정('99) |
| <p>디지털컨버전스 (2000~2011)</p> | <p>1. 사회·경제적 변화</p> <ul style="list-style-type: none"> · OECD 국가중초고속망구축세계1위('01) · 무선인터넷단말기보급2,000만대돌파('01) · 초고속인터넷가입자1,000만명돌파('02) · 한국게임시장 3조원('02), 디지털콘텐츠시장 5조원돌파('03) · 전자상거래 300조원 돌파('04), 인터넷가입자 3,300만명 돌파('05) · 미국발 금융위기로 촉발된 전세계 경기침체('08) · 국가 신성장동력으로서 IT융합 제기('08) · IT·방송·통신융합 가속화('10) · 글로벌 금융위기 진정, 신흥국 주도의 국제 경제 활성화('10) · 글로벌 재정위기, 미국 신용등급 하락, 스마트생태계 구축('11) |

| 시 기 | 주요 발전사항 |
|-----|---|
| | <p>2. IT 정책</p> <ul style="list-style-type: none"> · 소프트웨어산업진흥법 공포('00) · 초고속정보통신망 고도화 기본계획 수립('01) · 전자정부(egov.go.kr) 공식 출범('02) · 온라인디지털콘텐츠산업발전법 공포('02). IPv6 활성화 계획 수립('02) · 전자정부 로드맵 31개 과제 추진('03) · 광대역통합망(BcN)구축 기본계획 수립('04) · 정통부, IT839 전략 추진('04), U-IT839 업그레이드 전략 수립('06) · 공공기관소프트웨어분리발주시작('07) · 주민등록번호대체수단i-Pin) 도입('07) · 음성과 데이터 유선과 무선 방송과 통신의 융합 정책추진('08) · 정보통신산업진흥원NIPA) 출범('09) · '소프트웨어강국도약전략' 발표('10) · 공생발전형SW생태계구축전략('11) <p>3. IT 산업계</p> <ul style="list-style-type: none"> · 검색엔진 시장 각광('01) · ERP, 대기업시장에서중소기업시장으로확대('02) · 방카슈랑스도입으로IT 수요급증('03) · 대형IT기업 모바일시장 진출을 위한 전략수립('03) · 소프트웨어의 새로운 유통방식인 SaaS 관심 고조('06) · 한국형모바일웹표준화추진('06) · 글로벌소프트웨어기업 M&A로시장재편('07) · 실시간 IPTV 시대 개막('09) · 국내 대표 소프트웨어 기업들의 M&A 및 매각('10) · 종합ICT 서비스 기업 출현('10) · 클라우드 컴퓨팅·데이터센터 서비스 활성화, 해외진출/신성장산업 진출 확대('11) <p>4. IT 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> · 무선랜 서비스 개시('02) · VOD 서비스 개시('02) · VDSL 서비스 개시('03) · 인터넷전화(VoIP) 상용 서비스 개시('05) · FTTH(덕내광케이블) 도입('06) · 세계 최초 Wibro, HSDPA 서비스 개시('06) · 국내 모바일 플랫폼 출시 러쉬('08) · 스마트폰, 태블릿PC, 앱스토어 대중화('10) · 국내 통신 3사의 클라우드 서비스 시작('10) · 소셜네트워크서비스, 소셜커머스 등 소셜비즈니스 열풍('10) · 정보시스템 보안(DDoS, APT 공격 대응)·스마트폰 보안 기술 각광, 빅데이터 및 Advanced Analytic 기술 부상('11) |

(출처 : 지식경제부, “2011 SW 산업 연간 보고서”)

구글이 휴대폰 시장에서 차지한 규모는 이미 휴대폰 기계를 판매하는 업체보다 컸으며 애플의 iPhone 역시 휴대폰 자체보다 그 Contents에 의해 부가가치가 형성되고 있다. 자동차 분야도 예외는 아닌데 미국 라스베가스에서 매년 열리는 가전 박람회(CES, The Consumer Electronics Association)에서 최근 자율주행을 필두로 전기자동차들이 선보이고 있다. 신한은행이 평가한 2017년 CES Review⁴⁾에서 지금 가전업계는 자동차 산업에 대한 관심도가 대단히 높으며 한층 가속화된 융복합, 인공지능과 연결성이 화두라고 하면서 전통적인 자동차 산업에 대한 새로운 해석과 매년 강조되는 자율주행, 전동화, 연결성이라는 주제와 함께 점차 새로워지고 있는 구현방법의 등장을 강조하고 있다. 특징적인 것은 완성차 업체들의 관심이 인공지능과 결합된 자율주행, 전기차 기반의 플랫폼, 커넥티비티를 위한 이종 산업간 합종연횡으로 정리하고 있다. 또한 산업간 인공지능을 이용한 결합이 활성화 되고 있는 완성차 업계는 시장 사수를 위해 부품, 및 IT 업체에게는 새로운 기회의 장으로 판단하고 있으며[그림 2-2]와 같이 자율주행차 시장의 성장세는 당분간 지속될 것이며 앞으로 자율주행 시장에 투자할 계획을 추진 중에 있다고 보고하고 있다.



[그림 2-2] 자율 주행차 시장전망 (출처 : 신한금융투자, 2017)

미국의 국방산업 또한 마찬가지다. 미국은 국방 경쟁력을 재고하기 위한 방안중 하나로 자율형 차량을 전력화 시키고 있다. DARPA Challenge에 등장한 OSHKOSH

4) CES Review, 신한은행, 2017

Defense는 군의 물자수송을 위해 자율주행 차량을 개발하고 전장에서 운용할 수 있도록 추진 중에 있다. 자율주행 차량은 인력을 감축하고 새로운 개념의 전력운용개념을 탄생 시키며 미래 전장을 주도할 새로운 기술로 주목받고 있다.



[그림 2-3] OSHKOSH Defense의 자율주행 트럭

하드웨어가 전혀 없는 업체도 많이 형성 되는데 우버(Uber) 택시를 포함해 Air bnb 등의 회사는 IT를 기반으로 하고 있으나 하드웨어를 전혀 가지고 있지 않은 공유경제의 대표적인 Contents로 알려져 있다. 우버(Uber) 택시는 스마트폰 기반 교통서비스를 제공하는 미국의 교통회사로 볼 수 있으며 2010년부터 서비스를 시작해서 현재 전 세계 72개 국가 400여 개 도시에서, 28개 EU 가입국 중 22개 국가에서 서비스를 제공하고 있다⁵⁾. 우버(Uber) 택시의 가치는 창업 6년 만에 기업가치가 680억 달러(82조6000억 원)로 성장했다. 2014년 기준 우버의 기업가치는 18조 원이 넘어 중국의 전자업체 샤오미를 제쳤고 108년 전통의 미국 대표 자동차 제조사 제너럴 모터스(GM)의 시가총액 460억 달러(55조8900억 원)를 넘어섰다. 그들은 오직 Contents 만으로 기업의 가치를 형성하는 회사라고 볼 수 있다.

5) “세계 최대 차량공유 서비스 업체 ‘우버(Uber)’”, 뉴질랜드 타임즈, 2017년 05월 18일

3. 과도한 전장정보와 미래전

무어(Moors)의 법칙⁶⁾에 의하면 IT와 정보기술은 기하급수적으로 팽창할 것으로 예상되어진다. 그러나 과도한 정보 제공은 오히려 건전한 정보를 찾아내기 어렵게 만들 수 있다. 소비자의 심리를 연구한 학자의 논문⁷⁾에 의하면 “~소비자들은 상품종류의 과다, 시의성 있는 정보의 지속적 습득, 상품의 비교에 있어서 큰 어려움을 겪고 있었다.”라고 연구결과를 발표했다. 또한 그들은 “신문과 팸플릿은 그 유용성 평가에 있어서 대체로 긍정적인 평가를 받고 있었으나, 신뢰도와 난이도에 있어서는 낮은 평가를 받았다.”라고 하면서 신문과 팸플릿을 통한 정보제공 역시 건전한 정보로서 역할을 수행하는데 어려움이 있다는 사실을 나타낸다. 과도한 정보제공의 문제를 연구한 Lincoln, Anthony는 그의 논문에서 사람들은 자신들이 좋아하는 부분에 대해 관심을 가진다. 그러나 과도한 정보제공은 결과적으로 함께 움직이는 다른 부분을 무시하는 경향이 있고 이를 통해 인간에게 과도한 정보제공 현상을 일으킨다고 했으며 과도한 정보제공의 다양한 경로에 대해 설명했다⁸⁾. 의사결정을 해야 하는 사람에게 과다한 정보는 특히 건전한 판단을 어렵게 만드는 경향이 있다고 그는 말한다. 인지과학자 Edward Tufte는 그의 논문에서 무분별한 원천정보의 과다한 제공보다 인간이 소화해 낼 수 있는 수준의 정제된 정보의 제공이 중요하며 의사결정에 있어서 중요한 것은 정보의 양이 아니라 그것을 사용하는 사람이 받아들일 수 있는 정도에서 어떻게 써야하는지 구별할 수 있도록 하는 것이라고 했다⁹⁾.

6) 반도체 집적회로의 성능이 24개월마다 2배로 증가한다는 법칙. 경험적인 관찰에 바탕을 두고 있다. 인텔의 공동 설립자인 고든 무어가 1965년에 내 놓은 것(출처 : 위키피디아)

7) “소비자의 금융정보탐색장애와 신문·팸플릿의 유용성 평가”, 박지우, 여정성, 소비자학연구 제20권 제1호, 2009.3

8) Lincoln, Anthony (March 2011). "FYI: TMI: Toward a holistic social theory of information overload". First Monday. 16. "Economics often assumes that people are rational in that they have the knowledge of their preferences and an ability to look for the best possible ways to maximize his preferences. People are seen as selfish and focus on what pleases them. Looking at various parts on their own, results in the negligence of the other parts that work alongside it that create the effect of IO."

9) Mulrow, E. J. (2002). "The Visual Display of Quantitative Information: The Visual Display of Quantitative Information", *Technometrics* 44 (4): 400-400. doi:10.1198/tech.2002.s78

[표 2-2] 전투원과 무인무기체계 장단점 비교

| | 전투원 | 무인무기체계 |
|----|---|--|
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> • 판단력이 뛰어나다 • 윤리적이다 • 책임 소재가 명확하다 • 학습능력이 뛰어나다 • 창의적 능력이 있다 | <ul style="list-style-type: none"> • 계산능력이 뛰어나다 • 최적화된 기계학습이 가능하다 • 전투에 필요한 센서는 인간의 것보다 수배 강력하다 • 프로그램은 언제나 업데이트와 이식이 가능하다 |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> • 근력, 시력, 청력, 체력, 계산 등 전투에 필요한 능력이 제한적이다 • 죽으면 재생이 불가능하다 • 재프로그래밍 될 수 없다 | <ul style="list-style-type: none"> • 스스로 문제해결을 못 한다 • 아직 낮은 수준의 지능이다 • 언제나 오작동이 가능하다 • 인간사회 윤리를 모른다 |

최근 로봇을 이용한 전투장비 개발에 많은 시간과 예산을 투자하고 있다. 특히 전장의 수많은 센서들로부터 전장 정보를 수집하려는 노력을 하고 있다. 각종 영상정보를 포함해 신호정보, 인원정보 등 다양한 경로를 통해 정보를 수집하고 있으나 아직까지 전문가 집단에 의해 이들 정보들이 걸러지고 있으며 때로는 수집된 첩보수준의 내용이 여과 없이 의사결정권자에게 제공되곤 한다. 인간이 로봇과 비교해 가장 잘 할 수 있는 능력이 판단능력([표 3-1] 참조)이라고 자신 있게 말할 수 있지만 전장에서 제공되는 다양한 정보는 오히려 인간에게 건전한 판단을 하는데 장애물로 작용할 수 있다. 경찰이 치안유지를 위해 사용하는 CCTV의 경우 과도한 정보제공이 오히려 치안유지에 어려움을 제공하며 그 문제점과 영향 요소를 다음과 같이 정리하고 있다.¹⁰⁾

| System Problems | Impact of Problem on User & Their Tasks |
|---|--|
| (1) Low operator to screen ratio More cameras were being introduced to the system and control rooms were given extra camera access for better security coverage | - Risk missing vital information during scanning and/or following moving people and objects from camera to camera, particularly when operators had no peer support |
| (2) Information overload: Operators were exposed to multiple sources of information and communication systems, i.e. radio call groups, telephone, e-mail, and cameras access views | - Risk missing vital audio information over radio as operators were often confronted with other audio and video information simultaneously over long periods of time |
| (3) Delay in viewing & locating CCTV views: An electronic geographical map linked to camera screens and locations was a needed tool. Some video monitor screens would freeze because of signal loss due to bad weather | - Good local knowledge of the surveillance area was necessary for camera search tasks. Often manual lists go astray in the control room - A manual system could cause delays in passing on the spot information to police officers - Risk of missing miss incident(s) altogether |
| (4) Dysfunctional Pan, tilt & zoom (PTZ) controls: Legacy systems that were integrated with newer systems and poorly maintained equipment led to electronics to fail and work inefficiently | - Operators' felt 'embarrassed' when sharing CCTV video with police control room operators because controls would not allow the cameras to move when given instructions |
| (5) Street cameras were poorly sited Poor planning and assessment of CCTV environment during the installation phase had meant that over grown trees and other objects occluded the camera views | - Cameras positioned too high or near overgrowing trees. Operators were 'frustrated' when trying to focus on specific activities such as drug dealing and youth loitering |

[그림 2-4] 경찰 CCTV 운용자가 경험하는 문제점

10) H Keval, MA Sasse - 16th World Congress on Ergonomics, "Man or gorilla? Performance issues with CCTV technology in security control rooms" 2006

앞으로의 전장에서 엄청난 정보들이 수집될 것으로 예상된다. 특히 영상 및 신호정보가 수집되는 정보의 대부분을 차지할 가능성이 높다. 넘쳐나는 전장 정보는 전장에서 사용할 수 있는 유익한 정보로서의 가치를 가지도록 신속한 처리과정이 절대적으로 필요한데 미래전을 대비한다면 밀려드는 정보 처리를 전문가에게만 맡긴다는 생각은 빨리 생각을 바꿀 필요가 있는 시점이다.

2011년 2월 미군의 헬기사격에 의해 아프칸 민간인 23명이 희생된 사고를 조사에 의하면 미군의 무인항공기 운용자가 민간인 촌락에 군중이 모이고 있다는 결정적 정보를 헬기 작전병에게 전달하지 않았기 때문에 발생했다고 한다¹¹⁾. 공군과 육군의 공식적인 해명에 의하면 이 사건은 과도한 정보 때문에 발생한 실수에 의한 사건이라고 했다. 실제로 미국 네바다의 공군기지에 근무하는 무인항공기 운용자는 실제로 민간이 촌락에 발행하는 일들을 분석하기 위해 충분히 노력하고 있었고 심지어 칸보이 까지 형성했었다고 한다. 그들은 무인항공기에서 제공된 수십 개의 영상과 다양한 작전 메시지와 작전 명령 뿐만 아니라 무전기를 통해 전파하고 또 새로운 정보를 그들로부터 수집해야 했다. 당시에 촌락에 모인 사람 중에 다수의 아이들이 포함되어 있다는 중요한 정보가 있었음에도 불구하고 무인항공기 운용자는 쏟아지는 정보 속에서 적절히 집중하지 못했다고 증언했다.

데이터는 21세기와 미래 전장에서 비교할 수 없는 중요한 무기나 다름없다. 과거에 경험해보지 못한 엄청난 양의 원천 정보는 타격할 표적을 선정하고 무엇을 회피해야 하는지 알려주는 중요한 자산이었다. 최근 드론에 의해 수집되는 엄청난 양의 정보는 수집되고 정제되어야 하는 새로운 종류의 전사로 급부상하고 있다. 그러나 그런 종류의 정보는 때때로 기대한 대로 작동하지 않을 수도 있다.

현대전을 포함해 미래전은 빠른 작전 템포를 요구하고 있다. 작전템포는 기동성 있는 장비의 전력화를 통해 달성 할 수 있을 것이라는 생각을 해왔다. 그러나 작전 템포는 신속한 의사결정에 의해 충분히 영향 받을 수 있으며 그 중에서도 전장은 넘쳐나는 정보를 신속히 처리하는 능력에 좌지우지 될 가능성이 높다. 과도한 정보는 특정 계층에 한정된 것이 아니다. 지상의 말단 병사로부터 장군에 이르기까지 모든 인원들에게 영향을 준다¹²⁾. 그래서 전장의 정보를 정리해서 인간이 감당할 수 있는 수준의 양으로 압축한 순

11) "In New Military, Data Overload Can Be Deadly", New York Times, January 16, 2011

12) Art Kramer, a neuroscientist and director of the Beckman Institute, a research lab at the University of Illinois

도 높은 정보 제공을 요구하고 이를 통해 건전한 의사결정을 지원해 줄 수 있는 도구가 점차 절실히 필요해 지고 있다. 미군은 현재 최첨단 기술과 장비로 전장을 지배하고 있다. 또한 그러한 최첨단 기술과 장비로 장병이 얼마나 조화롭게 운용될 수 있는가에 대한 연구도 꾸준히 병행되고 있다.

4. 재래식 전력 운용 전망

기존에 사용했던 재래식 전력 또한 원거리 신속투사에 중점을 두고 발전할 것이다. 신속결정전을 기반으로 지상 전력을 대표하는 전차와 화포는 현재의 운용개념을 크게 바꾸지 않고 유지될 전망이다. 그러나 자동화 기술의 발달에 따라 자율주행이 적용되고 운용 인력 감소 효과를 추구하면서 자율주행 기반 무기체계 등이 등장할 전망이다. 그러나 인간을 대신하는 무인 전투체계의 등장은 상당기간 등장하기 어려울 것으로 예상된다. 이렇게 예상하는 이유는 우선 무인전투를 수행할 만큼 피아식별 능력이 성숙하지 않았기 때문이다. 지금도 전차에 피아식별 장치를 부착하고 항공기 공격으로부터 보호 받을 수 있는 장비를 사용하고 있으나 이는 인간이 운용한다는 전제하에 가능한 것으로 인간의 판단력 없이 현실화되기 어려운 분야이기 때문이다. 특히 이미지 처리 능력은 아직도 3차원 공간을 2차원으로 단순하게 다루고 있고 이를 공간상의 3차원 이미지를 만들어 내기 위해 LADAR 등 고가의 장치가 필요하지만 3차원 이미지를 만들어 내더라도 사물을 식별할 수 있는 능력을 갖추기 까지 아직 요원하기 때문이다.

앞에서 언급한 무인 및 우주체계 발전과 관련하여 우주기반 원거리 광역 정밀 감시정찰체계와 실시간 지휘통제체계가 발전되고 원거리 신속투사를 위한 각종 무기체계와 정밀 타격체계가 실용화 될 것이다. 기존의 핵무기는 이미 세계 여러 나라에서 중요한 억제 전력으로 개발되었으며 앞으로도 급속한 기술 발달에 힘입어 질적인 도약이 예상되고 있다. 전술핵은 소형화 정교화 하여 지하 깊숙한 곳에 은닉하고, 이에 대응하여 주요 지휘 시설은 더욱 고강도 지하시설로 강화될 것이다.

5. 4차 산업혁명 시대의 도래와 새로운 패러다임

최근 주목받는 4차 산업혁명(지식정보 혁명) 또한 안보와 국방 차원에서 변화를 미리 준비해야 할 분야 중에 하나이다. 산업혁명이라는 것은 어떤 기술에 의해 인간의 삶에 큰 변화를 가져왔을 때 부르는 단어이다. 4차 산업혁명은 분명 우리의 삶에 큰 변화를 가져올 뿐만 아니라 안보와 국방에 상당히 큰 변화를 가져올 것이 틀림없기 때문에 소홀히 다룰 수 있는 주제가 아니다. 4차 산업혁명은 인공지능, 로봇공학, 사물 인터넷, 무인 운송 수단(무인 항공기, 무인 자동차), 3차원 인쇄, 나노 기술과 같은 6대 분야를 중심으로 기술적 혁신이 진행 중에 있다.

1차 산업혁명은 주로 농경 사회에서 농촌 사회로의 전환이 산업과 도시로 바뀌는 시기로 철강과 증기엔진이 산업혁명을 주도한 핵심요인이라고 볼 수 있다. 2차 산업혁명은 전기 혁명이라고도 불리며 기존 산업의 성장기였고 철강, 석유 및 전기 분야와 같은 신규 산업의 확장과 대량 생산을 위해 전력을 사용했다는 특징이 있다. 3차 산업혁명은 또는 디지털 혁명이라고도 부르며 개인용 컴퓨터, 인터넷 및 정보 통신 기술(ICT)이 포함된다.

지금까지 산업혁명은 어느 날 갑자기 발생하지 않았다. 그동안 축적되었던 과학기술과 사회적 필요성에 의해 폭발적으로 변화를 이끌어 냈던 것뿐이다. 농경사회에서 공장제 사회로 변화를 주도했던 1차 산업혁명은 식량 부족과 생산성 향상에 대한 필요성에 의해 증기기관의 발명과 함께 자동화 설비의 등장이 필연적일 수밖에 없었다. 전기와 함께 대량생산의 시대를 열어준 2차 산업혁명은 인간의 풍요로운 삶에 대한 욕구가 불러온 결과였으며 정보통신 기술의 혁신으로 수없이 많은 정보를 영유하며 살아가는 것 역시 최신 정보를 갈망하는 인간의 욕구를 충족시켜주기 위해 발생한 것이라고 볼 수 있다.

4차 산업혁명의 대표 아이콘이라고 부를 수 있는 인공지능은 과거부터 지금까지 흥함과 쇠퇴의 연속이라고 볼 수 있다. 1956~1974까지 인공지능의 황금기라고 불리던 시기가 있었으며 1974~1980와 1987~1993까지 첫 번째와 두 번째 암흑기를 지나 1993년부터 지금까지 이르고 있다. 인공지능 기술은 4차 산업혁명과 함께 주목받고 있는 기술이다. 과거 인공지능 기술은 최적화 기술의 한 지류로서 학문적으로 최적화를 위해 등장한 방법 중에 하나로 인식되었다. 그러나 최근 자연어 처리와 이미지 처리 등 획기적인 모습을 보이면서 인공지능의 새로운 가능성을 보여주고 있으며 이에 따라 국방에서도 새로운 접근 가능성으로 모색해 보는 것이 필요한 때가 되었다. 그래서 4차 산업혁명과 인공지

능에 의한 세상의 변화뿐만 아니라 안보 지각변동을 미리 예측하고 다가올 충격으로부터 미리 대비할 수 있도록 국방 분야에서 인공지능을 이용한 무기체계 개발과 전투개념 발전에 새로운 패러다임을 제시해야할 시기가 도래했음을 인식하고 깊이 있는 연구가 필요한 시기가 되었다.

로봇공학은 로봇에 관한 과학이자 기술학이다. 로봇공학자는 로봇을 설계, 제조를 하거나 응용 분야를 다루는 일을 한다. 가장먼저 산업용 로봇으로 활용되었다. 공장에서 조립과 용접을 하는 로봇 팔 등이 있다. 산업분야에서 로봇은 주로 힘과 정밀도를 필요로 하는 분야에서 주로 사용되고 있다. 때론 물건을 운반하거나 독극물을 다뤄야하는 공정에 투입되기도 한다. 일반 가정에서는 청소용 로봇 등 가사지원 로봇이 독보적이다. 로봇의 인지능력이 발달하면 간단한 심부름과 다양한 설거지 등 가사업무 전반을 담당할 것으로 예상된다. 또한 노인복지와 장애인을 위해 다양한 간병로봇 뿐만 아니라 다양한 세대를 위한 교육용 로봇도 주목받고 있다.

로봇은 기본적으로 로봇을 위한 운영체제(ROS)를 바탕으로 개발된다. ROS는 마이크로소프트의 윈도우, 매킨토시, 구글 안드로이드 등과 유사하지만 로봇 개발을 쉽게 만들기 위해 무료이며 오픈소스로 개발되어 소프트웨어 개발을 쉽게 할 수 있도록 하고 있으며 로봇 개발 표준 소프트웨어 플랫폼이 신속히 자리 잡고 있다. 컴퓨터의 경우 일단 표준 OS가 개발되고 사용하기 편한 프로그래밍 툴이 따라오고 나면 응용 소프트웨어는 폭발적으로 등장한다는 사실을 알 수 있다. 로봇도 비슷할 것이라는 것이 중론이다. 미래 로봇공학의 핵심은 인공지능 기술과 융합이다. 자연어 처리 능력을 통해 로봇은 점차 인간과 대화를 통해 움직이게 되고 다양한 센서와 영상 식별능력으로 적절한 판단과 움직임이 가능해 질 것으로 보인다.

사물 인터넷은 각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 인터넷에 연결하는 기술을 의미한다. 여기서 사물이란 가전제품, 모바일 장비, 웨어러블 컴퓨터 등 다양한 임베디드 시스템이며 각 아이피를 통해 인터넷으로 연결되며, 외부 환경으로부터의 데이터 취득을 위해 센서를 내장한다. 4차 산업혁명과 함께 주목받고 있는 사물 인터넷은 각 사물에 대한 방대한 데이터가 모이게 되는데, 이렇게 모인 빅 데이터를 효율적인 알고리즘 개발을 통해 인간에게 새로운 편의를 제공할 것으로 기대하고 있다. 차량을 인터넷으로 연결하여 안전하고 편리한 운전을 돕거나 심장박동, 운동량 등의 정보를 제공하여 개인의 건강을 증진에 기여할 수 있으며 주거환경을 통합 제어할 기술을 마련하여 생활 편의를 높이

고 안전성을 제공하기도 한다. 산업 부문에서 공정을 분석하고 시설물을 모니터링 하여 작업 효율과 안전을 제고할 수 있다.

무인항공기와 무인 자동차로 알려진 무인 운송 수단은 자율제어와 함께 인공지능이 결합하여 새롭게 조명 받고 있는 분야이다. 최근 급성장세를 보이고 있는 무인항공기는 취미·오락을 뛰어넘어 새로운 물류 대안으로 등장하고 있다. 간단한 조작법과 합리적인 가격대로 일반인들이 쉽게 접할 수 있는 환경이 제공되면서 그 적용범위가 넓어지고 있는 추세다. 군에서도 무인항공기는 정보수집 목적으로 운용 중에 있으며 무인 전투차량과 함께 미래전장의 주역이 될 전망이다. 무인무기체계는 기동형 슈퍼컴퓨터의 등장과 함께 보안 클라우드 환경을 조성하여 슈퍼컴퓨터 기반 인공지능 지원을 받으면서 NCW¹³⁾ 환경 가장 적합한 무기체계가 될 것으로 전망하고 있다. 그러나 무인 운송수단은 사물인터넷 기기의 취약점을 모두 가지고 있는데 대표적인 것이 해킹이다. 지상과 공중에 움직이는 무인 운송 수단은 해킹에 의해 마음대로 조작될 수 있으며 물리적 위해를 가할 수 있는 무기로 쉽게 돌변할 수 있다.

3차원 인쇄는 기존 잉크젯 프린터에서 쓰이는 것과 유사한 적층 방식으로 입체물을 제작하는 장치를 말하며, 컴퓨터로 제어되기 때문에 만들 수 있는 형태가 다양하고 다른 제조 기술에 비해 사용하기 쉽다. 3차원 인쇄 기술은 대량생산 체제에서 맞춤형 생산으로 제조 기술의 큰 변화를 가져올 것으로 예상되고 있다. 3차원 인쇄가 4차 산업혁명과 함께 주목받는 이유는 이론상 어떠한 물건도 만들어낼 수 있다는 것 때문인데 의료용 장치 뿐만 아니라 가정용품과 산업용품 등 종류를 가리지 않으며 대론 각종 살상용 무기도 만들 수도 있기 때문에 총기 규제가 무력화될 수 있다는 우려를 낳고 있다.

나노기술은 센서·구동장치·구조의 차원에서 MEMS와 NEMS, PEMS¹⁴⁾ 수준에 이르고 있으며 재료공학을 주축으로 물리·화학·바이오/의학·전자·수학 등의 학제에서 융합과 기술적 혁명을 선도하고 있다. 특히 군사적 차원에서 초정밀 시스템 설계, 극소형 센서 개발을 통해 무기체계 소형화, 경량화를 현실화하고 정밀타격체계 및 재래식 무기의 지능화·자율화 구현에 기여할 것으로 예상된다.

13) Network Centric Warfare

14) MEMS : 10⁻⁶미터 크기를 다루는 전기·기계 시스템, NEMS: MEMS의 1/1000을 다루는 시스템, PEMS : NEMS의 1/1000을 다루는 시스템

Ⅲ. 인공지능 기술과 현재

1. 인공지능 기술의 특징

가. 인공지능 기술의 현재

오늘날 인공지능은 간단하게 말하기 어렵지만 다양한 분야에 활용되고 있다. 가장 확고한 자리를 차지한 분야가 자율주행 차량(autonomous vehicle) 분야이다. 2005년 DAPA Challenge에서 Stanley라는 이름의 무인 차량이 모하비 사막을 22mph의 속도로 달려 12마일 코스를 완주했다. Stanley는 환경감지를 위해 카메라, 레이더, 라이다¹⁵⁾ 등을 장비를 사용했고 방향조절, 제동, 가속을 위한 내장 소프트웨어를 탑재한 자동차였다.¹⁶⁾ 이듬해는 카네기멜론 대학의 Boss가 미 공군기지 근처 실제 도로에서 교통법규를 지키고 보행자나 다른 차량과 충돌하는 일 없이 안전하게 주행하는 Urban Challenge에서 우승했다.

음성인식 분야에서도 인공지능은 탁월한 성과를 보여주고 있다. 요즘 각종 통신사에서 고객과 대화하는 과정에 대부분 음성인식 기술을 사용하는데 대표적으로 United Airline에서 항공권 예약 서비스를 들 수 있다. 그들은 전화를 건 고객과의 대화 과정 전체를 자동 음성인식 및 대화 관리 시스템으로 진행한다.

자율 계획 수립 및 일정 관리에도 인공지능 기술은 사용되고 있다. NASA의 Remote Agent는 우주선 가동 일정을 제어하는 최초 내장 자율 계획 수립 프로그램으로 알려져 있으며 계획들의 실행에서 생긴 문제들을 감지·진단·복구·실행·감시하는 것으로 알려져 있다. 그 외에도 다양한 후속 프로그램들이 개발되어 화성탐사 차량의 일상 운용과 계획들을 생성하고 있다.

최근 알파고¹⁷⁾의 유명세로 잘 알려진 컴퓨터 게임분야도 빼놓을 수 없다. 1997년 IBM의 Deep Blue는 체스 인간 세계 챔피언을 이겼고, 2011년 IBM의 왓슨은 미국의 인기 퀴즈 프로그램 Jeopardy에서 74연승을 기록하며 250만 달러의 상금을 단 최다 연승자

15) 레이저 거리 측정계를 이용해 사물의 위치와 거리를 판단하는 장비

16) Thrun 외, 2006

17) 구글의 Deep Mind사에서 개발한 인공지능 바둑 프로그램

로 기록되어있다. 왓슨의 탁월한 음성인식과 논리력으로 의학용 논문을 분석하는 헬스케어 분야와 법률 회사의 판례분석용으로 응용 연구되고 있다.

인터넷을 떠도는 수많은 스팸과의 전쟁에도 인공지능이 사용된다. 대부분의 사용자는 스팸 메시지를 지우는데 시간을 낭비할 필요가 없도록 학위해 학습 알고리즘을 가공하고 매일 수십억 건의 메시지를 스팸으로 분류하고 있다. 이러한 분석을 위해 학습 기능을 가진 인공지능 기술을 사용한다. 인공지능 기술은 비슷한 방법으로 바람직한 결과가 발생할 때 상(큰 가중치)를 주고 바람직하지 않을 때 벌(낮은 가중치)를 주는 방법으로 학습시킬 수 있다. 학습의 양이 많아지면 많아질수록 인공지능의 실효성을 가중되며 인간보다 똑똑해 보이는 기계의 모습이 선보이게 된다.

전쟁에서도 인공지능 기술은 사용되었다. 1991년 페르시아만 위기 때 미군은 DART(Dynamic Analysis and Replanning Tool¹⁸⁾병참계획 수립을 위해 수송일정 자동화 프로그램으로 사용했다. 이를 통해 최대 5만대의 차량과 창고, 사람이 동시에 관여하는 과제를 DART는 출발지, 목적지, 경로, 모든 매개변수들의 충돌 발지 등을 해소하며 문제를 해결했다.

로봇 분야에서도 인공지능은 적극적으로 활용되고 있다. 가정용 청소기로 가장 먼저 선보인 Roomba는 미국에서 200만대 이상 팔리면서 유명해 졌으며 그들이 만든 Pacbot은 이라크와 아프가니스탄에 배치되어 위험물질처리, 폭발물 제거, 저격수 위치 식별 등에 사용되고 있다.

인터넷을 사용하는 사람들이 가장 쉽게 접할 수 있는 인공지능 기술은 아마도 번역 분야이다. 인공지능 번역기는 다양한 언어를 서로 번역해주고 있다. 이들은 수십억 개의 단어로 이루어진 문장을 뽑아 표본들로 구축된 통계적 모형을 사용하고 있다.¹⁹⁾

나. 인공지능 기술 특징

인공지능 기술에 대해 언급하기 전에 인공지능이 무엇인지 먼저 이해해야 한다. 스티어트 러셀과 피터 노빅은 그의 책 「인공지능 현대적 접근방법」에서 인공지능에 관한 여덟 가지 정의를 제시했으며 지능의 사고과정(Thought Process)또는 추론(Reasoning),

18) Cross and Walker, 1998

19) Brants, 2007

행동방식(Behavior), 이상적인 성과(Ideal), 합리성(Rationality) 기준으로 [표 3-1]과 같이 크게 4가지로 분류했다.²⁰⁾

[표 3-1] 네 가지 범주로 분류되는 인공지능

| | |
|--------|--------|
| 인간적 사고 | 합리적 사고 |
| 인간적 행위 | 합리적 행위 |

그가 분류한 방법은 역사적으로 많은 사람들이 인공지능을 구현하기 위해 추구한 노력의 산물이라고 볼 수 있는데 먼저 합리적 행동방식을 기준으로 만들어진 인간적 행위에 대해 알아보자.

인간적 행위를 기준으로 인공지능은 “기계가 사람이 지능적으로 수행해야 할 일을 수행하도록 만드는 기술” (Kurzweil, 19990), 또는 “현재는 사람이 더 잘하지만 컴퓨터가 앞으로 더 잘하게 만드는 방법에 관한 연구”(Rich and Knight, 19991)으로 정의 할 수 있다. 일명 튜링 검사라고 부르는 시험이 있다. 제출된 것이 인간이 | 제출한 것인지 컴퓨터가 제출한 것인지 구분하지 못한다면 그 컴퓨터는 튜링 테스트를 통과한 것이다. 이런 것이 가능하려면 컴퓨터는 자연스럽게 사람들이 사용하는 언어를 처리할 수 있어야 한다. 이것을 자연어 처리(natural language processing)이라고 한다. 또한 알고 있는 것을 저장하고 표현할 수 있어야 하는데 이를 지식 표현(knowledge representation)이라고 한다. 저장된 정보는 질문에 답하고 새로운 결론에 도달해야 하는데 이를 자동 추론(automated reasoning)이라 하고 새로운 상황에 새롭게 등장하는 패턴을 추가하기 위해(extrapolation) 기계 학습(machine learning)의 기술이 필요해 진다. 비디오 신호를 포함한 튜링 검사를 완전튜링검사라고 부르는데 이것까지 고려한다면 컴퓨터는 물체를 인식하기 위한 컴퓨터 시각(computer vision)과 물체를 조작하고 이동시키기 위한 로봇공학(robotics)능력이 필요해 진다. 지금도 인공지능을 연구하는 많은 과학자들이 앞에 제시된 6가지 분야에 수 십 년간 노력을 지속하고 있다.

이보다 오래전 인공지능 기술은 인지모형에 대한 인간적 사고로서 연구가 되었다. 대

20) Stuart Russell, Peter Norvic "Artificial Intelligence A Modern Approach 3rd Edition" Pearson; 3 edition (December 11, 2009)

표적으로 “컴퓨터가 생각하게 하는 흥미로운 시도, 즉 마음을 가지는 기계를 만드는 것”(Haugeland, 1985), “인간의 사고 그리고 의사결정, 문제 풀기, 학습 등의 활동에 연관시킬 수 있는 활동 등”(Bellman, 1978)으로 정의 된다. 사람이 생각하는 방법을 알아내서 인간정신이 내부에 살아있도록 하려는 노력으로 해석된다. 인지과학의 내용을 많이 차용하는데 인지과학은 인간과 동물의 실험적 조사에 기초하기 때문에 실제적으로 인공지능 기술이라고 보기 어렵다.

그리스의 철학자 아리스토텔레스는 ‘올바른 사고(right thinking)’을 주장하며 삼단논법을 제시했다. 논증구조의 패턴을 제공한 셈이다. 이런 사고의 법칙이 정신의 작동을 관장한다고 생각한 학자들이 합리적 사고에 입각한 인공지능을 연구했다. 합리적 사고에 입각한 인공지능은 “계산 모형을 이용한 정신 능력 연구”(Charniak and McDermott, 1985), “인지와 추론, 행위를 가능하게 하는 계산의 연구”(Winston, 1992)등으로 표현된다.

마지막으로 인공지능을 하나의 행동 대리인으로 보는 경향이다. 통상 대리인은 에이전트(agent)로 표현되는데 컴퓨터 에이전트는 자율적으로 작동하고 자신의 환경을 인식하고 장기간 행동을 유지하고 변화에 적응하고 목표를 만들기 때문에 합리적 에이전트로 본다는 견해이다. 합리적 행위자라는 관점에서 인공지능은 “계산 지능은 지능적 에이전트의 설계에 관하 연구이다”(Poole, 1998), “인공지능은 ...인공물의 지능적 행동에 관련된 것이다”(Nilsson, 1998) 등으로 정의되었다.

인공지능은 착안과 관점, 기법에 따라 몇몇 학문적 기반을 필요로 한다. 리셀과 노빅은 철학, 수학, 경제학, 신경과학, 심리학, 컴퓨터 공학, 제어이론과 인공두뇌학, 언어학 등이 기본적으로 필요하다고 한다. 눈여겨 보아야 하는 것은 제어이론과 인공두뇌학 분야이다. 현대적 제어이론 중에서 확률론적 최적 제어라고 부르는 분야가 있다. 단위시간당 목적함수(objective function)을 최대화 하는 것을 목표로 하는데 인공지능에 관한 많은 연구는 주어진 환경에서 인공지능이 최적의 대안을 찾으려 하기 때문에 현대적 제어이론과 맥을 같이 한다고 볼 수 있다. 그런데 인공지능과 제어이론이 같은 이론으로 남아있지 않은 것이 궁금해진다. 그 답은 관련자들에게 익숙한 수학 기법들과 그에 해당하는 문제들의 집합 사이의 밀접한 결합에 있다고 볼 수 있다. 제어이론의 도구인 미적분학과 행렬 대수는 종류와 개수가 정해진 연속 변수들의 집합으로 서술할 수 있는 시스템에 적합하지만 부분적으로 인공지능은 그런 인지된 한계들에서 벗어나는 하나의 방법으로 만들어

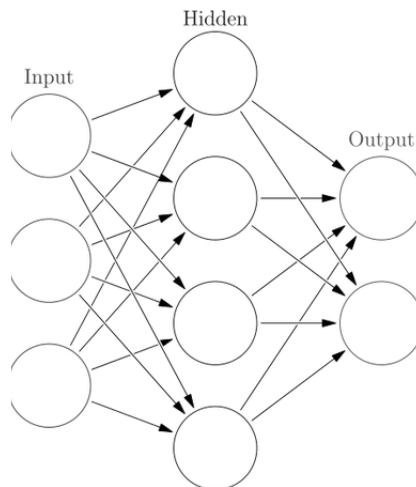
진다. 논리적 추리와 계산을 위한 도구들 덕분에 인공지능 연구자들은 제어이론의 범위에서 완전히 벗어난 문제들을 고찰할 수 있게 됐다고 볼 수 있다.

인공지능 기술은 크게 인공신경망기술(Artificial Neural Network), 유전 알고리즘(Genetic Algorithm), 딥 러닝, 유도학습(Inductive Learning), 협동 필터링(Collaborative Filtering), 텐서 플로우(Tensor Flow) 등이 있다. 기본적인 접근방법이 다르기 때문에 서로 다른 이름으로 부르고 있으며 용도에 따라 사용하는 기술이 다르다. 이번 장에서는 인공신경망기술(Artificial Neural Network), 유전 알고리즘(Genetic Algorithm), 딥 러닝을 중심으로 인공지능 기술에 관한 설명을 하고자 한다.

2. 인공지능 주요이론

가. Artificial Neural Network

인공신경망(Artificial neural network, ANN)은 기계학습과 인지과학에서 생물학의 신경망에서 영감을 얻은 통계학적 학습 알고리즘을 도입한 것이다. 인공신경망은 생물학에서 말하는 신경 단위인 시냅스의 결합과정에서 시냅스의 결합 세기를 변화시켜 생물학적 신경망 구현하는 것으로 네트워크를 형성한 노드(인공 뉴런)가 학습 과정을 통해 노드와 노드 간의 결합 세기(가중치)를 증가시켜 문제 해결 능력을 가지는 모델 전반을 가리킨다.



[그림 3-1] 인공지능 신경망이 사용하는 Layer 구조

인공신경망은 명확한 해답이 존재할 경우 교사 학습(Supervised Learning)이, 해답이 존재하지 않고 특징에 따라 분류해야 할 때(예를 들어 데이터 클러스터링)에는 비교 학습(Unsupervised Learning)방법이 이용된다. 인공지능 신경망은[그림 3-1]과 같은 다중 Layer 구조를 가진다. 각 Layer에는 원형으로 표현된 노드가 존재하고 노드와 노드간의 관계를 Back Propagation 과정의 경사 하강법을 사용한 학습해나가는 과정으로 이루어진다. 이는 간단하게 비용 함수를 망의 인자에 대해 미분한 다음 인자를 기울기 방향으로 조금씩 바꾸는 식으로 할 수 있다. 이런 학습과정을 기계학습이라고 부른다. 유전 알고리즘²¹⁾, 유전자 수식 프로그래밍²²⁾, 담금질 기법²³⁾, 기댓값 최대화 알고리즘, 비모수 통계, 군집 최적화²⁴⁾와 같은 방법들이 신경망을 학습시키는데 주로 이용된다. 입력신호는 다양한 근원으로 부터 수집될 수 있다. 정의되지 않은 함수의 경우 데이터 수집을 통해 획득한 입력과 출력 데이터를 이용해 중간의 계산과정을 추론하는데 많이 사용되어진다. 일반적으로 중간에 존재하는 Layer의 개수와 각 Layer 내부에 존재하는 노드의 개수에 따라 인공지능 신경망의 능력은 큰 차이를 보이는데 중간에 놓여있는 Hidden Layer가 많을수록 다양한 능력을 보이는 것으로 알려져 있다. 그러나 많은 Layer와 노드들이 존재함에도 불구하고 학습 규칙(알고리즘)이 세밀하게 정의되어있지 않은 경우 인공지능신경망이 제대로 효력을 발휘하지 못하기도 한다.

인공신경망은 결국 입력(input)과 출력(output)의 관계를 규명하는 중간 Layer들의 관계를 밝히는 것이라고 볼 수 있다. 인공신경망은 기존의 과학자와 수학자들이 논리적인 연관성을 바탕으로 그들 간에 관계를 밝히고 추론에 의해 증명하지 못한 연관관계를 증

-
- 21) de Rigo, D., Castelletti, A., Rizzoli, A.E., Soncini-Sessa, R., Weber, E. (January 2005). <A selective improvement technique for fastening Neuro-Dynamic Programming in Water Resources Network Management>. Pavel Zitek. 《Proceedings of the 16th IFAC World Congress - IFAC-PapersOnLine》. 16th IFAC World Congress. Prague
- 22) Ferreira, C. (2006). "Designing Neural Networks Using Gene Expression Programming". In A. Abraham, B. de Baets, M. Köppen, and B. Nickolay, eds., Applied Soft Computing Technologies: The Challenge of Complexity, Springer-Verlag.
- 23) Da, Y., Xiurun, G. (July 2005). T. Villmann, 편집. 《An improved PSO-based ANN with simulated annealing technique》. New Aspects in Neurocomputing: 11th European Symposium on Artificial Neural Networks. Elsevier.
- 24) Wu, J., Chen, E. (May 2009). Wang, H., Shen, Y., Huang, T., Zeng, Z., 편집. 《A Novel Nonparametric Regression Ensemble for Rainfall Forecasting Using Particle Swarm Optimization Technique Coupled with Artificial Neural Network》. 6th International Symposium on Neural Networks

명해주는 효과가 있었다. 그래서 사람이 손으로 쓴 글자와 다양한 음성을 인식하는 분야에서 독보적인 진보를 보여줬다. 즉 컴퓨터 비전이나 음성인식 분야에 많이 사용되는 방법이라고 볼 수 있다. 인공신경망은 관찰된 데이터로부터 근사 함수를 만들 수 있다는 것이 최대의 장점이다. 인공신경망은 자연스럽게 많은 데이터를 가지고 online learning 방식을 사용한다.

인공신경망은 데이터로부터 미지의 함수를 추론하는 분야에 사용할 수 있다. 과거에 통계학자들이 사용하던 회귀분석 이론의 한계를 극복했다고 볼 수 있다. 그래서 인공신경망을 사용하는 분야도 다양한데 과거 회귀분석과 시계열 예측 및 근사모델링, 패턴인식, 순서인식, 순차 정렬, 필터링과 클러스터링 등이 모두 가능하다고 보는데 현재 이런 분야를 사용하는 모든 분야에 접목해 사용할 수 있다. 예를 들어 인공신경망은 암 진단에 사용되는데 암 진단에 사용되는 영상 이미지와 환자의 생체 정보를 기초로 암 여부를 진단하고 있다. 임상실험 결과 전문의 수준까지 그 성능이 향상됐다고 한다.²⁵⁾

인공신경망 기술은 결론적으로 이미 존재하는 입력과 출력 데이터를 이용해 과거에 사용하지 못했던 새로운 개념의 모델링 방법을 제시해주고 있다. 데이터의 양이 별로 없을 때 모델의 신빙성이 떨어질 수 있으나 모델을 만들기 위해 사용되는 데이터의 양이 많아지면 해당 모델링에 대한 신빙성이 높아질 수밖에 없다. 이렇게 신빙성이 높아지는 과정을 기계가 학습해 가는 과정이라고 말한다.

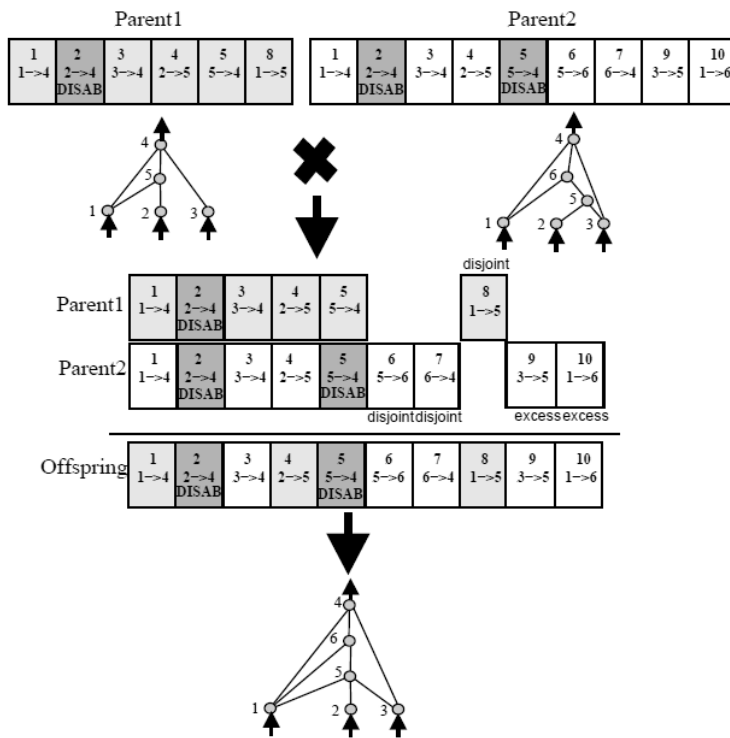
나. Genetic Algorithm

유전 알고리즘(Genetic Algorithm)²⁶⁾은 1975년 존 홀랜드(John Holland)에 의해 개발된 전역 최적화 기법으로, 자연세계의 진화과정에 기초한 계산 모델을 이용하는 방법이다. 생물은 각 유전자들이 교배를 통해 진화해 간다. 그런데 모든 자식세대의 유전자들이 각 부모세대의 유전자를 물려받아 모두 만들어졌다면 모든 자식 유전자들은 부모 유전자의 한계를 벗어날 수 없을 것이다. 그러나 세대를 거듭할수록 자식 세대의 유전자는 점차 진화하고 환경에 적응 할 수 있도록 최적화 되어간다는 점에 착안해 유전 알고리

25) Ganesan, N. "Application of Neural Networks in Diagnosing Cancer Disease Using Demographic Data". International Journal of Computer Applications.

26) 존 홀랜드 (1975). 《Adaptation in Natural and Artificial Systems》. University of Michigan Press.

즘이 만들어 졌다. 부모에게 물려받은 유전자의 한계에도 불구하고 자식세대 유전자가 더 우수하고 환경에 잘 적응 할 수 있었던 이유는 돌연변이의 존재로 해석한다. 돌연변이는 부모세대가 가지고 있지 않던 유전자의 갑작스런 형성을 말하는데 생물의 진화에 있어서도 매우 중요한 역할을 한다. 갑작스럽게 나타난 돌연변이 유전자는 유전자의 특성상 우성일 수 있으며 때론 열성일 수도 있다. 돌연변이 유전자가 우성일 경우 자식세대는 세대를 거듭하면서 우성 유전자를 계속적으로 보유할 것이고 열성일 경우 자식 세대는 열성 유전자를 금방 퇴화 시켜 버릴 것이다. 그러면 세대를 거듭할수록 부모가 가지고 있지 않던 성질도 자식 세대는 가지게 되고 점차 우성 유전자들만 모이게 되는 현상이 벌어진다. 그래서 유전 알고리즘은 특정한 문제를 풀기위해 존재하는 알고리즘이 아니다. 유전 알고리즘은 단지 생물의 진화를 모방하는 방법으로 문제의 최적화 해를 찾아가는 탐색방법이다.



[그림 3-2] 유전 알고리즘에 의한 최적해 도출과정

유전알고리즘을 사용하기 위해서 모든 문제는 유전자의 형식으로 표현할 수 있어야 한다. 그리고 이렇게 표현된 유전자들이 얼마나 유익한 것인지를 판단할 수 있는 목적함수

(적합도 함수)가 존재하면 된다. 숫자의 배열이나 문자열과 같은 자료 구조를 통해서 표시된 유전자는 목적함수(적합도 함수)에 의해 해가 얼마나 문제의 답으로 적합한지를 평가된다. 적합도 평가가 끝난 유전자는 다음 세대를 위해 교배된다. 교배는 적합도 평가가 끝난 부모세대의 유전자를 다양한 방법으로 교배한다. 그러면 우세한 유전자는 살아남고 그렇지 않은 유전자는 소멸한다. 또한 비록 교배에 의해 후손을 남기지 못하더라도 변이를 통해 새로운 유전자를 다음 세대에 넘겨주고 새로운 유전자에 의해 유전자는 부모세대에 존재하는 유전자의 최적해로부터 좀 더 우세한 유전자를 찾을 수 있는 기회를 부여받는다. 수학적으로 말하면 변이 없는 교배는 지역 최적값(Local Optima)를 찾는데 적합하지만 돌연변이의 존재는 지역 최적값(Local Optima)를 벗어날 수 있는 단초를 제공하는 기법이다.

유전자 알고리즘은 선택, 교차, 변이, 대치를 주요 연산으로 사용한다.

선택은 부모 세대에서 자식 세대로 전해질 유전자의 후보를 선택하는 것이다. 선택 방법에는 균등, 비례, 룰렛, 휠 선택, 토너먼트 선택, 순위 기반 선택 등이 있다. 해의 선택은 유전 알고리즘의 성능에 큰 영향을 미치기 때문에 어떤 방법을 쓰느냐에 따라 최적해로 다가가는 속도가 더디게 되거나, 아니면 지역 최적해에 빠지는 경우가 생길 수도 있다.

교차는 선택된 유전자들의 교배를 의미한다. 일반적으로 두 개의 유전자를 선택한 후 둘의 교배를 통해 생성된 유전자는 각각의 부모 유전자의 교차 연산을 통해서 서로 겹치지 않는 위치의 유전인자를 받아 새로운 유전자를 구성하는 것이다. 실제 생명체의 유전자 교배 과정을 모사한 것이며 이러한 현상을 교차라 부르고 있다. 또한 적절한 교차 비율을 통해 우수한 유전자가 변형되지 않도록 할 수 있다.

변이는 부모 유전자의 유전 인자 순서를 변경하거나 혹은 유전자 값을 임의로 변경하여 전혀 다른 유전자로 변형시키는 연산이다. 약간의 확률로 변이 연산을 수행시켜 주는 과정을 통해 지역 최적 해에 빠져드는 경우를 방지하는 긍정적 효과를 발휘한다.

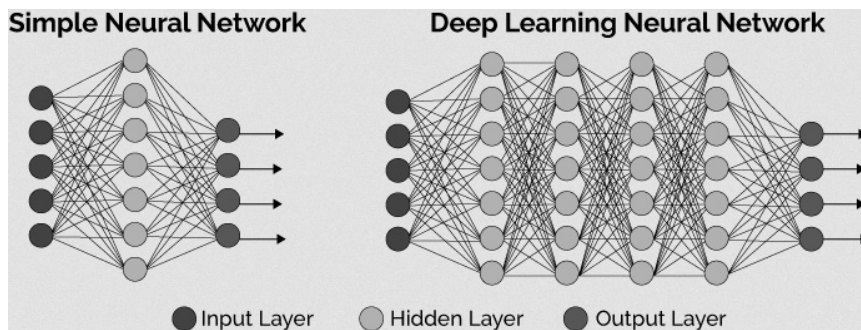
대치는 기존 유전자 중 열등한 유전자를 가려내서 제외시키는 연산 과정이다. 품질이 나쁜 유전자는 새로운 유전자로 대체시키는 과정을 통해 최적 해를 찾을 수 있다.

유전자 알고리즘은 컴퓨터의 장점 중 연산능력을 이용한 방법으로 수학을 기반으로 한 해석적 최적화 과정의 한계를 뛰어넘을 수 있도록 한 것이 의미가 있다. 순차적 선택의 종류에 따라 결과가 달라지는 문제에 있어서 유전자 알고리즘은 최상의 순서를 선택할 수 있는 방법론을 제시하고 있다.

다. Deep Learning

최근 인공지능 기술 중에 가장 유명해진 기술이 Deep Learning일 것이다. Deep Learning은 다른 말로 심층학습이라고 불린다. Deep Learning은 큰 틀에서 보면 사람이 생각하는 과정을 모사한 기계학습(machine learning) 알고리즘의 집합²⁷⁾으로 정의된다. 현재 Deep Learning 기법은 컴퓨터 비전, 음성인식, 자연어처리, 음성/신호처리 등의 분야에 적용되는 최첨단의 기술들이다.

Deep Learning은 Kunihiko Fukushima에 의해 인공신경망(ANN, artificial neural networks)에 기반 하여 설계된 개념으로 1980년 Neocognitron²⁸⁾으로 소개되었다. 이후 1989년에 우편번호를 인식하는 deep neural networks²⁹⁾이 개발되었는데 10개의 숫자를 인식하는데 3일이 걸리는 성능 때문에 비현실적인 기술로 알려졌다. 지역 최소값에 머무르거나, 초기값에 따라 수렴하지 않는 현상, 때로는 과적합 (Overfitting)되고 어떤 사람들은 생물학적 신경망과는 다르다는 이유로 관심에서 멀어졌다. 이후 제프리 힌튼과 Ruslan Salakhutdinov에 의해 과적합 문제와 초기값 문제가 풀리면서 Deep Learning의 새로운 시대가 열렸다.



[그림 3-3] 단순 신경망과 Deep Learning 신경망의 비교

(출처 : Hackernoon, "Log Analytics With Deep Learning And Machine Learning")

27) Y. Bengio, A. Courville, and P. Vincent., "Representation Learning: A Review and New Perspectives," IEEE Trans. PAMI, special issue Learning Deep Architectures, 2013

28) Neocognitron: A Self-organizing Neural Network Model for a Mechanism of Pattern Recognition Unaffected by Shift in Position

29) LeCun et al., "Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition," Neural Computation, 1, pp. 541-551, 1989.

Deep Learning은 인공신경망 모델에서 시작되었다. 과적합 문제가 해결된 후 하드웨어의 발전이라는 또 다른 시대적 요인에 의해 다시 주목받기 시작했다. 특히 강력한 GPU는 행렬연산에 소요되는 시간을 대폭 줄였다. 이후 정보기술의 발달에 따른 빅 데이터 수집이 가능해지면서 이를 이용하기 위한 기술들이 속속 선보였는데 Deep Learning은 이런 환경에 의해 다시 주목받게 되었다.

Deep Learning은 자동 음성 인식과 컴퓨터비전 분야 탁월한 성능을 보이고 있으며 Texas Instruments와 MIT가 공동 개발한 음성인식 데이터 베이스인 TIMIT를 통해 대량 자동 음성인식이 가능해졌으며, National Institute of Standards and Technology가 개발한 이미지 인식을 위한 MNIST 데이터베이스 등이 개발되어 사물인식 오차율 0.23%의 정확도³⁰⁾까지 기록되어 현재 자동차 탑재용 컴퓨터에 활용되고 있다. 최근 Convolution Neural Networks 기반의 딥 러닝 알고리즘이 주목받고 컴퓨터비전과 음성인식 분야에서 탁월하다. 아쉬운 것은 사용하는 방법들이 이론적인 검증이 빈약하고 경험적인 결과에 의존하기 때문에 종종 블랙박스로 불린다는 점이다.

3. 인공지능기술의 함의

최적화 이론을 필요로 하는 분야는 많다. 지금까지 소개된 인공지능 기술은 다양한 방법으로 최적화 이론을 구현한 것으로 판단된다. 최적화가 필요한 곳이라면 사람들은 입력인자와 결과물들에 대한 데이터를 수집하고 이를 모델화하기 위해 인공신경망 기술을 사용했다. 기존의 접근방법으로 설명하기 어렵던 인과관계가 인공 신경망에 의해 모델화되는 것은 기적에 가까웠다. 사람들은 모델을 통해 현실을 단순화 시키려 한다. 그래서 인공신경망이 보여준 엄청난 모델링 가능성은 세상의 많은 것들을 모델링 할 수 있을 것이라는 기대를 불러 일으켰다. 국내 한 언론사의 기사에 의하면 주식투자에 인공지능을 사용했고 그 결과 “1992년부터 2015년까지 연간 평균 73%라는 수익률이라는 놀라운 결과를 나타냈다”, “인공지능이 투자 여부와 규모를 결정하는 데 그런 심리적 요인이 끼어들 여지가 없다. 예컨대 이번 연구에서 인공지능 시스템은 2008년 세계 금융위기가 닥쳤을 때 681%라는 숨 막히는 수익률을 거뒀다. 닷컴 버블이 폭발했던 2000년에는 545%의 수

30) D. Cirestan, U. Meier, J. Schmidhuber., "Multi-column Deep Neural Networks for Image Classification," Technical Report, 2012.

익률을 보였다.”고 했다³¹⁾. 주식시장의 데이터를 학습에 사용한 인공지능을 이용한 이익 창출에 사용한 예라고 볼 수 있다.

인공지능 기술은 패턴 인식에 탁월하다. 손으로 쓰인 애매한 글씨도 인식하는 자연어 처리기술은 현재 고 서적을 디지털화 하는데 사용되고 있으며³²⁾ 마케팅 분야³³⁾서도 사용이 가능하다. 국방 분야에서 인공지능의 패턴인식 기술은 매우 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다. 특히 영상정보 분석 분야에서 인공지능 기술의 확대가 기대된다. 최적화 이론 또한 많은 소요를 낳고 있다. 가장 먼저 등장하는 곳은 의사결정과정이다. 예산과 재화의 효율적 사용뿐만 아니라 사용자 만족도 극대화를 위해 최적화 이론은 많이 사용된다. 전력화 사업에 있어서 비용대 효과를 극대화 시키려고 노력하고 있으며 전장의 전투력을 극대화시키기 위해 전술을 연구하고 있다. 인공지능 기술은 이런 최적화가 요구되는 군의 다양한 분야에 적용 가능할 것으로 기대된다.

IV. 인공지능 기술과 전술적 의사결정

1. 전술적 의사결정의 중요성

가. 작전 속도와 전쟁

전쟁의 승패는 다양한 원인에서 찾을 수 있다. 500년전 손자병법에서 공격, 기동, 정보, 기습, 정신력 등을 강조했는데 지금까지도 유용성을 인정받고 있다. 군의 특성과 문화에 따라 다르게 표현되는 것도 있지만 전쟁의 원칙에 있어서 큰 변화는 보이지 않고 있다. 육군의 경우 지상군기본교리³⁴⁾를 통해 육군이 추구하는 전쟁의 원칙은 총 9가지로 목표, 공세, 집중, 기동, 지휘통일, 정보, 기습, 방호, 사기이며 해군은 해군기본교리³⁵⁾에서 목표, 공세, 집중, 절약, 기동, 지휘통일, 경계, 기습, 사기, 간명을, 공군은 공군기본교리³⁶⁾에서 목표, 공세, 집중, 절용, 기동, 지휘통일, 보안, 기습, 간명, 협력을 제시하고 있

31) 한겨레, “인공지능은 주식투자 ‘신의 손’ 될까”, 2017-04-06

32) 서울신문, “시간 정복 나선 AI… 중세 베네치아를 되살리다”, 2017-06-20

33) Robert Allen, “15 Applications of Artificial Intelligence in Marketing”, 02 May, 2017

34) 지상군기본교리(2011년)

35) 해군기본교리(2007년)

36) 공군기본교리(2011년)

다. 2009년에 발간된 합동작전교리에서 합동작전의 원칙으로 목표, 공세, 집중과 절약, 기동, 지휘통일, 보안, 기습, 간명, 절제, 합법성으로 제시하고 있다. 승리의 공통점만은 수집해 정리한 전쟁의 원칙에서 전쟁을 연구하는 학자마다 다르지만 전반적으로 일치하는 부분은 목표, 공세행동, 집중, 절약, 기동, 지휘통일, 기습, 보안³⁷⁾ 등은 모든 군이 추구하는 전쟁의 원칙임에 틀림없다.

이런 전쟁의 원칙에 충실하고 새롭게 등장하는 전장 환경과 과학기술이 어울려 각 시대별 전쟁수행 방법이 제시되는데 2차 세계대전 독일의 전격전이 소개된 이후 빠른 기동성을 바탕으로 기습적 공격을 추구하는 전쟁수행 방법들이 추구하고 있다. 이때 사용되는 기동전이란 피아간 사격과 기동으로 지형을 이용하여 주도권을 확보하고자 하는 이동전이라는 미군의 개념과 앙드레 보프 장군의 ‘기동이 결정적 승패를 좌우하는 전쟁, 즉, 적의 장비 및 인원과 직접적으로 부딪쳐 화력을 교환하는 전투보다는 그 이전에 이러한 전투상황을 유리하게 이끌어 내기위하여 기동이 결정적인 역할을 하는 전쟁’이라는 개념이 주로 사용되었다.

기동전을 구현하는 방법으로 작전속도를 가장 우선적인 요인으로 선정하고 있다³⁸⁾. 기동전을 연구한 육군 예) 대령 배기윤은 작전속도는 작전의 진행속도를 의미하는데 전장에서 수행되는 일련의 군사 활동의 속도이며 지휘관으로부터 명령을 수령한 후 임무를 완수 또는 도중에 중단할 때 까지 최초 접촉선으로부터 작전적 목표 후방에 이르기까지의 거리를 작전에 소요되는 시간으로 나눈 것이라고 했다. 작전속도(Tempo)를 증가시키는 주요 요소로 부대의 물리적 기동성 향상, 역동적인 C4I체계, 적극적인 전투근무지원 체계, 복합적 전술행동, 효과적인 전술적 결과 예측과 후보 계획의 발전, 일관된 지휘관의 의도 내 분권화 지휘체계, 불필요한 전투의 회피로 설명되어진다. 물리적 기동성은 부대의 기계화 정도 또는 기동화 정도로 표현된다. 역동적인 C4I체계는 부대의 기동능력을 배가시키는 승수(Multiplier)역할을 수행한다. 복합적 전술행동은 전장에서 일어나는 각종의 전술 행동이 동시에 상호 협조된 상태에서 복합적으로 수행함에 따라 작전 속도를 증가시키는 것을 의미하며 효과적인 전술적 결과를 예측하고 후보 계획을 발전시키는 것은 신속한 대응조치를 사전에 준비하는 것을 의미한다. 지휘관의 의도 내에서 분권화 지휘체제를 유지함에 따라 작전의 준비속도를 단축할 수 있으며 전체적인 속도 향상에

37) 송명관, “전쟁의 원칙에 대한 이해와 발전방향”, 군사평론, 435호, 2015

38) “보병부대의 기동성 향상에 관한 연구: 기동전을 중심으로” 예) 대령 배기윤, 육군 교육사령부, 2001

기여할 수 있다. 분권화된 지휘체제는 준비 속도를 증가시키는 수단으로 연구되고 있다. 또한 전술적으로 완벽한 승리가 오히려 시간 낭비를 초래함에 따라 작전적 속도를 감소시키는 경우가 많이 발생함에 따라 불필요한 전투는 회피함으로써 기동전에서 작전속도를 향상시킨다고 했다.

작전 준비와 실행은 비슷한 비율로 시간을 사용한다고 알려져 있었다. 그래서 현재 우리군은 작전속도를 증가시키기 위해 많은 노력을 하고 있으나 예산이 투입되는 군 현대화 차원에서 부대를 기계화시켜 물리적 기동속도를 증대시키고자 하는 단순한 노력을 계속하고 있었다. 그러나 현대전은 다양하고 복잡한 요소들이 시간이 갈수록 증가하고 고려해야 할 사항이 많아짐에 따라 작전을 준비하는 시간이 실행하는 시간보다 많이 필요해지고 있으며 작전준비 시간을 대폭 줄일 수 있는 새로운 대안의 제시가 절실했다.

나. 전술적 계획수립 절차

작전수행 과정은 계획수립, 작전준비, 작전실시로 구분된다. 작전을 준비하는 과정에서 계획수립이 차지하는 비중은 상당히 크며 미리 수립된 계획은 작전을 준비하고 실시하는 과정에서 수시로 수정되어 최신화 되어야 한다. 전술적 계획수립 절차는 아래 [표 4-1]과 같다.

[표 4-1] 전술적계획수립절차

| | | |
|---------|---|--|
| 임무분석 | 작전목적/과업분석 임무분석 브리핑 계획지침/준비명령 | ↑ 상황평가 정보교환 작전구상 참모판단 ↓ |
| 방책수립 | 상대적 전투력 분석 계약안 창출 부대운영개념 발전 방책 도식/서식 완성 | |
| 방책분석 | 위계임 준비 위계임 방법 결정 위계임 실시 방책평가 | |
| 방책선정 | 방책비교 최선의 방책 건의/승인 | |
| 계획완성/하달 | 기본문/부록 작성 결심보조도/결심조건표 작성 각종 운용도표 작성 계획(명령)하달 | |

계획수립은 작전수행과정의 첫 단계로 지휘관과 참모가 임무에 기초하여 지휘관의 작전 구상 결과를 구체적인 방법으로 발전시켜가는 과정이다. 전술적계획수립 절차는 작전 명령의 기본문 5개항과 상호 밀접한 관계를 가지고 있다. 임무분석시 상급부대의 지휘관 의도와 제한사항, 명시과업을 식별한 후 이를 기초로 작전 목적을 식별하고 도출한다. 이후 명시과업과 작전 목적을 기초로 추정과업을 염출하고 해당 제대의 임무를 결정한다. 이렇게 결정된 해당 제대의 임무는 계획지침, 준비명령에 포함되어 방책수립 및 방책 분석간 활용되고 완성된 작전계획 기본문 2항 임무에 기술된다.

방책수립단계에서 임무분석 결과 하달된 지휘관 계획 지침을 기초로 부대 운용개념이 발전되며 개략적인 지휘관 작전개념이 형성된다. 이후 방책분석을 통해 위계임을 실시하고 최종적으로 지휘관 작전개념이 구체화되어 작전계획 기본문 3항의 실시 항목 작전개념에 기술된다.

방책선정 단계에서 지휘관 계획지침을 기초로 수립된 수개의 방책중 방책 분석 단계의 위계임 결과를 바탕으로 최선의 방책을 경정하고 예하부대에 준비명령을 하달하게 된다.

계획완성/하달 단계에서 지금까지 나온 각 산물을 활용해서 계획에 포함사항과 지휘소 내부문건을 작성한다.

2. 인공지능을 활용한 전술적 계획수립

생사가 오고가는 전쟁터에서 수많은 생명을 지키기 위해 최선의 작전수행계획을 세우는 것은 더 강조해도 지나침이 없다. 그러나 전술적 계획수립과정은 복잡하고 지루하다. 많은 사람들이 건전한 의사결정을 위해 헌신하고 집중해야한다. 어느 누구의 독단적인 행동에 의해 만들어지지 않기 때문이다. 만약 작전계획 수립과정이 중고등학교 수학문제 푸는 것처럼 유일해가 존재하고 유일 해를 찾을 수 있다면 다행이겠지만 우리가 접하는 작전계획 수립이라는 문제는 유일해가 존재하지 않을 수도 있으며 때론 전혀 해가 없을 수도 있다. 이런 문제를 자동적으로 쉽게 풀어나가는 것은 불가능한 일이다.

그런데 인공지능 기술은 제 3장에서 인공지능 기술과 특징에서 설명했듯이 주어진 데이터를 기초로 탁월한 모델링과 최적 해를 찾는 데 탁월한 성능을 발휘한다. 군에서 사용하는 전술적계획수립 절차는 지휘관과 참모가 부여된 임무를 기초로 지휘관의 작전구상 결과를 구체적인 방법으로 발전시켜가는 과정이다.³⁹⁾ 계획수립 절차는 군에서 표준화 되

어 제시되었는데 이는 지휘관과 참모의 노력을 통합하고 논리적이고 체계적인 판단과 행동양식을 제공하기 위해서 이며 상하제대가 동시에 계획을 수립할 수 있는 연계성을 보장하기 위한 것이다. 육군은 전술적계획수립절차를 적용함에 있어 가장 중요한 요소는 가용시간이라고 지적하고 있다. 충분한 시간을 가지고 계획을 수립할 경우와 그렇지 못한 경우를 구분해 일부과정은 간소화 하거나 염두 판단할 것을 추천하고 있다.

앞서 전쟁의 원칙을 언급하면서 전쟁의 기동성에 대한 설명을 하였다. 전쟁의 속도를 향상시키기 위해 7가지 노력을 제시했는데 이때 물리적 기동성 향상, 효과적인 전술적 결과 예측과 후보 계획의 발전을 간과해서는 안된다. 작전속도 향상은 물리적 기동성 향상도 중요하지만 효율적인 작전계획도 중요하다. 육군은 한국전쟁 이후 지금까지 국내 방위력 개선사업을 통해 기동성 향상을 위해 장비의 기계화 및 기동화를 목적으로 군 현대화를 추진해 왔지만 효율적인 작전계획수립에 대한 투자는 사실상 전무한 수준이다. 지휘통제의 원칙에 입각해 그동안 보인 노력은 C4I 체계를 발전시키기 위한 노력이었으나 그마저도 데이터 전송속도나 무선망 확충 등 물리적인 확대에만 집중했으며 효율적인 계획수립과 실시간 전장정보를 통합한 계획수정에 대한 투자는 없었다. 최근 인공지능 기술이 주목받고 있는 시점에 인공지능 기술이 작전계획 수립에 긍정적인 기능을 발휘할 것이라는 확신에 따라 작전계획수립 간 사용할 수 있는 인공지능 기술을 정리해보고자 한다.

인공지능 기술은 학습을 위한 데이터가 충분할 때 효과를 발휘한다. 그러나 전장의 현실을 감안했을 때 학습에 필요한 실제 전장 데이터를 획득한다는 것은 현실적으로 불가능 하다. 군이 인공지능을 이용한 작전계획수립을 하고자 한다면 다음과 같은 선행조건이 필요하다.

인공지능에 의한 작전계획수립을 위해 충분한 데이터 형성이 가능해야 한다. 충분한 데이터는 많은 교전을 통해 생성되는데 많은 교전 데이터는 실제로 수집할 수 없으므로 시뮬레이션에 의한 방법을 사용할 수밖에 없다. 인공지능을 유명하게 만드는데 큰 몫을 차지한 알파고의 경우도 마찬가지다. 인간 챔피언과의 실전 데이터는 만들어낼 수 없기 때문에 바둑게임을 할 수 있는 시뮬레이터를 통해 다양한 바둑 데이터를 형성할 수 있었다. 알파고를 만든 구글의 Deep Mind사의 말에 의하면 알파고는 전 세계에 연동할 수 있는 컴퓨터들을 병렬로 연결해 바둑 각 단계에서 서로 다른 방법으로 기보를 진행시켜

39) 전술적계획수립절차(사단급부대), 교육사령부, 2014

데이터를 만들고 이를 통해 학습했다고 한다. 빅 데이터라고 불릴 수 있을 만한 유의미한 데이터의 형성은 시뮬레이터만을 통해 가능하다. 지금 군에서는 다양한 종류의 전투(전쟁) 모델과 시뮬레이터를 가지고 있다. 작전을 수행하는 제대 수준에 맞는 시뮬레이터를 통해 많은 횟수는 아니지만 중요한 작전 국면을 모사하고 결과를 예측하고 있다. 현재 가지고 있는 시뮬레이터를 변형해 인공지능에 의해 다양한 값이 입력되고 다양한 결과 값을 얻어 최상의 전투효율을 얻을 수 있는 솔루션을 찾을 수 있는 기반이 마련되어야 한다.

시뮬레이터를 이용한다는 것은 한편으로는 위험한 생각이다. 시뮬레이터는 현실에 벌어지는 현상의 특징만을 단순하게 묘사한 것에 불과하기 때문이다. 전장의 실제모습을 속속들이 다 묘사할 수 없기 때문에 시뮬레이터 자체에 대한 신빙성이 떨어질 수 있다. 신빙성이 부족한 시뮬레이터를 대상으로 최상의 결과를 얻을 수 있는 입력 값을 찾았다 하더라도 그 결과는 시뮬레이터에 대한 최적 값이지 실제 전장에 대한 최적 값으로 해석하기에 무리가 따른다. 이런 문제점을 극복하기 위해 시뮬레이터에 전장의 현실을 최대한 반영하기 위한 노력을 끊임없이 해야 한다. 시뮬레이터는 전장의 현실을 묘사한 것이기 때문에 전장의 모든 것을 구현할 필요는 없다. 전장의 현실을 반영하는 정도(해상도)는 해당 목적에 따라 정해질 수 있다. 그러나 정해진 해상도를 구현한 결과 만들어진 전쟁 모의 모델은 전쟁의 현실을 최대한 반영할 수 있어야 한다. 전장의 현실이 반영된 모델일수록 인공지능에 의해 도출된 최적의 대안이 유의미해지기 때문이다.

앞으로 제시할 인공지능을 통한 전술적 계획수립에 관한 논고는 전장의 현실을 충분히 반영한 시뮬레이터가 존재하고 해당 시뮬레이터를 통해 많은 데이터 수집이 가능하고 다음과 같은 조건이 충족된다는 가정 하에 설명을 진행하겠다.

가. 임무분석과정의 자동화

임무분석은 상황평가와 상급부대로부터 하달된 계획과 전장 정보분석 등 각종 자료를 검토 분석하여 해당 부대의 임무를 결정하는 과정이다. 상급 제대에서 실시한 계획수립 절차의 산물로 상급부대에서 배부한 계획서를 기초로 검토하는데 이는 인공지능을 통해 자동화 가능할 것으로 판단된다.

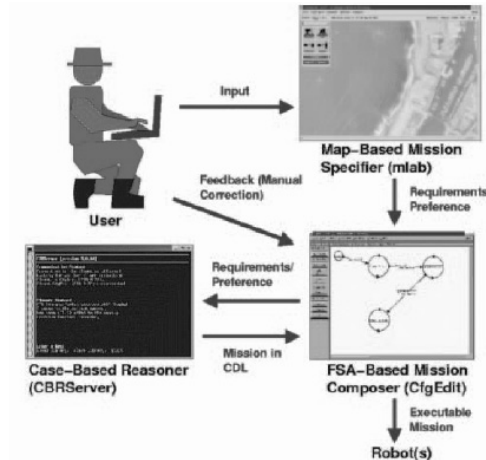
상황평가는 전장상황이 작전에 미치는 영향을 평가하는 활동인데 주로 전술적 고려요소(METT+TC)를 고려하여 평가한다. 상황평가는 상급부대명령, 참모계선별·해당부대 자료, ATCIS와 같은 C4I체계를 통해 공유하고 있는 모든 정보를 활용한다. 상황평가 결과

는 지휘관이 작전구상을 보완하고 참모들의 판단을 최신화 하는데 사용된다. METT+TC는 전장상황을 평가하는 요소로 임무, 적 상황, 지형 및 기상, 가용부대, 가용시간, 민간요소를 말한다. 상황평가에 임무(M)는 상급지휘관의 의도에 부합되고 본인이 우선적으로 완수해야 할 과업의 우선순위를 정하는 것을 말한다. 경우에 따라 최초 계획을 변경하는 일도 벌어진다. 적 상황(E)은 적이 언제, 어디서, 어떻게 아군을 위협할 것인가를 분석하고 적의 기도를 판단하는 것이다. 이때 사용되는 정보는 적 규모, 배치, 구성, 활동사항 등이 포함되고 전쟁수행 간 수시로 변경사항을 확인하고 위협 우선순위를 결정한다. 지형 및 기상(T)은 지형평가 5개요소를 적용하여 피아 작전에 미치는 영향을 분석하고 기상요소 변화시 전투력 운용에 미치는 영향을 분석하게 된다. 가용부대(T)는 현재 운용할 수 있는 부대를 의미하며 예하부대, 지원 및 배속부대를 모두 포함한다. 필요시 상급부대 요청시 지원 가능한 화력 등이 추가될 수 있다. 가용시간은 현재부터 임무를 완수할 때까지 가용한 시간을 판단하는 것으로 가용시간(T)이 작전에 미치는 영향을 분석해야 한다. 민간요소(C)는 작전지역의 민간인의 성향과 태도, 피난민 등이 작전에 미치는 영향을 평가하는 것이다. 통상 민사참모가 있는 상급 부대에서 예하부대에 공통적으로 제공한다.

상황판단에 사용되는 METT+TC 요소는 상급부대 명령을 근거로 작성이 대부분 작성이 가능하다. 임무(M)는 지금도 사용할 수 있는 키워드 분석 툴을 이용해서 상급부대 명령을 분석할 수 있다. 적 상황(E)은 단순히 분석할 수 없는 데 적 상황분석에 인공지능 기술이 충분히 활용될 수 있을 것으로 예상된다. 전쟁터에서 부대의 움직임이란 상호 약속된 신호(교리)에 의해 결정된다. 공산진영의 교리를 따르는 부대는 공산진영의 전술 논리에 따라 부대 배치를 하게 되어있다. 이는 지형에 걸 맞는 부대배치 패턴이 존재한다는 것을 의미하는데 이러한 패턴분석에 유용한 툴을 사용하면 지형을 기준으로 적 배치를 예상할 수 있다. 또한 예상된 부대배치는 적의 공격 방향이나 방어 작전에서 주 노력 방향을 식별하는데 도움이 된다. 인공지능 기술에서 Deep Learning기술은 영상의 패턴인식에 잘 사용되는데 시뮬레이터를 이용한 데이터 생성과 이를 이용한 Deep Learning 기술을 이용하면 적 상황 분석을 충분히 쉽게 할 수 있을 것으로 예상된다. 지형 및 기상(T)요소는 주어진 작전지역의 특성과 기상의 영향을 분석하는 것으로 부대 기동 특성을 파악하고 관측능력을 고려한 적 탐지 가능성에 영향을 준다. 기상부대에서 제공하는 기상 정보는 작전지역 3차원 지형정보와 결합해 충분히 자동화된 기동성 분석 및 관측 및 탐지능력 분석이 가능해질 것으로 예상된다. 가용부대(T)와 가용시간(T)은 실시간 현황과

악이 가능하므로 특별히 문제될 것이 없으며 민간인(C)요소는 변화의 속도가 느리고 전장에 활동 하는 민간인들의 지배적인 특성을 말하고 있으므로 초기 설정변수로 처리할 수 있을 것이다.

인공지능 기술이 많이 사용되는 로봇공학에서도 임무할당은 중요한 요소를 차지하고 있다. 임무할당은 제각각 움직이는 다양한 로봇을 목적 달성을 위해 통합운영하기 위해 각 로봇에 바람직한 임무를 할당한다. 인공지능의 장점이 최적화 성능을 이용해 각종 로봇이 할 수 있는 능력을 공통능력과 개별능력으로 구분하고 이를 적절히 배치시켜 최적화시킴으로서 로봇에 임무를 할당하는 방법은[그림 4-1] 과 같이 인공지능에 의해 일부 자동화 되어 운용 중에 있다.⁴⁰⁾



[그림 4-1] 로봇 인공지능 임무할당 방법

인공지능에 의한 임무 분석은 일 단계 하급제대 임무만 분석해서 하달하는 방법과 모든 하급제대 임무를 한꺼번에 할당하는 방법이 가능하다. 일 단계 하급 제대 임무만 구체적으로 할당하는 방법은 최적화에 필요한 계산 부담을 줄인다는 차원에서 바람직하나 지역 최적 해에 빠질 가능성이 크다. 반면에 전체대의 임무를 할당하는 방법은 최적화 계산 부담을 가중시키고 최적 해를 찾을 수 있는 가능성을 제시하고 있지만 지역 최적 해에 빠지지 않는다는 보장을 할 수 없다. 상급부대 인공지능에 의해 할당된 임무는 하급부대 인

40) Patrick Ulam, Yochiro Endo, Alan Wagner, Ronald Arkin, "Integrated Mission Specification and Task Allocation for Robot Teams - Design and Implementation",

공지능의 입장에서 별도의 분석 없이 받아들이면 된다(명시과업). 그러나 해당제대에 필요한 임무수행을 위해 제한사항과 추정과업을 염출해야하는 과제가 남아있다. 여기서 제한사항은 상급부대가 예하부대의 행동을 제한하는 것으로 ‘반드시 수행해야할 것’과 ‘수행해서는 안 될 사항’으로 구분되어있다. 상급부대 인공지능에 의해 임무할당이 될 경우 명시된 과업과 같은 수준으로 처리가 가능하기 때문에 운용자들이 별도 분석할 필요가 없다.

지휘관의 작전 구상과 계획지침 하달은 부여된 과업을 수행하기 위해 운용자들에게 필수적인 사항으로 볼 수 있다. 작전구상은 계획지침의 기초가 되고 방책수립에 필요한 모든 내용을 고려해 작성된다. 작전구상요소는 작전을 구상하는데 활용할 수 있는 개념적 도구로 제대별 능력, 규모, 임무 등을 고려해 선택적으로 활용하고 상황과 여건에 따라 필요한 요소를 추가한다. 알파고가 처음 게임을 시작할 때 포석이라고 부르는 단계에서 바둑관련 책자에 제시된 포석을 모두 학습을 했던 것처럼 작전구상단계는 성공적인 작전수행을 위해 포석을 두는 것과 같으며 수많은 작전 전문가들의 문헌을 통해 학습시킬 수 있다. 작전 전문가가 제시하는 학습의 양이 충분할 경우 인공지능은 빠른 수렴 속도를 보일 수 있으나 그렇지 않을 경우 수렴에 많은 시간을 필요로 할 것으로 보인다.

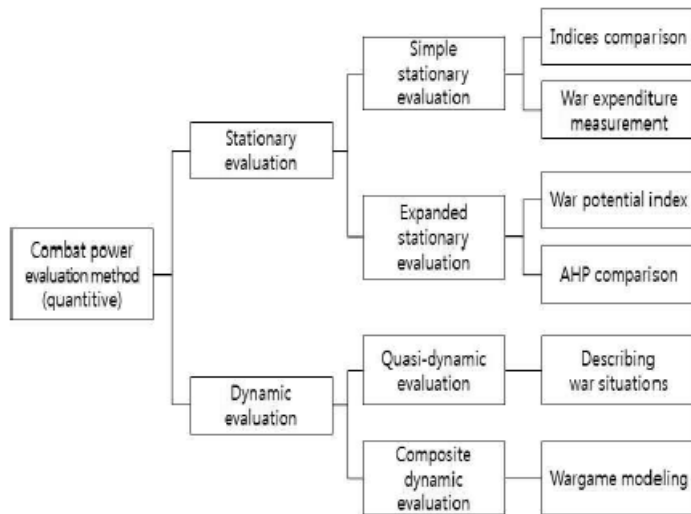
나. 인공지능에 의한 방책수립

방책수립은 계획지침을 기초로 수립된다. 방책수립은 피·아 상대적 전투력 분석부터 시작한다. 피·아의 강점과 약점을 도출하고 아군의 강점은 최대한 활용하고 약점은 피하면서 적의 강점은 회피하고 약점을 집중 이용할 수 있는 방책을 수립한다.

상대적 전투력 분석에 있어서 전투력은 유무형 요소를 모두 고려해야 하나 계량적 분석을 위해 작전지역내에 위치한 피아 기동부대와 화력지원부대의 부대의 수나 운용하는 장비의 수를 기준으로 평가한다. 인공지능에 의한 상대적 전투력 분석은 명확하며 별도의 테크닉 없이 전투력 분석이 가능하다. 그러나 전투력 분석이 기동부대나 화력지원 부대의 수나 장비의 수로 평가되어야 한다는 당위성은 어디에도 없다. 인공지능에 의해 참고할 수 있는 참고자료 정도로 사용되기에 충분하며 미국의 대통령 링컨이 제시한 공자:방자의 비율이 3:1 이어야 한다는 논리도 다시 검증 받게 될 것이다.

인공지능 기술 중에서 인공신경망 기술(ANN)은 피아 전투력 평가에 사용할 수 있다.⁴¹⁾ 현재 야전 부대에서 가장 많이 사용하고 있는 정량적 전투력 분석 방법(그림 4-2)에서 보는바와 같이 정태적 방법(Stationary Evaluation)을 사용하고 있다. 정태적

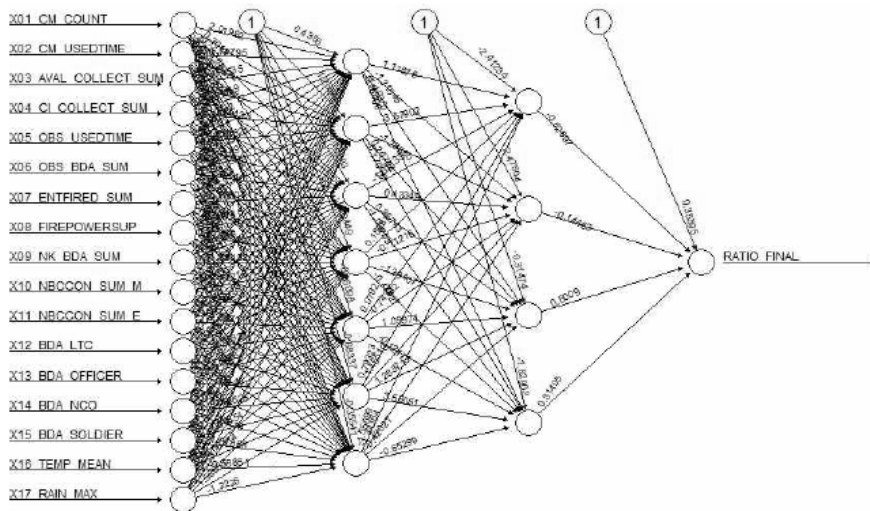
방법은 부대나 병력의 수, 전투 물자의 수량을 비교하는 방법을 말한다. 국방백서에서 타국과의 국방력 비교는 그 국가의 국방비로 비교 설명되는 것과 비슷하다. 그런데 단순한 정태적 비교는 다양한 전투장비를 복합적으로 보유하고 있는 부대의 능력을 대표하기에 부족함이 많다. 그래서 전력지수라는 방법을 이용해 이를 개량화 했는데 각무기의 전투능력을 개량화 하는 방법이다. 우리나라에서는 RAND연구소에서 개발한 합동종합상황모델(JICM, Joint Integrated Contingency Model)⁴²⁾을 준용해서 전투력을 평가하고 있다. 이와 다르게ダイナ믹 방법을 통해 전투력을 판단할 수 있다. 일반적으로 전장을 표시하는 방법은 Kaufmann모형과 워게임모형 방법이 주로 사용된다. 다이내믹 평가 방법은 전사나 전쟁 시뮬레이션을 통해 전쟁의 승패요인을 분석하고 승패요인에 직접적인 영향요인에 승수를 부여하는 방법이다. 예를 들어 과거 전쟁이나 시뮬레이션에서 수행한 전투를 통해 전차가 승패에 미치는 영향을 다른 무기체계나 전투수행 요인과 상대적으로 분석해 기록으로 남기는 방법이다. 이렇게 상대적으로 남은 무기체계나 전투 요인의 비율(또는 비중)은 이후 전쟁 전 전투력 평가의 중요한 척도로 작용한다.



[그림 4-2] 전투력 지수 평가

41) 윤성용, 이상훈, “모의전투훈련 예측을 위한 인공지능경망 기반 전술상황 평가모델”, 한국컴퓨터정보학회지 22(7), 2017.7.
 42) J. Ong and M. F. Ling, “Using the Joint Integrated Contingency Model for Campaign Analysis,” Defense Systems Analysis Division, Electrons and Surveillance Research Laboratory, DSTO-TR-1307, May 2002.

인공 신경망 기술을 이용한 방법은 전투력 평가는 다이나믹 평가 방법을 사용할 수 있다. 전사를 이용한 방법은 기록된 자료를 근거로 정량적으로 판단하기 어렵다. 그러나 전장에서 벌어지는 사태를 현실감 있게 표현한 시뮬레이션의 경우는 다르다. 다양한 전투 시나리오와 함께 전투시뮬레이션 모델을 사용할 수 있고 각 시나리오마다 다양한 전투력을 투입해 다양한 결과를 도출할 수 있다. 이러한 결과는 기계적으로 수업이 반복될 수 있으며 많은 데이터 생성을 가능하게 한다. 윤성웅의 “모의전투훈련 예측을 위한 인공신경망 기반 전술상황 평가모델”⁴²⁾에 의하면 전투지휘훈련에 사용한 다양한 대대급 모의전투훈련 기록을 분석해 75%는 인공신경망 학습에 사용하고 25%는 검증용으로 사용했다.([그림 4-3] 참고) 그들이 제시한 인공신경망 학습 결과 대대급 전투에서 승리에 영향을 미치는 중요 요소는 장교의 생존성과 곡사화기의 성능⁴³⁾, 무선통신망 사용시간 등이 대대급 전투에 중요한 승리의 요인으로 나타났다.



[그림 4-3] 인공신경망을 이용한 전투력 지수 측정

방책수립에 있어 가장 중요한 부분은 결정적 작전, 여건조성작전, 전투력지속작전별로 수행해야할 과업을 결정하고 수행과업에 따라 전투력을 할당하고 예하부대에 책임을 부여하는 것이다. 예하부대에게 수행과업과 지원배속부대를 적당한 수준으로 분배하는 전

43) 제시된 논문에는 ‘장교의 중상이상 피해발생여부’와 ‘곡사화기의 적 피해인원수가 가장 높은 증강 민감도’, ‘무선통신망 사용시간’으로 제시하고 있다.

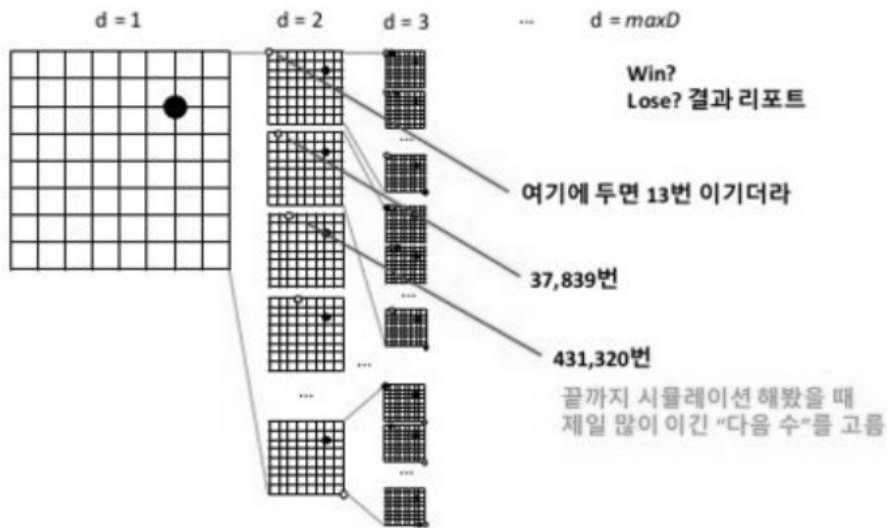
투력 할당과정은 주어진 전장에서 최대의 전투효과를 달성하기 위한 사고의 과정으로 인공지능이 가장 잘 할 수 있는 부분이다. 가정 사항에 제시된 것처럼 주어진 작전 환경에서 피·아 전투력에 대한 작전수행 방안은 적의 입장에서 선택할 수 있는 최선의 방책을 우선 도출하고 이에 대응하는 아군의 최선의 방책을 도출하는 과정으로 진행된다. 인공지능에 의한 방책도출도 지형과 기상을 바탕으로 적이 선택할 수 있는 최선의 방책을 우선 도출하고 이에 대응하는 아군의 방책을 도출하는 순서로 진행 할 수 있다. 인공지능의 경우 유전알고리즘을 이용해 최선의 전투력 할당과 책임지역을 부여할 수 있는데 유전 알고리즘의 특징이 수백만 가지 유전자를 생성하고 적합성을 비교한다는 점을 고려했을 때 현행작전을 수행하는 운용요원들이 2~3개 정도의 방책을 우선 검토하는 현행 의사 결정방법에 비해 비교할 수 없을 만큼 포괄적인 검토가 될 것으로 예상된다.

다. 전투효율성에 의한 목적함수와 방책선정

유전 알고리즘을 사용하는 인공지능 기술은 많은 유전자를 형성하면서 각 유전자를 비교하는 과정을 통해 유전자를 최적화 시킨다. 전투부대의 편성과 책임지역의 할당 및 전투수행 방안의 결합은 해당 지역 해당 시간에 바람직한 전투요소를 할당하는 것으로 각 전투요소들의 각 전투요소들의 조합은 모두 각각의 유전자로 처리될 수 있다. 주어진 시뮬레이션 모델에서 바람직한 목적함수(적합도 함수)를 통해 최상의 가치를 추구할 수 있는 방책이 선택될 수 있는데 목적함수(J)는 적 살상률(a), 아군의 살상피해율(b), 작전 수행시간(t), 작전수행 비용(c)을 변수로 하는 함수($J=f(a,-b,c,t)$)로 표현하고 이 가능하다.⁴⁴⁾ 목적함수를 최대로 만들기 위해 다양한 검색 방법이 동원된다. 유전 알고리즘이 그 중 하나이다. 그런데 바둑 게임 인공지능으로 잘 알려진 알파고의 경우 다른 접근방법을 사용했다. 알파고는 가치망과 정책망이라는 방법을 사용해 최상의 기보 점을 찾았다. 가치망은 조금 전 언급한 목적함수를 최대로 만들 수 있는 방법을 시뮬레이션을 통해 계산해내는 것이다. 다양한 조합이 가능한데 가치망 만을 실행시켜 보면 알파고의 경우 현존하는 컴퓨터로는 계산할 수 없는 엄청난 양의 경우의 수와 마주하게 된다. 알파고가 성공적으로 기능을 발휘하려면 기보에 사용하는 경우의 수를 대폭 줄여줄 수 있는 방법이 필

44) Huang Jingjing Xiong Caiquan, "Combat Effectiveness Evaluation Based on Rough Set and Neural Networks", Computer & Digital Engineering, 2011-05

요하게 된다. 그래서 도입한 것이 정책망이다. 정책망은 일반적인 바둑 책자에 나온 포석과 일치한다. 바둑의 전문가들이 알려주는 학습서인데 어떤 모습이 되면 어떻게 하라는 지침서로 잘 알려져 있다. 알파고는 이런 지침서 형태의 데이터를 통해 학습되었다. 지침서에 의해 형성된 알파고의 정책망은 알파고가 감당해야 할 경우의 수를 대폭 줄였기 때문에 병렬처리 하는 가치망으로 충분한 계산이 가능해졌다. 사실 병렬처리로 충분히 가능해졌다고 하지만 사용한 컴퓨터의 CPU와 GPU는 보통사람의 상상을 초월하는 엄청난 양이었다.



[그림 4-4] 알파고의 경우의 수 계산법

(출처 : 글로벌 경제신문, 문승환)

알파고는 전문가들에 의해 전수된 학습내용으로 정책망을 운용했고 탁월한 성능을 보여주었다. 인공지능이 창의적인 방책을 만들어내고 방책을 비교해서 가장 바람직한 방책으로 선정되기 위해 수없이 많은 방책이 고려되어야 한다. 그러나 전사와 교범에서 전하는 다양한 전술 지식은 방책을 선정하는데 커다란 지침이 될 것이며 이를 모사한 정책망 운용을 통해 방책선정의 다양성을 대폭 줄일 수 있게 된다.

만약 인공지능을 탑재한 작전참모를 가지고 싶다면 우선적으로 현존하는 전술 전문가들로부터 컴퓨터가 인식하기 좋은 형태로 우수한 전술을 전수할 책자를 만들어야 할 것으로 보인다. 바둑의 포석을 모아놓은 다양한 책들이 알파고에게 정책적으로 중요한 역할

을 한 것처럼 우수한 전술을 모아놓은 책자는 인공지능 작전참모에게 역시 중요한 역할을 할 것임에 틀림없다.

라. 인공지능이 제시한 방책의 활용

인공지능이 제시하는 결과물은 인공지능 알고리즘에 의해 선정된 최선의 결과물이다. 그러나 인공지능이 제시한 결과물이지 그것이 실제 전장에 사용할 수 있는 최선의 방책이라고 말하는 데에는 무리가 있다. 인공지능이 제시한 방책은 단지 인공지능이 알고리즘 내에서 도달한 최종 결론일 뿐 그것이 전장의 현실과 모든 제한사항을 반영한 최적의 결과라고 말할 수 없다. 인공지능에 의해 제시된 방책은 조심스럽게 검증되어야 한다. 수립된 방책이 수행가능하고 다른 방책들 보다 훨씬 작전수행에 적합함이 확인된 후에 실행에 옮길 수 있다. 검증되지 않은 방책은 위험하고 무책임해진다.

인공지능에 의해 제시된 방책은 전쟁을 협조하는 참모들과 다를 수 있다. 이렇게 제시된 방책은 달성 가능한 방책중 하나로 판단하고 이보다 바람직한 판단을 할 수 있다면 작전은 인공지능 없이 진행되는 것 보다 적어도 효과적일 가능성이 높다. 인공지능은 작전을 수행해 가면서 지휘관이 받아들이는 작전과 받아들이지 않는 작전을 계속 학습하게 할 수 있다. 시간이 지날수록 인공지능의 학습량은 늘어나고 인공지능의 판단은 퇴보 없이 진화해 나간다. 비록 진화하는 속도가 느릴지라도 인공지능은 꾸준히 진보해 나간다. 군 인사이동에 의해 새로운 참모가 역할을 시작하는 순간에도 인공지능은 새로운 참모에 과거의 지식을 가감 없이 전달할 것이다. 소프트웨어에 의해 지식이 유지되는 모습이 인공지능의 학습을 통해 달성 가능할 것으로 예상된다. 군 보직자는 바뀌어도 바뀌지 않는 인공지능 덕에 소프트한 전투력은 후퇴하지 않는다.

3. 육군 전술지휘정보체계 운용과 계획수립

육군은 2006년부터 육군 전술지휘정보체계 일명 ATCIS를 세대별 음성, 데이터, 영상 등 다양한 정보를 공유하기 위해 전력화 시켜왔다. 신속·정확한 정보공유 및 타 체계와의 연동, 체계 사용자 및 관리자에게 편의성을 제공하기 위해 만들어진 ATCIS는 WEB 방식으로 사용자에게 편의성을 향상시키고 향상된 전송속도로 화상회의가 가능하며 자동화된 정보처리 기능을 제공하고 있다. 지휘소 이동 간 주·예비 서버의 전환이 간소화 되어 간

단없는 작전이 가능할 수 있도록 구현된 육군의 대표적인 지휘통제체계이다.

ATCIS는 군 작전 네트워크에 서버와 단말기가 운용되는 시스템으로(그림 4-5)과 같은 연동체계를 구성하고 있다. ATCIS내에 탑재된 소프트웨어는 공통소프트웨어(상황도, 전문처리, 체계관리, 체계연동), 응용 소프트웨어(정보, 작전, 화력, 작전지속지원), 상용 소프트웨어(업무지원, 체계관리 및 지원, 보안, 시스템)로 구성되어있다. 공통 소프트웨어는 주로 지도 관리나 군대부호 도시 및 전문 처리에 필요한 기능 들을 탑재하고 있으며 실제 작전에서 사용하는 개념에 따라 투명도를 관리하고 있다. 응용 소프트웨어는 지휘 통제본부의 각 기능실에서 운용하는 소프트웨어로 정보종합실, 작전실, 화력지원실, 작전 지속지원실에서 수행하는 과업을 중심으로 구성되어있다. 기타 업무지원을 위한 상용소프트웨어와 보안유지에 필요한 프로그램으로 구성되어 있다. ATCIS는 지휘통제본부에서 지휘관의 결심을 보좌하고 전투수행 기능을 통합하여 지휘관 의도에 따른 작전개념이 구현되도록 작전을 수행하기 위해 운용된다. 작전이 진행됨에 따라 지휘관이 해야 할 작전적 결심 수립에 필요한 전장정보를 제공하고 관리하는데 사용되고 있다.



[그림 4-5] ATCIS 연동체계 구성도

ATCIS내에 탑재된 소프트웨어는 공통소프트웨어(상황도, 전문처리, 체계관리, 체계연동), 응용 소프트웨어(정보, 작전, 화력, 작전지속지원), 상용 소프트웨어(업무지원, 체계관리 및 지원, 보안, 시스템)으로 구성되어있다. 공통 소프트웨어는 주로 지도 관리나 군

대부호 도시 및 전문 처리에 필요한 기능 들을 탑재하고 있으며 실제 작전에서 사용하는 개념에 따라 투명도를 관리하고 있다. 응용 소프트웨어는 지휘통제본부의 각 기능실에서 운용하는 소프트웨어로 정보종합실, 작전실, 화력지원실, 작전지속지원실에서 수행하는 과업을 중심으로 구성되어 있다. 기타 업무지원을 위한 상용소프트웨어와 보안유지에 필요한 프로그램으로 구성되어 있다. ATCIS는 지휘통제본부에서 지휘관의 결심을 보좌하고 전투수행 기능을 통합하여 지휘관 의도에 따른 작전개념이 구현되도록 작전을 수행하기 위해 운용된다. 작전이 진행됨에 따라 지휘관이 해야 할 작전적 결심 수립에 필요한 전장정보를 제공하고 관리하는데 사용되고 있다.

현재 운용중인 ATCIS를 통해 인공지능 기술을 구현할 수 없다. 이유는 ATCIS 자체가 전투 모델을 가지고 있지 않으며 단순히 각 기능실에서 원활한 업무를 협조할 수 있도록 정보를 제공하는 기능만 가지고 있기 때문이다. 현재 운용중인 ATCIS에 인공지능을 탑재하기 위해 필수적으로 인공지능에 의해 목적함수 구현이 가능한 시뮬레이터가 필요하다. 분대급부터 사단급 까지 각 수준별 전투에 적합한 시뮬레이터가 있어야 최상의 방책을 찾아낼 수 있다. 현재 육군과 합참에서 운용중인 시뮬레이터는 운용적 측면에서 인공지능과 연동되도록 프로그램을 설계 변경하면 충분히 인공지능에 의해 방책이 만들어지고 인공지능이 만들어낸 방책에 의해 결과가 도출 될 수 있을 것이라고 판단된다.

V. 결론 및 향후 연구방향

인공지능에 의해 도출된 최상의 결과물은 조심스럽게 다뤄져야 한다. 인공지능에 의한 자율주행 시스템을 갖춘 테슬라 자동차는 날씨와 주변 환경에 대한 오류로 불가피한 인명피해를 남겼다. 어떤 것과도 비교할 수 없는 인간의 가치가 어느 날 갑자기 회손 되었는데 원인을 찾으려 해도 정확한 원인을 찾지 못했다. 테슬라 모델 S에 의해 벌어진 이날 사고로 숨진 사람은 차량의 소유자로 사고가 날 것을 알면서도 자율주행차량을 믿고 있다가 참변을 당한 것으로 알려졌다. 법원의 판결은 테슬라 자동차에 무죄를 선고했다. 대한민국 헌법 제 27조 4항에 의하면 ‘형사피고인은 유죄의 판결이 확정될 때까지는 무죄로 추정된다’라고 하고 있으며 이를 무죄추정의 원칙이라고 한다. 자율주행 자동차 업체인 테슬라는 인명피해를 일으킨 당사자로 피고인의 위치에 있었으나 법원은 테슬라에게 유죄를 확정지을 만한 사실을 찾지 못해 무죄가 된 것으로 알려졌다. 무죄판결이후 오히

려 탑승자의 책임이 강하게 전파되었다.

인공지능 기술의 대표 격인 인공신경망은 여러 겹의 Layer를 사용하고 각 Layer에 있는 수많은 노드들 간의 관계를 학습에 주어진 데이터를 사용하여 정의한다. 물론 학습에 사용되는 데이터가 엄청나기 때문에 학습에 따른 인식 오류가 거의 없을 정도라고 말하는 것이 타당해 보이지만 인공지능 기술이 언제나 완벽하다고 말할 수 없다. 인공지능이 소개되기 이전에 이론전 추론을 바탕으로 시스템이 설계되고 개발되었기 때문에 시스템의 오류를 찾는 것은 상대적으로 쉬웠다. 그러나 인공지능 기술의 발달로 인공지능에 대한 의존도가 커질 것으로 예상되고 있으나 인공지능 기술 내부에 존재하는 오류는 찾아 내기는 거의 불가능에 가깝다. 심지어 인공신경망 내부에 존재하는 값들을 모두 볼 수 있고 수정할 수 있음에도 불구하고 어떤 것이 잘못됐고 어떤 것이 수정되어야 하는지 판단 조차 할 수 없다.

인공지능은 지금까지 문제해결을 위해 사용하던 방법을 뛰어넘어 새로운 가능성의 세계로 우리를 인도하고 있음에 틀림없다. 인공지능에 의한 작전계획 수립과 분석은 새로운 가능성을 제시해줄 것이다. 그러나 인공지능이 제공하는 방책은 언제나 책임이 없다. 인공지능이 제시한 방책에 의해 국가의 존망이 결정된다면 인공지능을 운용하는 사람들은 허수아비임에 틀림없다. 책임은 인간이 지는 것이다. 그래서 인공지능에 의한 결과물은 가능성 높은 하나의 방책정도로 생각해야 하며 그 이상의 의미를 두는 것은 우리를 위태롭게 할 수 있다.

참고문헌

- 인공지능 현대적 접근방식 "Artificial Intelligence A Modern Approach 3rd edition", (제이펍, Stuart Russell, Peter Norvic, 류광 옮김, 2016)
- 국방과학기술조사서 (국방기술품질원, 2014)
- 미래 지상전력 무기체계 개발동향 (육군 교육사령부, 2011)
- NEURAL NETWORKS APPLICATIONS (IEEE TECHNICAL ACTIVITIES BOARD, 1996)
- 하이테크 전쟁:로봇 전쟁과 21세기 전투 (지안출판사, 2011)
- 지휘관 및 참모업무 (육군 교육사령부, 2012)
- 조선일보, “2015년 12월 출생아 수만큼 작년 출생아 수 줄어”...지난해 출생아 수 역대 최저치
- 지식경제부, “2011 SW 산업 연간 보고서”
- CES Review, 신한은행, 2017
- “세계 최대 차량공유 서비스 업체 ‘우버(Uber)’”, 뉴질랜드 타임즈, 2017년 05월 18일
- 반도체 집적회로의 성능이 24개월마다 2배로 증가한다는 법칙. 경험적인 관찰에 바탕을 두고 있다. 인텔의 공동 설립자인 고든 무어가 1965년에 내 놓은 것(출처 : 위키피디아)
- “소비자의 금융정보탐색장애와 신문·팸플릿의 유용성 평가”, 박지우, 여정성, 소비자학연구 제20권 제1호, 2009.3
- Lincoln, Anthony (March 2011). "FYI: TMI: Toward a holistic social theory of information overload". First Monday. 16. "Economics often assumes that people are rational in that they have the knowledge of their preferences and an ability to look for the best possible ways to maximize his preferences. People are seen as selfish and focus on what pleases them. Looking at various parts on their own, results in the negligence of the other parts that work alongside it that create the effect of IO."
- Mulrow, E. J. (2002). "The Visual Display of Quantitative Information: The Visual Display of Quantitative Information", Technometrics 44 (4): 400-

400. doi:10.1198/tech.2002.s78

- H Keval, MA Sasse - 16th World Congress on Ergonomics, “ Man or gorilla? Performance issues with CCTV technology in security control rooms” 2006
- "In New Military, Data Overload Can Be Deadly", New Yourk Times, January 16, 2011
- Art Kramer, a neuroscientist and director of the Beckman Institute, a research lab at the University of Illinois
- Stuart Russell, Peter Norvic "Artificial Intelligence A Modern Approach 3rd Edition" Pearson; 3 edition (December 11, 2009)
- 위키피디아, 인공신경망
- de Rigo, D., Castelletti, A., Rizzoli, A.E., Soncini-Sessa, R., Weber, E. (January 2005). <A selective improvement technique for fastening Neuro-Dynamic Programming in Water Resources Network Management>. Pavel Zitek. 《Proceedings of the 16th IFAC World Congress - IFAC-PapersOnLine》. 16th IFAC World Congress. Prague
- Ferreira, C. (2006). “Designing Neural Networks Using Gene Expression Programming”. In A. Abraham, B. de Baets, M. Köppen, and B. Nickolay, eds., Applied Soft Computing Technologies: The Challenge of Complexity, Springer-Verlag.
- Da, Y., Xiurun, G. (July 2005). T. Villmann, 편집. 《An improved PSO-based ANN with simulated annealing technique》. New Aspects in Neurocomputing: 11th European Symposium on Artificial Neural Networks. Elsevier.
- Wu, J., Chen, E. (May 2009). Wang, H., Shen, Y., Huang, T., Zeng, Z., 편집. 《A Novel Nonparametric Regression Ensemble for Rainfall Forecasting Using Particle Swarm Optimization Technique Coupled with Artificial Neural Network》. 6th International Symposium on Neural Networks
- Ganesan, N. “Application of Neural Networks in Diagnosing Cancer Disease Using Demographic Data”. International Journal of Computer Applications.

- 존 홀랜드 (1975). 《Adaptation in Natural and Artificial Systems》. University of Michigan Press.
- Y. Bengio, A. Courville, and P. Vincent., "Representation Learning: A Review and New Perspectives," IEEE Trans. PAMI, special issue Learning Deep Architectures, 2013
- Neocognitron: A Self-organizing Neural Network Model for a Mechanism of Pattern Recognition Unaffected by Shift in Position
- LeCun et al., "Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition," Neural Computation, 1, pp. 541-551, 1989.
- D. Ciresan, U. Meier, J. Schmidhuber., "Multi-column Deep Neural Networks for Image Classification," Technical Report, 2012.
- 한겨레, “인공지능은 주식투자 ‘신의 손’ 될까”, 2017-04-06
- 서울신문, “시간 정복 나선 AI… 중세 베네치아를 되살리다”, 2017-06-20
- Robert Allen, “15 Applications of Artificial Intelligence in Marketing”, 02 May, 2017
- Cross and Walker, 1998
- Brants, 2007
- 지상군기본교리, 2011년
- 해군기본교리, 2007년
- 공군기본교리, 2011년
- 송명관, “전쟁의 원칙에 대한 이해와 발전방향”, 군사평론, 435호, 2015
- “보병부대의 기동성 향상에 관한 연구: 기동전을 중심으로” 예) 대령 배기윤, 육군 교육사령부, 2001
- 전술적계획수립절차(사단급부대), 교육사령부, 2014
- Patrick Ulam, Yochiro Endo, Alan Wagner, Ronald Arkin, “Integrated Mission Specification and Task Allocation for Robot Teams - Design and Implementation“,
- Huang Jingjing Xiong Caiquan, “Combat Effectiveness Evaluation Based on Rough Set and Neural Networks”, Computer & Digital Engineering, 2011-05

- 윤성웅, 이상훈, “모의전투훈련 예측을 위한 인공신경망 기반 전술상황 평가모델”, 한국컴퓨터정보학회지 22(7), 2017.7
- J. Ong and M. F. Ling, “Using the Joint Integrated Contingency Model for Campaign Analysis,” Defense Systems Analysis Division, Electrons and Surveillance Research Laboratory, DSTO-TR-1307, May 2002.

연·구·보·고 2·0·1·7

최적화 이론의 국방분야 적용 방안

조 남 석
(국방대학교 교수)

2017. 11.



국방대학교 국가안전보장문제연구소

목 차

| | |
|---------------------------------------|----|
| 요약문 | 1 |
| 제1장 연구개요 | 2 |
| 제1절 연구 배경 및 필요성 | 2 |
| 제2절 연구목표 및 범위 | 2 |
| 제3절 연구 수행방법 및 기대효과 | 3 |
| 제2장 최적화 학문의 이해 | 4 |
| 제1절 최적화란 무엇인가? | 4 |
| 제2절 최적화 모형 | 7 |
| 제3절 최적화 모형의 특성 | 12 |
| 제4절 최적화의 두 줄기 : 이론과 응용 | 21 |
| 제3장 국방 분야에서의 최적화 연구 활용 | 24 |
| 제1절 학교 기관에서의 최적화 연구 | 25 |
| 제2절 현장에서의 최적화 연구 실태 | 27 |
| 제3절 학교와 현장에서의 최적화 연구 불일치 현상 | 29 |
| 제4장 최적화로 풀 수 있는 국방 문제 사례 | 30 |
| 제1절 최적화 기법을 사용한 실 연구 사례 및 결과 소개 | 31 |
| 제2절 적용 가능한 사례 및 적합한 방법론 소개 | 34 |

| | |
|--|----|
| 제5장 최적화 학문의 교육 | 36 |
| 제1절 최적화 교과목 편성 현황 | 36 |
| 제2절 발전 방안 : 최적화 이론 교육의 필요성과 한계점 논의 | 38 |
| 제6장 결 론 | 41 |
| 참고 문헌 | 43 |

〈그림 목 차〉

| | |
|---|----|
| 〈그림 1〉 호남고속도로와 진출입이 용이한 최적의 해 찾기 | 5 |
| 〈그림 2〉 현실세계의 모형화 | 8 |
| 〈그림 3〉 특급용사 최적해 찾기 문제의 풀이 | 11 |
| 〈그림 4〉 최적화 문제를 프로그래밍화 한 화면의 예 | 15 |
| 〈그림 5〉 가능해 공간(Feasible Region)의 예 | 16 |
| 〈그림 6〉 Convexity of Feasible Region | 18 |
| 〈그림 7〉 함수의 중요한 특징 | 19 |
| 〈그림 8〉 지휘관의 순찰로 찾기 문제 | 22 |
| 〈그림 9〉 어려운 TSP 문제의 예 : 미국 도시 방문 | 23 |
| 〈그림 10〉 핵 피해 평가 모델 | 31 |
| 〈그림 11〉 사회협오시설 배치를 위한 최적화 모델 | 33 |
| 〈그림 12〉 이론과 응용에 따른 과목체계도 | 40 |
| 〈그림 13〉 운영분석 전공 과목체계 구성안 | 41 |

〈표 목 차〉

| | |
|--|----|
| 〈표 1〉 가상의 사례 소개 | 5 |
| 〈표 2〉 목적식의 예 | 9 |
| 〈표 3〉 제약식의 예 | 10 |
| 〈표 4〉 최적화와 관련된 졸업 논문 (국방대학교) | 25 |
| 〈표 5〉 육군 위탁교육 소요 (16년 ~ 18년) | 27 |
| 〈표 6〉 분석업무 시 활용한 방법론 (육군 분석평가단, 1972년 ~ 2015년) ... | 28 |
| 〈표 7〉 최적화로 풀 수 있는 국방의 문제들 | 35 |
| 〈표 8〉 국방대학교 최적화 관련 과목 | 36 |
| 〈표 9〉 타 대학 최적화 관련 과목 (* 필수과목) | 37 |

요 약 문

국방의 문제들을 과학적으로 푸는 사례는 늘어나고 있으며 다양한 분석기법들이 활용되고 있다. 하지만 최적화 기법은 많이 사용되지 않고 있다. 육군의 경우 지난 40여 년 동안 단 두 차례만 최적화 기법을 이용해 의사결정 시 사용했다는 사례를 보면 그 심각성을 알 수 있다.

최적화 기법이 활용되지 못하고 있는 가장 큰 이유는 최적화 학문이 어렵다는 오해에서 비롯된다. 최적화 학문은 크게 응용 영역과 이론 영역으로 구분할 수 있는데 어떤 문제를 풀기 위해 최적화 모형을 만들어 내는 일은 응용에 해당하고 그렇게 만들어진 최적화 모형을 효율적으로 푸는 방법을 연구하는 것이 이론에 해당한다. 이 중 첫 번째에 해당하는 응용 영역은 사실 어려운 부분이 아니다. 약간의 수학적 지식과 조금의 연습을 통해 누구나 배울 수 있는 내용들이다. 따라서 최적화는 어렵다는 인식은 오해에 가까운 것이다.

반면 최적화 이론은 어느 정도의 어려움을 내포하고 있다. 그러나 국방의 발전을 위해 우리는 이 이론영역을 포기하여서는 안 된다. 특히 학문을 연구하는 학교기관에서는 더욱 그러하다. 국방에 산재한 많은 문제들은 사회의 그것들과는 분명 다르다. 국방의 문제들은 보안의 이유로 민간에게 잘 공개되지 않았고 그래서 연구가 많이 이루어지지 못했다. 학문적인 발전 역시 더디었다. 그런 의미에서 더더욱 이론적인 연구가 뒷받침되어야 한다.

본 연구는 평소 최적화에 대해 정확히 알지 못했던 독자들을 그 대상으로 한다. 본 연구를 통해 최적화 학문의 매력을 느끼고 최적화 이론이 강력한 도구임을 알게 하는 것이 연구의 목적이다. 아울러 우리 국방 분야에서 최적화 연구의 활용 실태, 최적화 교육 실태에 대한 사례 조사도 실시하였다.

최적화 연구를 하다보면 '세상을 보는 시선'에 변화가 생긴다. 세상을 수학적으로 보기 시작하게 되는 것이다. 이 글을 통해 독자들도 미약하게나마 이러한 경험을 하게 되기를 기대한다.

제1장 연구개요

제1절 연구 배경 및 필요성

국방과 관련된 문제를 풀기 위해 과학적 기법을 도입하는 사례는 많이 늘어났으나 최적화 이론은 그 학문적 효용성에 비해 많이 활용되지 않고 있다. 이는 최적화 이론을 접해보지 못해 어떻게 시작해야 할지 모르는 배경 지식의 부족과 또 최적화 이론이 어려울 것이라는 막연한 거부감에서 비롯된다. 우리는 본 연구를 통해 최적화 이론이 국방 분야의 다양한 문제들을 풀 수 있는 강력한 방법론임을 알리고 그 쓰임새 또한 광범위하다는 것을 보이려고 한다.

제2절 연구목표 및 범위

본 연구의 목표는 아래와 같이 요약된다.

- 1) 최적화 학문에 대한 올바른 이해 : 최적화 이론을 깊게 공부하지 않은 초보자를 주 대상으로 최적화 이론에 대해 소개한다. 최적화를 해야 하는 이유와 최적화가 다른 방법론보다 좋은 점 그리고 부족한 점을 설명한다.
- 2) 국방 분야에서의 최적화 연구 활용 실태 확인 : 그 동안 국방과 관련된 다양한 기관 및 학교에서 최적화 연구가 어떻게 이루어져 왔는지 사례 위주로 조사하여 현재 국방 분야의 최적화 활용 정도를 가늠해 본다.
- 3) 최적화로 풀 수 있는 국방 문제 사례 제시 : 최적화 연구를 통해 해결된 그리고 진행 중인 과제를 소개하고 앞으로 연구될 수 있는 문제와 그 문제들에 가장 적합한 최적화 이론을 함께 제시한다.
- 4) 최적화 이론의 교육 : 최적화 학문의 교육 범위를 어떻게 정해야 하는지 학위 과정 교육을 중점으로 논의한다. 본 논의를 통해 각 교육기관에서 최적화 이론 교육의 범위를 정하는 데 도움이 되길 기대한다.

앞서 기술한 바와 같이 최적화 이론의 소개는 평소 배경지식이 없었던 초보 독자를 대상으로 하며 이에 따라 심화된 최적화 이론의 소개보다는 개괄적인 리뷰에 초점을 맞춘다. 즉, 본 연구의 주 대상은 국방의 문제를 해결하는 분석업무 관련자를 포함한 공학 관련자이지만 그 대상을 제한하지 않고 공학적 배경이 없는 독자들을 대상으로 한다. 국방에서의 최적화 이론 활용 실태 조사는 각 군 그리고 국방 관련 기관에서 연구되어온 논문, 정책 보고서, 용역 과제, 업무 보고서 등을 대상으로 하며 온라인으로 접근 가능한 자료들을 중심으로 조사한다. 최적화로 풀 수 있는 국방 문제 연구는 그 대상을 제한하지 않고 각 급 단위부대에서부터 최상위 기관에서 다룰 수 있는 문제들 까지를 모두 고려한다.

제3절 연구 수행방법 및 기대효과

본 연구는 자료 조사, 사례 조사를 통해 얻어진 자료를 토대로 본 연구자의 지식(knowledge)과 직관(intuition)을 적용하여 사례 별로 적합한 최적화 이론을 제시하는 것을 기본 방향으로 한다. 그 동안 국방 분야에서 운영분석(Operations Research)의 활용, 기계학습 이론의 국방 분야 적용 방안 등 쓰임새가 많은 여러 방법론에 대한 국방 분야 활용 방안이 연구되어 왔으나 아직까지 최적화 이론을 주제로 한 관련 연구 사례는 없었다. 본 연구를 통해 국방 분야의 문제를 풀기 위해 과학적 방법론을 적용하는 독자들에게 최적화 이론의 우수성을 알리고 활용할 수 있는 계기를 마련하는 것이 첫 번째 기대효과이다. 개괄적으로 최적화 이론에 대한 소개를 하지만 한 편의 보고서를 통해 최적화에 대한 이해를 하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 사례별 최적화 모형 제시를 하겠으며 이를 통해 각자의 연구에 활용할 수 있는 아이디어를 얻는 것을 두 번째 기대효과로 정한다.

제2장 최적화 학문의 이해

제1절 최적화란 무엇인가?

우리말 최적(最適)의 사전적 정의는 ‘가장 알맞음’이다. 영어 optimize의 사전적 정의는 ‘make the best or most effective use of (a situation, opportunity, or resource)’이다. 정의에서 유추할 수 있듯이 최적화(optimization)라는 학문은 가장 알맞은 답 그 자체 또는 그것을 찾아가는 과정을 다루고 있다. 여기서 가장 중요한 부분은 바로 ‘가장’(most)이라고 하는 표현이다. 우리가 맞닥뜨리는 많은 문제들은 거의 답(solution)을 가지고 있다. 그런데 이 답은 그저 가능한(feasible) 답일 수도 있고 최고(best, most)로 좋은 답일 수도 있다.

간단한 예를 들어보자. 지방이전을 앞둔 국방대학교가 들어서는 새로운 학교 부지를 선정하는 문제를 생각해 보겠다. 학교를 충청남도 논산으로 이전하는 것은 사전에 이미 결정되었고 논산 내에서 어느 부지에 학교를 이전할 것인가를 결정하는 문제라고 가정해 보자. 이 경우 가능한 답은 수도 없이 많을 것이다. 논산의 시가지가 모여 있는 취암동 일대로도 이전할 수 있고 훈련소가 위치한 연무읍으로도 이전할 수 있을 것이다. 물론 실제 학교가 들어서게 된 양촌면 거사리 일대 역시 가능한 답이다. 그렇다면 과연 앞서 제시한 모든 부지에 ‘the most’를 붙일 수 있을까? 답은 그럴 수도 그렇지 않을 수도 있다.

최적의 답을 얻기 위해서는 답을 평가하는 기준, 즉 목적(objective)이 무엇인지가 가장 중요하기 때문이다. 만약 우리의 목적이 ‘서울에 비해 산 좋고 물 좋은 곳’이었다면 위에 제시한 모든 답들이 최적의 답이 될 수도 있을 것이다. 이런 경우 취암동도 연무읍도 그리고 양촌면도 최적해(optimal solution)가 될 수 있다 (취암동에 비해 양촌면이 더 좋은 자연 환경을 가졌을 수 있지만 글의 목적상 동일하다고 생각한다). 하지만 목적이 조금만 구체화 되어도 이야기는 달라진다. 만약 우리의 목적이 ‘호남 고속도로와의 진출입이 용이한 곳’ 또는 ‘인접 대학교와 교류가 쉬운 곳’ 또는 ‘도심지에서 최대한 먼 곳’ 과 같이 구체화 될수록 ‘the most’를 붙일 수 있는 답안의 수는 줄어들기 마련이다. 예를 들어, 호남 고속도로와의 진출입이 용이한 곳을 찾는 것이 우리의 목적이었다면 <그림 1>과 같은 과학적 근거에 입각하여 양촌면이 ‘the best’, 즉 최적해가 될 수 있을 것이다.



<그림 1> 호남고속도로와 진출입이 용이한 최적의 해 찾기

그리고 현실의 문제를 푸는 데 있어 대개 최적의 답은 유일(unique)한 경우가 많다. 유일하다는 것은 선정된 그 답이 다른 어떤 가능한 답보다 목적에 비추어 보아 가장 우수하다는 것을 뜻한다. 이렇듯 최적, 'the most'를 붙일 수 있는 답은 흔하지 않다. 그러나 실제로 우리는 '최적'이라고 하는 표현을 올바르게 사용하고 있지 않다. 국방 분야에서 그리고 사회 전반에 걸쳐 '최적'이라고 하는 표현이 과잉 사용되고 있다. 다음의 몇 가지 사례를 생각해 보자.

<표 1> 가상의 사례 소개

| | |
|-----|---|
| 사례1 | 육본의 A장교 : 총장님. 부대인력 개편 최적방안을 보고 드리겠습니다. 총 3가지의 안을 고려했는데 1안은 이렇고요... 2안은 이렇고요... 3안은 이렇습니다. 자. 최적의 안인 1안에 동그라미 해주시면 됩니다. |
| 사례2 | 방사청의 B장교 : 무기시스템 A를 2대 도입하게 되면 전투력 지수가 최대 330% 상승합니다. 몬테카를로 시뮬레이션으로 72시간 돌려봤습니다. 그래서 2대 도입하는 게 최적의 안입니다. |
| 사례3 | 연합사의 C장교 : 현 작전계획에 의하면 A부대가 목표지점 "TANGO"로 가는 데 소요되는 시간은 2시간입니다. A부대를 북쪽으로 2km 재배치하면 "TANGO"까지 가는 시간을 최대 30분 단축할 수 있는 최적의 안입니다. 물론 기존 임무 수행에도 전혀 제약이 없습니다. 제가 직접 가서 측정해 보았습니다. 현장에 답이 있으니까요. |
| 사례4 | D중대장 : 올해 우리 중대 특급용사의 최적 목표치를 하달한다. 작년에 10명이었으니 그보다는 많아야 한다. 부대가 너무 한쪽으로 치우지면 안되니 30% 이상은 넘어가지 않아야 한다. 이 범위 안에서 최대한으로 노력해보자. |

위의 네 가지 사례에서 최적이라는 표현을 가장 올바르게 사용한 이는 누구일까? 첫 번째 사례를 먼저 살펴보자. A장교는 최적의 안이라는 표현을 사용했지만 기술된 사례로만 보면 그가 제시한 답은 최적의 답이 될 수 없다. 그가 제시하고 분석한 대안은 총 세 개인데 4번째 대안, 5번째 대안 그리고 6번째 대안이 있을 수도 있기 때문이다. 어쩌면 수 백 가지의 대안이 있을 수도 있다. 그러한 수 백 가지의 가능한 대안을 모두 비교해 보았는데 1안이 가장 우수할 때 비로소 최적의 답이라는 표현을 붙일 수 있다.

두 번째 사례를 살펴보자. B장교는 시뮬레이션이라는 과학적인 기법을 통해 정량적인 결과를 제시하였음에도 불구하고 그가 제시한 답은 최적의 답이라고 할 수 없다. 무기체계 A를 2대 도입했을 때 전투력 지수가 330% 상승하였다면 3대를 도입하였을 때는 그보다 높은 지수의 상승을 가져오게 될 가능성이 크다. 아마도 B장교가 제시한 목적에 부합한 최적의 답은 무한대(infinity, ∞)라고 하는 것이 더 합당할 것이다. 물론 B장교는 '도입 가격'이라는 요소를 고려했을 것이다. 가격을 고려했을 때 2대 도입이 최선이였다면 '가격 제한 범위 내에서 최적의 안'이라는 표현은 문제없이 사용할 수 있을 것이다.

세 번째 사례 역시 최적이라는 표현이 과잉 사용되었다. 예에서 부대의 재배치 안은 기존 임무 수행을 동일하게 수행할 수 있고 목표지역으로의 기동 시간이 단축되는 훌륭한 방안이다. C장교의 말 대로 현장에서 직접 문제를 경험한 전문가(subject-matter expert)의 직관(intuition)이 좋은 방안이 될 수 있지만, 최적의 답이 될 수는 없는데 그 이유는 C장교가 다른 대안들을 모두 경험해 본 것이 아니기 때문이다. 북쪽으로 1km를 가는 대안도 심지어 그 반대 방향으로 가는 대안도 모두 검토해 보아야 최적의 안이 될 조건을 갖게 되는 것이다.

반면, 네 번째 사례에서 D장교는 최적의 안을 제시할 수 있는 문제를 정확히 제시하였다. 중대의 특급용사 숫자를 최대화 하고 싶은데 범위는 10명 보다는 많고 중대원 전체 숫자의 30% 보다는 적어야 한다. 이 경우 최적해(optimal solution)는 중대원이 총 n 명이라고 가정했을 때 $0.3n$ 명이 될 것이다.

우리는 네 가지 사례를 통해 최적의 방안이라는 표현이 결코 쉽게 사용되어서는 안 된다는 점을 살펴보았다. 하지만 최적이라는 표현이 과잉 사용되고 있다고 해서 그것을 비판하고자 할 의도는 없다. 위의 세 가지 사례는 여전히 합리적(reasonable)인 대안이고 우리 국방의 발전을 위해 꼭 필요한 대안들임에는 틀림없다. 그러나 여전히 최적이라는 표현은 선별해서 사용돼야 하는 것이 맞다. 더 좋은 대안이 존재할 수도 있다는 점을 인

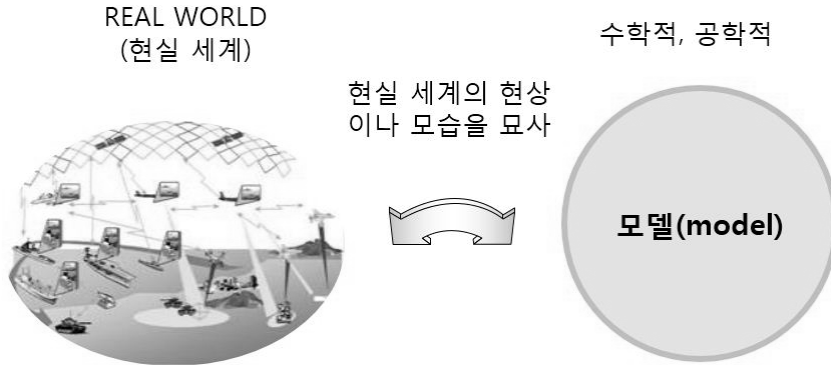
지하고 있으면서도 이 정도면 충분히 합리적이다 라고 판단을 하는 것과 그것이 가장 좋은 대안이라고 '착각'하며 의사결정을 하는 것과는 큰 차이가 있기 때문이다.

제2절 최적화 모형

그렇다면, 가능한 모든 방안 중에서 'the best'인 최적해를 어떻게 찾을 수 있을까? 이를 위해서는 최적화 이론에 대한 이해가 필요하다. 앞서 1장에서 밝힌바와 같이 본 연구의 목적은 최적화 이론에 대해 알지 못한 독자들을 대상으로 최적화 이론에 대해 소개하는 것이다. 따라서 너무 수학적인 깊은 내용을 본 절에서 다루지는 않지만 대략적으로 최적화 이론에 대해 설명하고자 한다.

우리는 먼저 모델(model)에 대해 이해할 필요가 있다. 모델 또는 모형은 현실세계(real-world)를 단순화하여 표현한 것이다. 단순화라는 표현은 simplification과 abstraction의 의미를 모두 포함하고 있다. 즉, 구체적인 내용(detail)은 과감히 생략하고 꼭 필요한 현실의 특성만 포함하겠다는 것이 simplification이라면 abstraction은 현실의 모습을 표현하기 위해 현실을 추상화하는 것이라고 생각하면 되겠다. 예를 들어 앞의 네 번째 사례에서는 중대장이 특급용사의 수를 결정하는 과정에서 작년 특급용사의 수만 고려를 하고 있다. 좀 더 현실적인 목표치를 결정하기 위해 중대원의 평균 키나 평균 체중 등도 고려할 수 있을 것이다. 하지만 중대장은 그렇게 복잡하게 문제를 풀 필요는 없다고 생각했다. 이 경우 현실세계의 문제를 단순화(simplification)하게 된 것이다. 우리가 살아가는 현실의 모습은 굉장히 복잡하고 다양한 특성을 띠고 있다. 따라서 과감한 단순화의 작업, 즉 모델링(modeling)이 없이 현실의 문제를 푸는 것은 거의 불가능하다.

반면 추상화(abstraction)는 현실 세계의 모습을 정량적인 분석이 가능한 어떤 객체로 표현하는 작업이다. 중대장의 경우 특급용사를 늘리고 싶다는 막연한 현실의 목표를 이루기 위해 '특급용사의 수'라는 정량적인 특성을 뽑아내어 그것을 변수로 결정하였다. 지금은 당연하게 느껴지는 이 과정은 사실 그 동안의 많은 모델링 연구를 통해 '세상을 바라보는 시선'이 어느 정도 정량적으로 변화했기 때문에 가능한 것일 수 있다.



〈그림 2〉 현실세계의 모형화

최적화 모형(optimization model)이란 최적화 문제를 풀기 위해 만들어진 모형이다. 즉, 어쨌든 모델이라는 단어가 붙어 있으니 앞서 설명한 바와 같이 현실의 문제를 풀기 위해 만들어진 단순화된 세계인데, 그 중에서도 최적화된 답을 얻기 위해 구성된 모델이라고 생각하면 된다.

최적화 모형은 가장 큰 특징은 그 구성 요소가 모두(대부분) 수학적(mathematical expressions)으로 이루어졌다는 점이다. 즉, 현실의 모습을 일련의 수학적식으로 표현했다고 생각하면 되겠다. 가장 일반화(generalized) 시켜 표현되는 최적화 모형의 모습은 아래 수식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} \min \quad & f(x) \\ \text{s.t.} \quad & g(x) \sim b \end{aligned} \tag{1}$$

수식 (1)을 이해하기 위해 먼저 최적화 모형의 세 가지 구성요소에 대해 알아본다.

- 목적식(objective function) : 우리가 최적화 모형을 만드는 이유, 즉 모델링의 목적을 표현한 것이 목적식이다. 특별한 경우를 제외하고 우리는 보통 무엇인가를 최대화(maximize) 또는 최소화(minimize) 하고 싶어 한다. 비용은 최소화하고 이익은 최대화 하고 위험은 최소화하고 성과는 최대화하고 싶어 한다. (1)의 수식에서 보면 첫 줄 $\min f(x)$ 가 바로 목적식에 해당한다. 어떤 함수 $f(x)$ 는 x 값에 따라 변하는데 그 함수값을 가장 작게 만드는 x 값을 찾겠다는 뜻이다. 만약 함수값을 최대화 하

고 싶었다면 목적식은 $\max f(x)$ 와 같이 표현될 것이다. <표 2> 에서 여러 가지 가능한 목적식의 예를 제시하였다.

<표 2> 목적식의 예

| 구 분 | 목적의 예 |
|----------|--|
| 최대화(max) | <ul style="list-style-type: none"> · 중대의 특급용사 수를 최대화 · 육군 장교 지원율을 최대화 · 정비시설 A에서 서비스를 받는 수요자를 최대화 |
| 최소화(min) | <ul style="list-style-type: none"> · 무기 시스템 A의 도입 비용을 최소화 · 보급소에서 각 지원부대로 이동하는 거리를 최소화 · 전투 간 불확실성을 최소화 |

- 결정변수(decision variable) : 최적화 모형의 두 번째 구성요소는 결정변수이다. 결정 변수란 우리의 목적을 달성하기 위해 결정해야 하는 숫자를 말한다. 그리고 변수(variable)라는 말이 뜻하는 바와 같이 이 값은 계속 변하는 값이다. 예를 들어 무기 시스템 A의 도입 비용을 최소화 하는 목적에 대해 우리가 결정해야 하는 요소는 바로 ‘도입비용’이고, 육군 장교 지원율을 최대화 하는 문제에서 우리가 결정해야 하는 요소는 ‘장교 지원율’이 될 것이다. 결정변수는 꼭 차원(dimension) 1의 숫자가 돼야 하는 것은 아니다. 예를 들어, 보급소에서 각 지원부대로 가는 거리를 최소화 하는 문제에서 결정변수는 ‘보급소의 위치’가 될 것이며 이 경우 보급소의 위치는 2차원 평면위의 좌표이니 결정변수는 2차원이 될 것이다. (예) 보급소의 위치 = (100,30)) 수식 (1)에서 결정변수를 나타내는 수식은 영문자 x 이다.
- 제약식(constraints) : 최적화 모형의 마지막 요소인 제약식은 최적화 문제의 가능한 방안들의 범위를 결정하는 식들이다. 도출 가능한 제약식의 예를 먼저 보자.

〈표 3〉 제약식의 예

| 문 제 | 가능한 제약식 |
|-------------------------|--|
| 지원거리를 최소화 하는 보급소의 위치 선정 | <ul style="list-style-type: none"> · 보급소의 위치는 각 지원부대에서 최소 0km는 떨어져 있어야 한다. · 보급소는 모든 지원부대를 0km 이내에서 지원해야 한다. · 보급소와 A부대의 거리는 보급소와 B부대의 거리보다 멀어야 한다. |
| 중대의 특급용사 수 최대화 | <ul style="list-style-type: none"> · 특급용사는 최소 10명 이상이어야 한다. · 특급용사는 부대원의 30%를 넘지 않아야 한다. |

〈표 3〉에 나열된 문장들의 공통점은 바로 범위를 제한하고 있다는 것이다. 보급소의 위치를 결정하는 문제에서 만약 어떤 제약도 없었다면 위치가 될 수 있는 공간은 지구상의 모든 공간이 된다. 상식적으로 보급소가 바다에는 위치할 수 없지만 지금으로선 어떤 제약도 없기 때문에 바다 한가운데도 들어설 수 있는 것이다. 보급소의 위치는 육지로 제한한다는 제약이 부여돼야 비로써 바다에 보급소를 짓는 불상사를 피할 수 있게 된다.

즉, 제약식은 최적화 문제의 가능한 해의 공간을 정의한다. 제약식이 너무 많으면 가능한 해가 하나도 존재하지 않아 최적의 해 역시 존재하지 않게 될 것이다. 반대로 제약식이 너무 적으면 가능한 해가 무수히 많아(infinitely many) 최적해를 찾는 것이 어렵거나 때로는 너무 단순하여(trivial) 의미 없는 답안이 도출될 수도 있다. 예를 들어 어떤 비용을 최소화 하는 문제에서 제약식이 전혀 없다면 그 문제의 답은 당연하게도(trivially) 0원이 된다는 이야기다. 물론 제약식이 전혀 없는 최적화 모형(unconstrained optimization model)도 존재한다. 제약식의 많고 적음과 최적화 모형을 푸는 난이도와는 선형적인 관계가 있는 것은 아니다. 제약식이 적으면 탐색 공간이 넓어져 문제를 풀기 어려울 것 같지만 적은 수의 수식만 고려하면 되기 때문에 계산이 쉬워질 수도 있고, 그 반대의 경우도 성립하기 때문이다.

최적화 모형의 일반적 표현인 수식 (1) 에서 제약식은 $s.t. g(x) \sim b$ 으로 표현되어 있다. 여기서 s.t. 는 subject to 의 약자로서 제약식 앞에 붙이는 일종의 약속된 표현이다. 즉, 지금부터 제약식을 기술하겠다는 뜻이다. $g(x)$ 는 $f(x)$ 와 마찬가지로 x 값에 대한 함수이고 우변에 있는 b 는 어떤 상수(scalar)값이다. 좌변과 우변 사이에 있는 \sim (relation) 표시는 등호(=) 또는 부등호(\leq, \geq)를 모두 포함하는 수학적 표현으로 좌변이 우변과 같거나 또는 좌변이 우변보다 크거나 작다는 뜻을 포함하고 있다.

지금까지의 논의를 바탕으로, 가장 간단한 최적화 모형인 특급용사의 수를 최대화 하는 문제를 수식 (1)의 형태로 표현하면 다음과 같다.

$$\max x \tag{2}$$

$$s.t. x \geq 10 \tag{3}$$

$$x \leq 0.3n \tag{4}$$

$$x \in \mathbb{Z} \tag{5}$$

결정변수 x 는 중대 특급용사의 수이고, 목적식 (2)는 그것을 최대화 하고 싶음을 표현하고 있다. 이어서 두 번째 줄 s.t. 라는 표현은 이제 제약식이 기술될 것임을 알려주고 있다. (3)과 (4)는 특급용사의 수가 10명에서 중대원 전체 인원수의 30% 안에 들어옴을 표현하고 있는 제약식이며, (5)는 특급용사의 수가 정수(integer)의 집합(set) 안에 들어 있어야 제약조건이다. 즉, 특급용사의 수가 15.5명이나 16.6명처럼 실수가 아닌 15명, 16명처럼 정수가 돼야 한다는 것을 뜻하고 있다. 이 문제의 최적해는 간단한 산수를 통해 찾을 수 있다. 만약 중대원이 총 100명이라고 가정한다면 10명과 30명 사이의 범위에서 정수인 최고로 큰 값은 바로 30명이다.



〈그림 3〉 특급용사 최적해 찾기 문제의 풀이

지금까지 우리는, 최적화 모형의 가장 기본적인 내용을 살펴보았다. 먼저 모델이 무엇인지 설명하였고 최적화된 답을 얻기 위한 모델인 최적화 모형의 세 가지 구성요소를 설명하였다. 그리고 간단한 최적화 모형을 만들고 풀어 보았다.

제3절 최적화 모형의 특성

최적화 모형의 특성 중 가장 먼저 떠오르는 것은 역시 ‘어렵다’는 것이다. 독자들이 최적화 이론에 대해 쉽게 접해보지 못한 것 또한 어렵다는 인식에서 비롯되었다고 생각한다. 어렵다는 단어는 두 가지 뜻을 내포하고 있다. 첫 번째는 최적화 모형을 만들어 내는 것이 어렵다는 것이고 두 번째는 그렇게 만들어진 최적화 모형을 풀어서 답을 얻는 것이 어렵다는 것이다. 필자의 생각으로는 첫 번째는 사실이 아니고 두 번째는 어느 정도 사실이다. 먼저 최적화 모형의 구성의 어려움을 살펴본다.

최적화 모형을 만들어 낸다는 것은 내가 풀어야 하는 현실의 문제를 앞 절에서 설명한 (1)의 형태로 만들어 내는 것이다. 이 과정은 사실 단순히 결정변수를 결정하고 내 목적에 부합한 목적식을 정의하고 해공간을 정의하는 제약식을 더하면 되는 과정이다. 최적화 이론에 대한 조금의 지식만 있다면 가능한 과정이다. 따라서 최적화 모형을 구성하는 것은 어렵다는 인식은 최적화 이론을 생소하게 여겨 배울 수 있는 기회를 갖지 못했기 때문에 생겨났다고도 볼 수 있다. 다만, 최적화 모형을 구성하는 데 있어 추상화의 과정에서 어떤 논리를 수식으로 표현하는 것은 그렇게 간단하지는 않다.

예를 들어 전투기에 조종사를 할당 또는 매칭(matching)하는 현실의 문제를 생각해 보겠다. 이것을 스케줄링(scheduling) 문제라고 한다. 우리는 내일 해야 할 과업(훈련)이 있고 각각의 과제에 조종사를 할당하려 한다. 이 때 우리의 목적은 모든 과업을 빠짐없이 수행하되 비용을 최소화하는 것이다. 군에서는 사실 조종사마다 다른 비용이 소요되지는 않지만 이것은 간단한 예일 뿐이니 조종사마다 훈련 시 다른 비용이 지출된다고 가정한다. 가장 먼저 어떤 것을 결정변수로 정의해야 할지 결정해야 한다. 이 과정이 모두 최적화 모형 구성의 과정에 포함된다. 하나의 문제를 풀기 위해 구성할 수 있는 최적화 모형의 종류는 매우 다양하지만 글의 목적상 결정변수를 다음과 같이 간단하게 정의한다.

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{만약 조종사 } i \text{가 훈련에 투입되면} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

결정변수는 우리가 결정을 해야 할 변하는 수다. 변한다는 것은 0 아니면 1의 값을 갖는 것인데(그렇게 값을 갖도록 정의하였으니) 만약 어떤 조종사 i 를 오늘 임무에 투입하면 i 에 해당하는 결정변수는 1이 되는 것이고 그 조종사가 쉬게 되면 0이 되는 것이다.

예를 들어 조종사 1번이 오늘 임무에 투입되면 $x_1 = 1$ 이 되는 것이고 투입되지 않으면 $x_1 = 0$ 이 된다. 각 조종사 별 임무투입 시 지출되는 비용을 c_i 라고 한다면 우리의 목적식은 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$\min \sum_i c_i x_i \quad (6)$$

조종사 i 가 임무에 투입되면 x_i 가 1의 값을 가질 것이고 총비용에 c_i 값이 더해지는 것이다. 만약 조종사 i 가 투입되지 않으면 결정변수가 0이기 때문에 그 비용은 0이 되어 값에 더해지지 않는다. 목적식 (6)만 가지고 있을 때 이 문제의 최적값은 당연히 0이 된다. 아무 조종사도 투입하지 않는 것이 비용을 최소화 하는 방안이기 때문이다. 따라서 이제 우리는 제약식을 더해야 한다.

먼저 과업을 고려해 보자. 훈련을 하는 목적은 해야 할 과업이 있기 때문이다. 예를 들어 과업 A가 있는데 이 과업은 꽤 난이도가 있어 이것을 해낼 수 있는 조종사는 오직 1번 그리고 2번 조종사라고 가정한다. 이렇게 묘사해야 할 현실세계의 논리(logic)를 어떻게 수식으로 표현할 수 있을까? 최적화 모형을 구성하는 어려움은 이와 같이 논리를 수식으로 표현하는데서 온다. 이 과정은 앞서 설명한 모델링의 추상화 과정이기도 하다. 우리는 이 논리를 다음과 같이 표현하여 제약식으로 더할 것이다.

$$x_1 + x_2 = 1 \quad (7)$$

(7)을 해석하면 다음과 같다. 과업 A는 반드시 해야 하기 때문에 우리는 1번이 됐든 2번이 됐든 둘 중의 한명은 반드시 선택해야 한다. 조종사 둘을 같은 임무에 할당할 수 없으니 둘 중 반드시 한명만 선택해야 한다. 1번과 2번이 아닌 조종사는 어차피 이 임무를 해낼 수 없으니 아예 수식에서 고려할 필요가 없다. 이와 같은 제약식에서 한 명이 1의 값을 가지면 다른 조종사는 0이 되어야 하고, 둘의 합이 1이 되어야 하기 때문에 둘 다 선택하지 않거나 둘 다 선택하는 경우는 제외될 것이다. 따라서 (7)은 valid(올바른)한 수식이 된다. 우리가 표현하고자 했던 논리가 이렇게 간단한 한 줄 수식으로 표현될 수 있다. 이제 조금 복잡한 논리를 고려해 보자. 조종사3과 조종사4는 서로 친하고 호흡이 잘 맞아 둘이 같은 날 함께 근무를 하게 되면 부대 입장에서 이롭다고 가정해 보자. 즉, 조종사3

과 4 둘 중에 한명이 내일 과업에 할당이 되면 다른 한명도 과업에 포함시키고 싶다. 이 논리를 어떻게 수식으로 표현할 수 있을까?

$$x_3 + x_4 = 2 \quad (8)$$

(8)처럼 표현하면 조종사3과 조종사4가 둘 다 1이 돼야하기 때문에 내일 근무에 둘 다 포함될 것이다. 얼핏 (8)은 valid한 것처럼 보이지만 사실은 valid하지 않은 식이다. 우리가 원했던 논리는 한 명이 내일 근무에 포함되면 다른 한명을 반드시 포함하겠다는 것이 둘을 반드시 내일 근무에 포함시키겠다는 것이 아니기 때문이다. 즉, 둘 다 근무에 투입되지 않을 수도 있는 경우를 고려하지 않았다. 이 논리에 대한 valid한 식은 아래와 같다.

$$x_3 \leq x_4 \quad (9)$$

$$x_4 \leq x_3 \quad (10)$$

(9)와 (10)은 결정변수 두 개가 모두 0을 갖든지 또는 두개 다 1을 갖는 것을 허용하지만 둘 중 하나가 1을 갖는 것은 허용하지 않는다. 즉, 우리의 논리를 잘 표현한 valid한 식이다. (9)와 (10) 두 식을 아래와 같이 하나의 식으로 표현할 수도 있을 것이다.

$$x_3 = x_4 \quad (11)$$

현실에서 발생하는 거의 대부분의 논리는 이렇게 수식으로 표현 가능하다. 아주 복잡한 논리의 경우 더 많은 변수와 더 많은 수식을 필요로 하겠지만 표현 자체가 불가능한 논리는 거의 없다. 지금까지 조종사 스케줄링의 간단한 예를 통해 최적화 모형을 구성하는 절차에 대해 설명하였다. 그리고 앞 서 시작부분에서 주장한 바와 같이 이 절차는 그렇게 어려운 것이 아니라는 점에 공감을 하였을 것이다.

이제 우리의 목적에 맞는 최적화 모형이 구성되었다. 최적해를 찾기 위해서는 이제 최적화 모형의 답을 찾아야 한다. 그리고 최적화 이론의 어려움은 대부분 여기서 비롯된다. 답을 어떻게 찾을 수 있을까? 가장 쉬운 방안을 제시하자면 이 문제는 우리가 직접 풀 필요가 없다. 최적화 문제를 풀기 위해 만들어진 프로그램이 답을 찾게 하면 될 일이다. 이

렇게 만들어진 프로그램을 우리는 solver라고 부른다. 많이 사용하는 대표적인 solver로는 CPLEX¹⁾, Gurobi²⁾, BARON³⁾ 등이 있고 우리가 매일 쉽게 접하고 있는 마이크로소프트사의 Excel도 일부 최적화 해를 찾는 기능을 지원하고 있다. 우리가 구성한 최적화 문제를 각 solver에서 제시하는 문법에 맞게 입력한 후 실행(run)을 클릭하면 우리는 최적해와 최적값을 쉽게 얻을 수 있다. <그림 4>는 GAMS⁴⁾라는 object-oriented 소프트웨어를 사용하여 위에서 예로 보았던 조종사 문제를 입력한 결과이다.

```

C:\Users\Administrator\Documents#gamsdir#projdir#Untitled_4.gms
TSPexample.gms  chem_WMD_new.gms  chem_WMD_new.lst  chem_WMD3.gms  chem_WMD3.lst  Knapsack.gms  Knapsack.lst  MCFNf.gms
MCFNf.lst  setcovering.gms  setcovering.lst  TSPexample.lst  Untitled_4.gms  Untitled_4.lst  whosbetter.lst

Sets
i A set of pilots /1*10/;

parameter
c(i) cost for pilot i /1 10, 2 20, 3 13, 4 10, 5 12, 6 15, 7 20, 8 30, 9 12, 10 11/;

binary variable
x(i);

free variable
obj;

equation
objfunc
c1
c2
c3;

objfunc..
obj =e= sum(i, x(i)*c(i));

c1..
x('1') + x('2') =e= 1;

c2..
x('3') =1= x('4');

c3..
x('4') =1= x('3');

model IP /all/;
solve IP min obj using MIP;

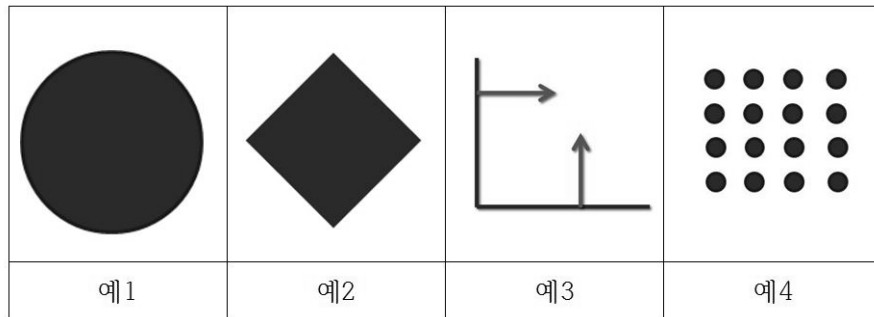
```

<그림 4> 최적화 문제를 프로그램화 한 화면의 예

- 1) IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, 개발사 : IBM
- 2) 개발사 : Gurobi Optimization
- 3) Branch-And-Reduce Optimization Navigator
- 4) 소프트웨어 사이트 : www.gams.com

〈그림 4〉를 보면 프로그램에서 제시하는 문법(syntax)이 그렇게 어렵지 않음을 알 수 있다. 그래서 수식을 어떻게 풀어야 할지에 대한 고민을 덜어둔다면 최적화 이론은 그렇게 어렵지 않다고도 볼 수 있다. 이 부분에 대한 설명은 제 4절 최적화 학문의 이론과 응용 파트에서 계속 이어가고 본 절에서는 그렇다면 문제를 풀기 어렵게 또는 쉽게 만드는 이론적 배경이 무엇인지에 대해 설명한다.

최적화 문제를 푼다는 것은 답이 될 수 있는 수많은 후보들(candidates) 중에서 가장 작은 또는 큰 목적함수를 만드는 답을 찾는 과정이다. 답이 존재할 수 있는 공간을 우리는 가능해 공간(feasible region)이라고 부른다. 예를 들어 보급소의 위치를 찾는 문제에서 우리가 어떤 시설 A로부터 10km 이내에 있어야 한다는 제약식을 더했다면 시설 A로부터 반경 10km 안에 들어오는 모든 공간이 가능해 공간이고 반경 10km를 벗어나는 모든 공간이 불가능해 공간(infeasible region)이 된다. 〈그림 5〉는 2차원 공간(결정변수가 차원 2를 가질 때)에서 나타날 수 있는 가능해 공간의 예를 보여주고 있다.



〈그림 5〉 가능해 공간(Feasible Region)의 예

예1은 가능해 공간이 원(circle)으로 구성되었다. 그리고 해가 존재하는 공간은 원 내부의 공간이다. 해가 실수의 공간 안에 있다면 이 원이 아무리 작더라도 그 안에 무한대(infinity number)의 해가 존재한다. 그렇다 하더라도 예1의 경우 해가 존재하는 공간은 그 범위가 한정되어 있다. 이런 경우 가능해 공간이 Bounded되었다고 표현한다. 예1의 해 공간은 아래와 같이 수식으로 표현될 수 있을 것이다.

$$X = \{x \in \mathbb{R}^2 : (x_1 - a)^2 + (x_2 - b)^2 \leq r^2\} \quad (12)$$

우리가 중고등학교에서 배운 원의 중심이 (a,b) 이고 반지름의 길이가 r 인 원의 방정식 (정확히는 부등식)이다. 보급소의 위치가 특정 위치에서 반경 r km이내에 있어야 한다는 논리 등이 이렇게 표현될 수 있을 것이다. 예2는 예1과 마찬가지로 bounded 가능해 공간을 가지고 있다. 단지 차이가 있다면 예2의 가능해 공간은 여러 개의 직선(linear inequalities)들로 정의되고 있다는 점이다. 예2는 일반적으로 아래 식과 같이 표현될 수 있다.

$$X = \{x \in \mathbb{R}^2 : a'x \leq b\} \quad (13)$$

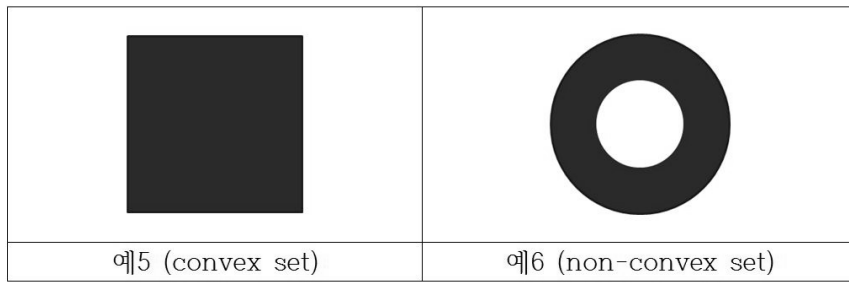
예3은 두 개의 직선(부등식)이 정의하고 있는 공간이다. 예3은 예1,2와 다르게 오른쪽으로 그리고 위로 공간이 열려있음을 알 수 있다. 이런 경우 가능해 공간이 unbounded 되었다고 표현한다. 이 경우 만약 우리의 목적식이 max 문제였다면 오른쪽 그리고 위쪽으로 갈수록 계속 더 좋은 해를 찾을 수 있기 때문에 최적값은 존재하지 않게 된다. 예를 들어, 전투력을 최대화 하는 문제를 푸는 데 있어 예산이라는 제약식을 bound하지 않게 되면 쓸 수 있는 돈을 모두 써서라도 전투력을 최대화하는 답을 얻게 되는 것이다.

예4는 조금 특이한 가능해 공간을 보여주고 있다. 그 전의 예와 다르게 예4는 가능해 공간이 멍쳐있지 않고 띄엄띄엄 존재한다. 작은 점들에 해당하는 좌표들이 모두 정수라고 가정해 보자. 우리가 실수로 된 해를 원하지 않고 정수로 된 해를 찾고 싶을 때 가능해 공간은 이러한 형태를 가지게 된다. 최적화 모형에서 이러한 형태를 가진 문제를 우리는 정수계획문제(IP, integer programming)라고 부른다.

그렇다면 이 중 가장 어려운 문제를 만드는 가능해 공간은 무엇일까? 그것은 목적함수의 성질 그리고 변수의 차원(dimension) 등 다른 요소에 따라 결정되겠지만 일반적으로 예4의 공간이 가장 풀기 어렵다고 해도 큰 무리가 없을 것이다. 그것은 볼록성(convexity)이라고 하는 최적화 이론의 중요한 특성에서 비롯된다. 어떤 가능해 공간 C 가 convex(볼록)하다는 것은 아래와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} & \text{A set } C \text{ is convex if } \forall x \in C, y \in C \\ & \text{and } \forall \alpha \in [0, 1], \alpha x + (1-\alpha)y \in C \end{aligned}$$

쉬운 설명을 위해 어떤 임의의 가능해 공간을 머릿속으로 떠올려 보자. 그 공간의 두 점을 마음대로 선택한다. 그 두 점을 직선으로 이었을 때 직선의 모든 구간이 그 공간 안에 들어있는가? 그렇다면 이제 다른 두 점을 선택하고 또 직선으로 이어본다. 이렇게 공간의 가능한 모든 두 점을 이어도 그 점을 잇는 직선이 항상 그 공간 안에 머물게 되면 그 공간을 convex set이라고 한다. <그림 6>의 예5는 그래서 convex set이고 예6은 convex set이 될 수 없다. 예6의 가능해 공간 윗부분에서 점을 하나 찍고 아래 부분에서 점을 하나 찍어 직선으로 연결하면 가운데 땀 뚫린 부근에서 이 공간에 포함되지 않는 점을 찾을 수 있기 때문이다.



<그림 6> Convexity of Feasible Region

최적화 이론에 있어 convexity 성질은 매우 중요하게 다루어지고 있다. 가능해 공간이 convex라는 가정 하에 문제를 푸는 기법이 많이 연구되었기 때문에 가능해 공간이 convex일 경우 더 쉬운 문제라고 말할 수 있게 된다. 지금까지 살펴본 가능해 공간은 최적화 모형의 세 가지 요소 중 제약식에 관련이 있었다. 하지만 문제의 쉽고 어려움은 목적함수(objective function)의 성질에도 큰 영향을 받는다. 목적함수의 성질은 간략하게 <그림 7>과 같이 구분해 볼 수 있다.

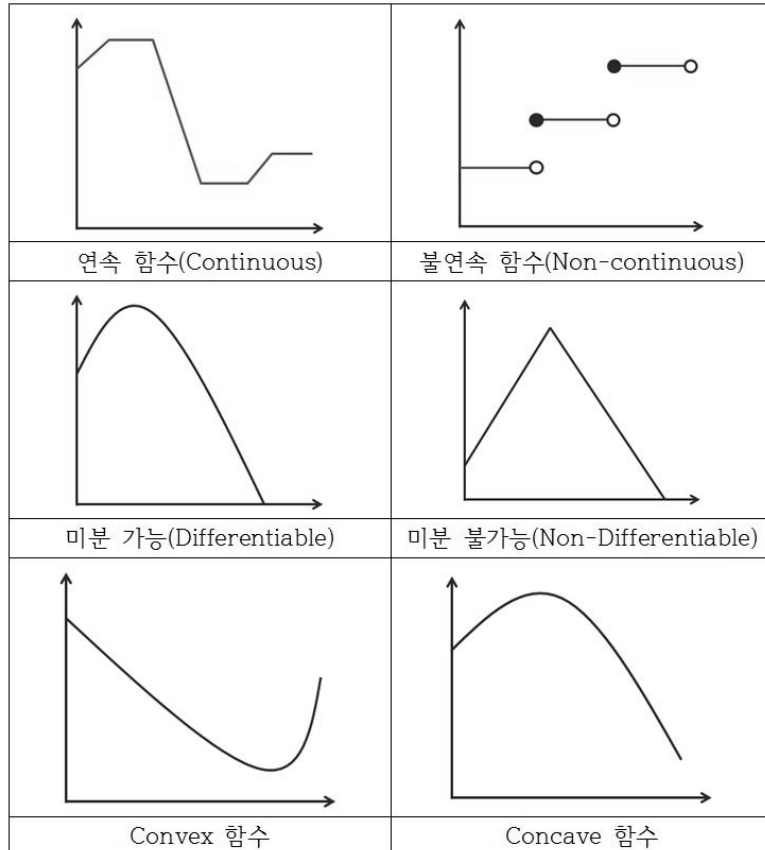
첫 번째로, 함수는 연속함수(continuous function)와 불연속(discontinuous function) 함수로 구분된다. <그림 7>의 첫 번째 줄에서 보는 바와 같이 연속함수는 구간내의 점들이 연속적으로 이어진 것이고 불연속 함수는 하나 이상의 구간에서 불연속 한 점이 존재하는 함수이다. 엄밀하게 얘기해 두 번째 그림은 Semi-continuous라고 부르며 연속함수로 보는 게 옳지만 본 글의 목적상 불연속 함수라고 표현한다.

두 번째로, 미분 가능한(differentiable) 함수와 미분 가능하지 않은(Non-differentiable) 함수로 구분할 수 있다. 미분 가능한 함수는 구간 내의 모든 점에서 접선이 유일(unique)

하게 존재하고 미분 불가능 함수는 그렇지 않다. 또 다시 엄밀하게 보면 두 번째 그림은 미분 가능하지 않지만 sub-gradient라고 하여 미분값의 범위를 설정할 수 있다. 하지만, 마찬가지로, 미분 가능하지 않다고 봐도 무방할 것이다.

세 번째로, convex함수와 concave함수로 구분할 수 있다. convex는 볼록하다는 뜻이므로 첫 번째 그림과 같이 함수가 볼록한 경우에 해당하며, concave는 반대로 오목한 경우이다. 가능해 공간이 convex set인지 아닌지가 중요했던 것처럼 목적함수의 convex 여부가 중요하게 다루어진다.

그렇다면, 목적함수가 가능한 여러 개의 조합 중에서 어떤 형태를 갖고 있을 때 문제가 풀기 쉬워지고 또는 어려워지는 것일까?



〈그림 7〉 함수의 중요한 특징

일반적으로 우리는 불연속 함수보다는 연속 함수를, 미분 불가능 함수보다는 미분 가능 함수를, concave 함수 보다는 convex 함수를 선호한다(목적식이 min 이라는 가정 하에). 선호한다는 것의 의미는 여전히 더 쉽게 풀릴 가능성이 많다는 것이다. 지금까지 우리는 최적화 모형의 첫 번째 특성인 어려움에 대해 논의하였다.

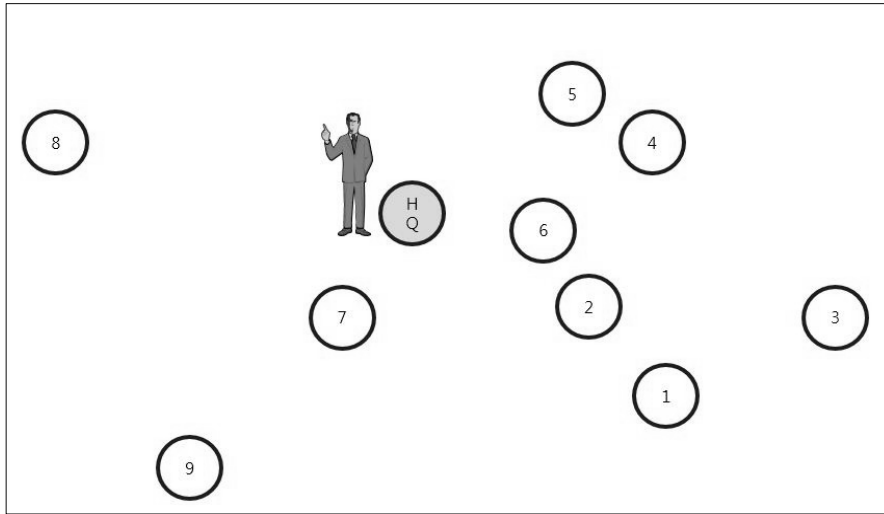
최적화 모형의 두 번째 특성은 다양한 분석이 가능하다는 것이다. 한번 최적화 모형을 구성해 놓으면, 그 과정이 어려웠더라도, 구성된 모형을 활용하여 다양한 분석을 할 수 있다. 예를 들어 조종사 스케줄링 문제로 다시 돌아가, 조종사2와 조종사3을 항상 함께 일하도록 하는 제약식이 있었는데 만약 조종사3 대신 조종사4를 조종사 2와 매치시킨다면 결과가 어떻게 변할 것인지 또는 조종사2의 투입 비용이 10% 상승한다면 결과가 어떻게 변할지 등을 분석해 볼 수 있다. 이것은 최적화 모형에서 숫자만 한두 개 바꿔보는 것으로 가능하기 때문에 어렵지 않은 일이다. 이것을 민감도 분석(sensitivity analysis)이라고 부른다. 사실 민감도 분석은 꼭 최적화 모형이 아니더라도 다른 공학적 모델에서도, 이를 테면 시뮬레이션 모델, 분석할 수 있는 내용이다.

최적화 모형의 마지막 특성은 모델의 수정(modification)이 비교적 자유롭다는 것이다. 예를 들어 앞 장의 식 (9)와 (10)은 조종사 3과 조종사 4가 항상 같은 날 근무를 하게끔(또는 같은 날 쉬게끔) 만들어 주는 제약식이다. 이를 고려해서 모델을 잘 만들어 놓았는데 어느 날 조종사 3이 전출을 가고 다른 조종사가 3의 자리를 대신하게 되어 더 이상 그 제약식이 의미가 없어졌다고 해보자. 처음부터 다시 최적화 모형을 구성해야 될까? 다행히 우리는 식 (9)와 (10)을 최적화 모형에서 지우기만 하면 된다. 그리고 모델을 다시 돌려보면 결과를 쉽게 얻을 수 있다. 마찬가지로, 어떤 새로운 논리가 생겼을 때 우리는 전체 모형을 손보는 대신 그 논리에 맞는 수식을 더해주기만 하면 된다. 또한 내가 수립했던 가정이 변했을 때 데이터 입력 부분을 조정하는 것으로 모델을 개선할 수 있다. 모델의 수정이 자유로운 것이다. 이 성질은 다른 공학 모델에 비해 최적화 모형이 우수하게 평가 받을 수 있는 부분일 수도 있다.

제4절 최적화의 두 줄기 : 이론과 응용

앞서 1절에서 3절까지 우리는 최적화라고 하는 것이 무엇인지 개괄적으로 살펴보았다. 결국 최적화라고 하는 것은 현실의 문제를 과학적으로 풀기위한 하나의 방법론이다. 우리가 어떤 방법론을 공부하거나 연구할 때 그 방법론의 이론을 중점으로 하는지 또는 응용을 주로 다루는지가 관심의 대상이 된다. 그것이 이론의 분야이든 응용의 분야이든 어쨌든 최적화라는 방법론의 울타리 안에 있기 때문에 굳이 두 가지 분야를 나눌 필요가 없을지도 모른다. 하지만 본 연구의 목적은 우리 국방 분야에서 최적화라는 방법론이 어떻게 사용되고 있는지 또 앞으로 나아가야 할 방향이 무엇인지 밝히는 것이다. 국방 관련 연구들이 너무 응용 분야에만 치우쳐 이론을 등한시 하고 있는 것은 아닌지, 과연 이론 연구의 필요성이 있는지, 최적화는 어렵다고 하는 인식이 이론만을 너무 강조해서 그런 것은 아닌지 등에 대한 질문을 던지고 시사점을 짚어보아야 하는 이유가 여기에 있다.

최적화의 이론과 응용이 어떻게 다른지 설명하기 위해 먼저 흥미로운 문제를 하나 제시한다. 어느 부대의 지휘관 A는 부임 초 예하부대 전부를 한 번씩 방문하려 한다. A는 모든 부대의 방문을 마치기 전까지는 다시 본부(출발점)로 돌아가지 않는다. 즉, A가 출발점에서 시작해 모든 지점을 정확하게 한 번씩 방문하고 다시 출발점으로 돌아오는 문제이다. 다만, A는 지휘의 공백을 최소화하기 위해 최단시간(또는 최단거리)에 순찰일정(tour)을 마치고 싶어 한다. <그림 8>에 간단한 예를 제시한다. 지휘관은 현재 본부(HQ)에 있고 총 9개의 예하부대를 한 번씩 방문하는 것이다. 그리고 마지막에는 다시 HQ로 돌아와야 한다.



〈그림 8〉 지휘관의 순찰로 찾기 문제

이 문제는 Travel Salesman Problem(이하 TSP로 표기)이라 불리는 잘 알려진 최적화 모형을 적용하여 풀 수 있다. TSP는 외판원(Salesman)이 최소의 이동비용으로 도시를 돌면서 물건을 팔아야 하는 문제로 생각할 수 있으며 1832년 독일과 스위스의 주요 도시를 방문하는 문제로 연구가 시작되었다. 1950년대에 미국 Rand연구소에서 본격 연구를 시작했고 49개의 도시를 방문하는 최적해를 Dantzig가 개발하였다. 다년간의 연구를 거쳐 2006년에는 Cook이 85,900개의 도시를 연결하는 해를 풀었는데 이 문제가 지금까지 가장 큰 사이즈(Largest solved instance)의 풀린 문제로 알려져 있다. 이 문제의 해를 찾기 위해 단일 CPU 사용 시 139년이 소요된다고 알려져 있으니 문제의 어려움을 대략 가늠해 볼 수 있다.

일부 독자들은 〈그림 8〉을 보며 머릿속으로 이미 최적화된 순찰계획을 생각해 볼 수도 있을 것이다. 그리고 그 계획이 실제 최적해일수도 있을 것이다. 이런 경우 우리는 굳이 최적화 모형을 만들고 또 그것을 푸는 수고를 안 해도 될지 모른다. 하지만, 〈그림 8〉의 예는 쉬운 설명을 위해 간략하고 단순한 예를 들어서 그런 것이지 만약 방문해야 할 도시의 개수가 많고 네트워크가 복잡해진다면 결코 쉽게 해를 찾을 수 없을 것이다. 〈그림 9〉는 어려운 TSP 문제의 예로 미국 전역을 방문해야 하는 외판원의 최단 경로를 선으로 보여주고 있다. 〈그림 9〉의 문제는 얼핏 보아도 결코 사람이 풀 수 없는 영역임을 쉽게 알 수 있다.



〈그림 9〉 어려운 TSP 문제의 예 : 미국 도시 방문

TSP 최적화 모형의 수학적 표현은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \quad \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ij} & (14) \\
 & \text{s.t.} \quad \sum_{i \in N: i \neq j} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \\
 & \quad \quad \sum_{j \in N: i \neq j} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \\
 & \quad \quad \sum_{i \in S} \sum_{j \notin S, j \neq i} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq N, 2 \leq |S| \leq |N| - 2 \\
 & \quad \quad x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in N
 \end{aligned}$$

최적화 모형(Formulation) (14)에 대한 설명은 본 연구에서 하지 않는다. 다만 중요한 것은 우리가 지휘관의 순찰 기동로 문제를 풀기 위해 TSP라는 잘 알려진 최적화 모형을 찾아내어 이미 만들어진 모형에 실제 데이터(노드의 위치 등)를 입력하게 되면 답을 찾을 수 있다는 점이다. 이렇게 현실의 문제를 풀기 위해 최적화 모형을 구성하는 것을 우리는 최적화 학문의 응용 영역이라고 한다. 물론, TSP보다 더 간단한 모델을 누군가 만들었다면 그 모델을 적용하면 된다. 물론, 지휘관 순찰로 문제를 풀기 위해 꼭 TSP를 적용해야 하는 것은 아니다.

그렇다면 TSP 문제를 어떻게 풀 수 있을까? 만약 지휘관 순찰로 문제를 TSP로 구성하여 Solver를 이용하여 풀고 싶는데 지금 내가 가진 컴퓨터로 10시간이 지나도 답이 나오지 않는다면 어떻게 해야 할까? 만약 10시간이 지나도 답을 얻어낼 수 없다면 앞 장에서 설명한 최적화 모형의 우수한 특성들(민감도 분석, 자유로운 모형의 수정)이 모두 무용지물이 될 것이다. 이런 경우 우리는 문제를 더 빨리 풀기 위한 방법을 찾아야만 한다. 더 좋은 컴퓨터를 쓰는 것도 좋은 방안이고 여러 대의 컴퓨터의 CPU를 동시에 활용하는 병렬 계산(Parallel computing) 방법도 고려해 봐야 한다. 하지만 자산(resource)이 제한되어 지금 우리가 가진 계산 능력 내에서 이 문제를 풀어야 한다면 방법은 오직 한 가지이다. 새로운 최적화 모형(formulation)을 찾아내든지 또는 기존의 모형에서 시간을 잡아먹는 어떤 요소들을 식별하여 그것을 제거해야 한다. 어떤 수학적식이 불필요한 가능해 공간을 잘라낼 수 있다면 그 식을 모형에 더해서 가능해 공간을 줄여야 한다. 즉, 모형 그 자체의 수학적식을 재검토해야만 한다. 바로 이 영역이 최적화 학문의 이론 부분이다.

정리하자면, 결국 최적화라는 학문은

- ① 현실의 문제를 (지휘관의 순찰기동로 찾기) 적합한 ‘수학모형’(TSP)로 표현하고,
- ② 만들어진 ‘수학모형’(TSP)을 더 쉽게, 더 빠르게, 더 효율적으로 푸는 방법을 연구하는 것이다.

이렇게 이론과 응용을 명확하게 구분하는 것은 필자의 개인적인 견해이고 어쩌면 불필요한 구분일 수도 있다. 하지만 이 논의가 필요한 것은 우리 국방 분야의 최적화 연구에 있어 이 두 부분이 명확히 구분되어 있기 때문이다.

제3장 국방 분야에서의 최적화 연구 활용

우리는 2장에서 최적화라고 하는 것이 무엇인지 살펴보았다. 그리고 최적화 학문의 두 줄기 이론과 응용에 대해 소개하였다. 이번 장에서는 우리 국방 분야에서 최적화 연구가 어떻게 활용되고 있는지 사례분석을 통해 알아보도록 하겠다. 이를 위해 먼저 학교 기관에서의 최적화 연구가 어떻게 이루어지고 있는지 살펴본 후 이어서 현장에서 최적화 방법론이 어떻게 쓰이고 있는지 살펴본다.

제1절 학교 기관에서의 최적화 연구

우리는 먼저 국가안보 분야의 최상위 교육기관인 국방대학교의 최근 10년간 졸업 논문을 조사해 보았다. 조사 대상은 관리대학원 주간 학위과정으로 제한하였으며, 기간은 2007년부터 2016년까지의 약 10년간의 졸업 논문을 대상으로 하였다. 논문의 제목과 초록(abstract)을 확인하여 최적화와 연관되어 있는 논문들을 <표 4>에 정리하였다.

<표 4> 최적화와 관련된 졸업 논문 (국방대학교)

| 발행연도 | 제 목 |
|-----------------------------------|---|
| 2007 | 개미 군집 시스템을 이용한 시간제약이 있는 차량경로문제의 연구 |
| | ARENA를 이용한 화기별 최적 기본 휴대량 산정에 관한 연구 |
| | 하이브리드 유전자 알고리즘을 이용한 엄격한 시간제약 차량 경로 문제 |
| | 복합-휴리스틱 알고리즘을 이용한 지대공 유도무기 최적배치 방안 |
| | 해군 전술 C4I 체계 소프트웨어 최적 수명주기비용 연구 |
| 2008 | 시뮬레이션을 이용한 K-1구난전차 최적소요산정 연구 |
| | 유전자 알고리즘을 이용한 비용기반 최적 신뢰도 할당 |
| | Hybrid-PSO 해법을 이용한 수요지제한이 있는 다용량 차량경로문제에 대한 연구 |
| | 배달과 수거를 동시에 고려한 최소운행비용 차량경로문제 |
| | 군단급 이하 UAV 적정소요 판단 연구 |
| | 함정 가동률 최대화를 위한 선석할당문제 |
| 2009 | 개미군집시스템을 이용한 시간제약 하 배달과 수거를 동시에 수행하는 차량경로 문제 연구 |
| | 예산 제약 하에서 수리부속 최적조달요구량 산정 연구 |
| | 군 전술정보통신체계 전술백본망을 위한 최적 라우팅 프로토콜 설계방안 |
| | 유전자 알고리즘을 이용한 단일잡수함에 의한 수상이동표적 공격 |
| | 예산제약을 고려한 입지-경로-재고문제의 진화알고리즘 해법연구 |
| | 주기적 다용량 차량경로문제에 관한 발견적 해법 |
| 유전자 알고리즘을 이용한 시간제약 포병 표적처리에 관한 연구 | |

| 발행연도 | 제 목 |
|------|--|
| 2010 | 항공기 엔진사용시간 관리를 위한 최적 비행시간 할당 모형에 관한 연구 |
| | 병렬 유전자 알고리즘을 이용한 k-out-of-n : G 시스템 신뢰도 최적화 문제 |
| | 우선순위 대기행렬시스템을 활용한 무선인지기능 무전기 최적 운용 방안 |
| | 복수차고지 및 다용량 차량 하 배달/수거를 동시에 고려한 차량경로문제 |
| | 시뮬레이티드 어닐링을 이용한 공병장애물 설치 차량경로계획 |
| | 포병화력 생존성 지원을 위한 진지구축 경로문제 연구 |
| | 유한요소해석을 이용한 원통형 발사체 최적형상 설계 연구 |
| 2011 | 혼합 중복전략을 고려한 시스템 신뢰도 최적화 문제 |
| | 무인 항공기 생존성 극대화를 위한 최적 경로계획 |
| | 하이브리드 개미군집시스템을 이용한 군 비행단 제설작전 운영 |
| | QFD를 이용한 미래 공격헬기의 최적기능 도출에 관한 연구 |
| 2012 | 혼합중복 k-out-of-n 시스템 신뢰도 최적화 문제 |
| | 함정 정비를 위한 최적예약시간 산정 모형에 관한 연구 |
| | HVRP 방법을 적용한 효율적인 공병장애물 운반 차량경로 계획 |
| | 유한요소 해석을 이용한 군용차량 방탄재 최적화에 관한 연구 |
| 2013 | 군 공역 할당 최적화 기법 |
| | 단계형 서비스와 서버고장이 있는 현장 정비팀의 최적규모 판단 연구 |
| | 전투비행대대 비행스케줄링에 관한 연구 |
| | 발견적 기법을 이용한 기뢰소해 운영계획 연구 |
| | 배송 지점과 품목 우선순위 제약조건 하 3차원 품목 적재 해법 |
| | 군용 항공기 항재밍 GPS체계 구축방안 연구 : 요구성능 분석 및 체계 최적화를 중심으로 |
| 2014 | Benders 분해기법을 활용한 군수지원시설의 최적 위치 및 수송결로 결정모형에 관한 연구 |
| | MGIS 및 유전자 알고리즘을 활용한 정보자산 최적배치에 관한 연구 |
| | 유전자 알고리즘을 이용한 한국형 미사일 방어체계 최적배치에 관한 연구 |
| | 복좌 전투기대대 비행계획을 위한 조종사 배정 모형 연구 |
| | QFD 벤치마킹 기법을 활용한 무인잠수정 최적기능 도출에 관한 연구 |
| 2015 | 군 수송기 운영 효율성 척도 수립 및 최적경로 연구 |
| | 효과적인 포병진지 구축작전을 위한 공병장비 최적배정 연구 |
| 2016 | 수리부속 수요의 확률적 특성을 고려한 최적 수요예측모델 연구 |
| | 포병진지 구축작전 시 공병장비 최적배정 휴리스틱 연구 |

총 48편의 논문 중 40편이 운영분석 전공 논문이었으며 무기체계 전공 논문이 5편, 기타 전공(군수조달, 국방관리)이 3편이었다. 본 연구의 서두에서 논의한 바와 같이(최적이라는 용어의 과잉 사용) 일부 논문의 경우 제목은 최적이라는 단어를 포함하고 있지만 학문적으로 최적화를 다룬 논문이 아닐 수도 있지만 모든 논문의 내용을 검토할 수 없었기 때문에 제목과 초록으로만 판단하였다. 결과적으로는 국방관리대학원의 졸업 논문 중 꽤 높은 비율의 졸업 논문이 최적화에 대한 것으로, 국방 과학 분야의 연구에 있어 최적화가 중요한 중심축을 형성하고 있다고 생각하는 데 큰 무리가 없어 보인다. 국방대학교를 졸업한 졸업생들은 각 군 또는 국방 관련 부서로 돌아가 계속 관련 업무를 하게 된다. 그렇다면 이렇게 학교에서 공부를 마친 졸업생들이 현장(現場)에서도 최적화라는 방법론을 많이 사용하고 있을까?

제2절 현장에서의 최적화 연구 실태

질문에 대한 답을 위해, 우리는 학교(교육 기관)가 아닌 정책부서에서의 최적화 이론 활용 사례를 조사해 보았다. 먼저, 수요자 분석을 위해 군의 위탁교육 계획을 조사하였다. 매년 위탁교육 계획은 각 부서에서 필요로 하는 주제와 그 부서에서 근무하게 될 인원의 요구 능력을 고려해서 만들어진다. 다시 말해 위탁교육 계획을 통해 실제 현장에서 필요로 하는 연구주제와 많이 사용하는 방법론 등을 엿 볼 수 있다는 것이다. 자료는 2016년부터 2018년까지의 육군 위탁교육 소요를 조사하였으며, 수요자의 소요와 전공 내용이 일치하지 않을 수도 있는 교수 직능의 위탁교육을 제외한 분석평가, 전력, 군수 분야 부특기를 가진 일반형 장교 그리고 분석평가단, 연구형과 같은 특수형 장교들의 위탁소요를 종합하였고 연구요구 분야 키워드(Keyword)를 <표 5>에 정리하였다.

<표 5> 육군 위탁교육 소요 (16년 ~ 18년)

| 요구 분야 | 2016년 | 2017년 | 2018년 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 최적화 | 1 (5.8%) | 2 (13.3%) | 2 (11.7%) |
| 인공지능 | 1 (5.8%) | 1 (6.7%) | 1 (5.8%) |
| 빅데이터 / 통계 | 1 (5.8%) | 2 (13.3%) | 2 (11.7%) |
| 시뮬레이션(모의분석) | 5 (29.4%) | 2 (13.3%) | 5 (29.4%) |
| 비용추정 | 1 (5.8%) | 1 (6.7%) | 0 |
| 명시하지 않음 | 8 (47%) | 7 (46.7%) | 7 (41.2%) |

최적화를 키워드로 하는 연구 소요는 매년 한 건 이상씩 있었으며 비율로는 약 10% 정도에 해당했다. <표 5>를 통해 최적화라는 방법론이 매년 소요 상으로는 반영되고 있지만 차지하는 비중이 그렇게 크지는 않으며 또한 매년 20프로 정도의 소요를 내고 있는 ‘시뮬레이션(simulation)/ 모의분석’에 비해 덜 강조되고 있음을 알 수 있었다. 또한 ‘최적’이라는 용어의 과잉사용으로 어떤 주제의 최적의 방안을 연구하라는 것이 곧 최적화라는 학문을 통해 연구하라는 것이 아님도 고려해야 할 요소이다.

마지막으로 우리는 실제 업무 현장에서 분석업무를 하는 데 있어 어떤 방법론이 많이 활용되고 있는지를 파악하기 위해 육군 분석평가단의 지난 43년간의 분석업무를 분석해 보았다. 참고한 자료는 2015년 발간 된 “육군 분석평가 발전사”이다. <표 6>은 기간 동안 육군 분석평가단에서 수행한 과제와 해당 과제를 해결하기 위해 활용했던 방법론의 횟수와 비율을 보여준다.

<표 6> 분석업무 시 활용한 방법론 (육군 분석평가단, 1972년 ~ 2015년)

| 방법론 | 횟 수 | 비 율 |
|-----------------------------|-----|------|
| 특정 모델 사용 (CASAGE, GORRAM 등) | 72 | 38.5 |
| 비용 대 효과 분석 (위계임) | 57 | 30.5 |
| AHP | 29 | 15.5 |
| 시뮬레이션(Vensim, Arena 등) | 10 | 5.3 |
| 비용 대 편익 분석 | 6 | 3.2 |
| 회귀 분석 | 4 | 2.1 |
| PERT, TOPSIS | 4 | 2.1 |
| 델파이, SWOT | 3 | 1.6 |
| 최적화 모형 | 2 | 1.0 |

놀랍게도, 1972년 『육군 주·부식비 최소화 연구』를 위해 활용한 선형계획법 그리고 2004년 『복지단 물류체계 개선방안 연구』를 위해 활용한 네트워크분석법(정수계획법) 외에는 최적화 방법론이 활용된 사례가 없다. 약 40여 년 동안 두 차례밖에 활용되지 않았다는 것이다.

지금까지의 사례 조사 결과를 분석해 보면 최적화 방법론은 학교 기관에서는 활용이

많이 되고 있으나 현장에서의 사용 빈도는 매우 낮다. 즉, 학교의 소요와 실제 소요 제기 기관 사이에 심각한 불일치가 존재하는 것이다. 이러한 불일치 현상의 이유는 무엇일까?

제3절 학교와 현장에서의 최적화 연구 불일치 현상

이번 절에서 논의되는 내용은 필자의 개인적인 의견으로 과학적이거나 정량적인 근거에 입각한 주장이 아님을 먼저 밝힌다. 그럼에도 불구하고 본 연구의 최종 목적인 최적화 이론의 국방 분야 적용 발전방안을 제시하는데 있어 꼭 필요한 논의라고 판단되어 몇 가지 시사점을 제시하고자 한다.

학교에서는 최적화 연구를 많이 하였지만 야전 또는 정책 부서에서 최적화 방법론을 거의 활용하지 않고 있다고 앞 절에서 논의한바 있다. 이에 대한 답변으로, 첫 번째로 생각해 볼 수 있는 점은 역시 '최적'이라는 표현의 과잉 사용을 들 수 있다. 우리는 국방대학교의 10여 년간의 졸업 논문을 사례로 분석했는데 제목에 최적이라는 표현이 있고 논문 초록에서 최적화 하였다고 표현했지만 실제로는 그렇지 않았다는 것이다. 이것은 비단 학교에서만 보이는 현상이 아니라고 밝힌 바 있다. 시뮬레이션 모형을 만들고 통계적인 분석을 통해 얻어진 연구결과를 최적의 방안이라고 표현하여 발표하였지만 결과적으로는 시뮬레이션 방법론을 사용한 연구결과 일 수 있다는 것이다. 이런 경우 그 졸업생의 전문 분야는 시뮬레이션 또는 통계 분야일 테고 소요부대에서도 시뮬레이션을 이용한 분석이 더 많이 이루어진다는 것이다.

두 번째로 최적화 방법론이 어렵다고 생각하는 인식에서 불일치가 생길 수 있다. 다루기 쉽고 익숙한 방법론이 있는데 굳이 모형화 하기도 쉽지 않은 최적화 방법론을 끄집어낼 필요가 없는 것이다. 최적화 이론이 어렵다는 인식이 절반은 맞고 절반은 틀리다고 앞장에서 논의한바 있다. 어느 학문이든 어떤 방법론이든 깊이 들어갈수록 당연히 어려워진다. 다만 최적화의 경우 초보자들이 처음 진입하는 것이 어렵게 느껴질 수 있는데 아무리 간단한 최적화 모형도 몇 가지의 수학적식을 다루어야 하고 문제의 답을 얻기 위해서는 solver라고 하는 프로그램을 다룰 줄 알아야하기 때문이다.

세 번째로 교육기관에서의 최적화 학습이 균형 있게 이루어 졌는지 되돌아 봐야 할 필요도 있다. 이 부분은 중요한 내용을 포함하고 있기 때문에 5장에서 다시 논의하도록 한다.

네 번째로 분석업무의 관성을 들 수 있다. 관성이라 함은 현재의 운동 상태를 지속하려

고 하는 힘이다. 마찬가지로 업무에도 어느 정도 관성이 작용할 것이다. 이전에 해오던 방식으로, 그 동안 검증된 방법으로 일을 하려는 성질이 분명 있을 것이다. 어떤 분석가가 문제를 해결하는 데 있어 전혀 새로운 그러나 강력한(strong) 방법으로 과학적 결과를 도출했다고 하자. 이 분석가는 자신의 결과를 그 것을 처음 접해보는 이들에게 설명하고 검토 받아야 난관에 부딪히게 된다. 그러다 보니 나에게 익숙한 방법이 아닌 모두에게 익숙한 방법을 선택하게 되고 이러한 현상이 반복되는 것이다.

마지막으로, 다소 행정적인 그래서 지엽적인 내용이지만, 최적화 소프트웨어(software)가 국방 업무를 다루는 각 기관에 충분히 구비되어 있지 않다. 최적화 모형은 답을 얻기 위해 특정 프로그램(solver)을 필요로 한다. 인터넷을 통해 무료로 사용이 공개된 solver도 존재하지만 거의 대부분의 solver는 유료로 라이선스를 구매 후 사용해야만 한다. 많이 사용하지 않는 프로그램이기 때문에 증장기 소요에 반영되지 않았고 또 소프트웨어가 없기 때문에 관련 연구를 할 수 없었을 것이다. Solver가 없는 상태에서 최적화 방법론을 사용하는 것은 R⁵⁾이나 Excel과 같은 기본적인 프로그램의 구비 없이 통계 분석을 하는 것과 다름이 없다.

제4장 최적화로 풀 수 있는 국방 문제 사례

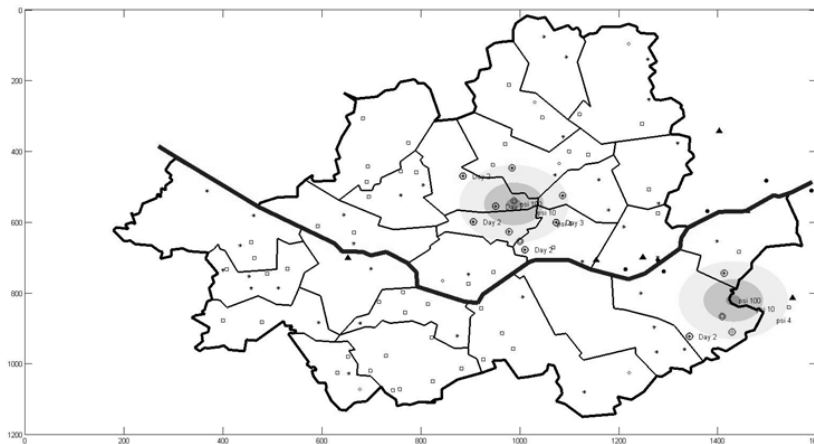
우리는 앞 장에서 우리 국방 분야에서의 최적화 방법론 활용실태에 대해 살펴보았다. 결론은 매우 나빴이었다. 이제 연구의 흐름상 최적화 이론의 강력함을 설명하여 독자들로 하여금 최적화 방법론의 매력을 느끼게끔 해줘야 할 차례인 것 같다. 앞으로 모든 문제를 최적화 모형으로 구성하여 정말 ‘최적’이라는 표현을 붙일 수 있는 강력한 방안을 도출해 의사결정에 큰 도움이 되는 것이다. 하지만, 안타깝게도, 그것은 틀린 얘기다. 최적화 이론은 ‘최고의’ 방법론이 될 수 없을지 모른다. 최적화 이론을 깊숙이 공부하면 할수록 그리고 많은 최적화 모형을 만들면서 경험을 쌓으면서 매년 최적화 이론의 단점을 발견하고 있다. 그럼에도 불구하고 최적화 이론에 대한 필요성을 강변하고 있는 것은 단 한 가지 이유에서이다. 우리 국방에서는 지나치게 최적화 방법론이 도외시 되고 있다는 것이다. 어떤 문제를 풀어야 할 때 그 문제에 가장 적합한 방법론이 분명 있을 것이다.

5) R : open source programming language for statistics

최적화도 마찬가지이다. 최적화로 풀면 다른 방법론에 비해 탁월한 결과를 줄 수 있는 문제들이 많음에도 불구하고 우리는 어렵다는 이유로 익숙하지 않다는 이유로 수리모형을 꺼리고 있는 것이다. 이러한 이유에서 본 장에서는 최적화로 풀 수 있는 국방의 문제들을 소개한다.

제1절 최적화 기법을 사용한 실 연구 사례 및 결과 소개

본 절에서는 국방의 문제를 해결하기 위해 실제로 연구되고 있는 최적화 연구 사례를 간략히 소개한다. 첫 번째는 ‘국가기반시설에 대한 핵 피해 평가 및 재건 모델’이다. 연구의 목적은 북한의 핵 공격 시 국가기반시설(Critical Infrastructure)의 피해를 예측해 보고 이에 대한 대책을 수립하는 것이다. <그림 10>은 서울시의 수도시설을 나타내고 있으며 핵 공격으로 피해를 입은 상황을 보여주고 있다.



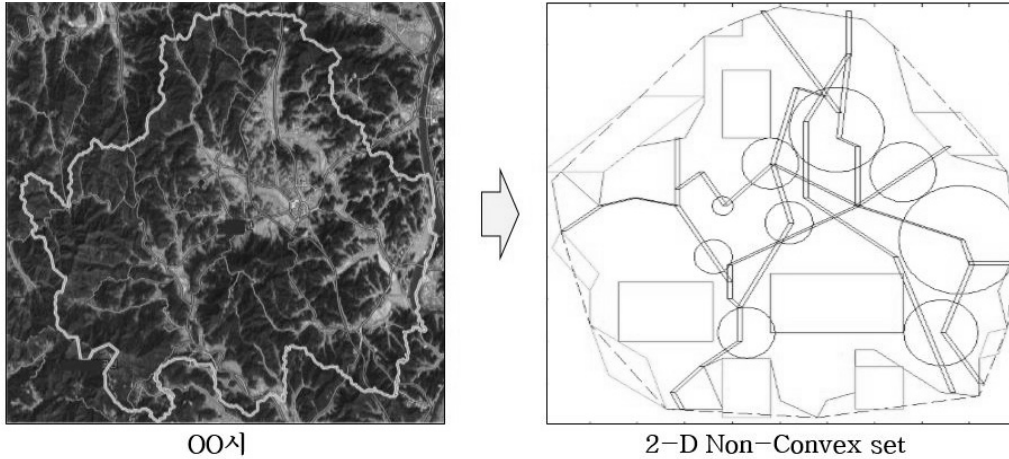
<그림 10> 핵 피해 평가 모델

이 연구의 시작은 시뮬레이션 방법론을 사용하는 것이었다. 서울시의 수도시설을 네트워크로 표현하여 시설 간에 주고받는 물의 양을 입력한 다음 피해를 부여했을 때 얼마만큼의 물이 공급되지 못하는지 그리고 연쇄피해는 어떻게 나타나는지를 분석하기 위함이었다. 하지만 이 연구는 곧바로 최적화 모형으로 다시 구성되었다. 시뮬레이션으로 이 문제를 푸는 것에 한계가 있었기 때문인데 대표적으로 피해를 입은 다음 물을 분배하는 데

있어 너무 많은 가정(assumption)이 개입했다. 그리고 파괴된 시설을 복구(rebuild)하는 전략을 수립하는데 시뮬레이션은 적합하지 않았다. 여러 가지 대안을 모의해보고 단순히 그 결과를 확인하는 것은 시뮬레이션 방법론으로 충분했지만 ‘최적’의 복구 계획을 제시해 주지는 못하기 때문이다. 대량살상무기로 큰 피해를 입은 절박한 상황에서 이런 방법으로 해보니 이만큼 복구할 수 있다는 식의 주장은 다소 무책임한 주장이 될 수 있기 때문이다. 국가 안보와 관련된 중요한 문제에 있어 뻔히 최적의 방안을 찾을 수 있는데 이 정도면 충분하다는 것은 납득이 어려운 주장일 수 있다는 것이다. 결과적으로 최적의 복구 계획과 임의의 복구 계획을 비교해 보니 약 00톤의 물을 추가적으로 서울의 시민들에게 공급할 수 있었다는 결론을 얻었다.

이 문제를 푸는 데 있어 최적화 모형이 선호되었던 또 다른 이유는 기반시설 모델링의 주요 이슈인 시설간의 상호의존성(interdependency)을 묘사하는 데 있어 최적화 모형이 적합했기 때문이다. 즉, 지금은 서울시의 수도시설만 모의되었지만 서울시의 전력시설 또는 교통시설과 같은 다른 기반시설도 고려를 해야 한다면 시뮬레이션 모델로 그것을 모의하는 것에는 한계가 있었다는 것이다. 참고로, 미국에서는 2000년대 중반부터 지금까지 기반시설방호(Critical Infrastructure Protection)에 대한 많은 연구가 최적화 이론을 기반으로 이루어지고 있다.

두 번째 예는 ‘사회혐오시설(군 시설) 배치를 위한 입지 선정 문제’를 최적화 모형으로 푼 사례이다. NIMBY현상으로 알려진 입주 지역민들의 사회혐오시설(obnoxious facility) 반대와 이로 인한 사회적 비용, 갈등 등은 중요한 사회문제이다. 결국 주민을 설득하고 이해시키는 것이 중요한데 그 동안 우리는 과학은 온전히 배제한 채 이 문제에 접근해 왔다고 생각한다. 이로한 필요성으로 과연 정량적(과학적)으로 제시할 수 있는 최적의 사회혐오시설 위치는 어디인가에 대한 답을 찾기 위해 최적화 방법론을 사용한 사례이다. <그림 11>의 왼쪽은 사회혐오시설이 들어설 실제 지형의 모습이고 오른쪽은 이 지역을 모델링한 모습이다. 모델링한 지역은 우리가 앞 장에서 설명하였던 가능해 공간을 표현하고 있는데 이 경우 여러 개의 원, 사각형, 직선들로 표현되었다. 앞에서의 설명을 떠올려 보면 오른쪽의 가능해 공간은 Non-convex 공간임을 알 수 있다 (즉, 두 점을 잇는 직선이 공간 안에 들어 있지 않은 점들이 한 쌍 이상 존재한다). 이 공간은 현실을 단순화 하였음에도 꽤 복잡한 모양을 가지고 있다.



〈그림 11〉 사회협오시설 배치를 위한 최적화 모델

우리는 이 지역의 모든 주민들을 대상으로 가장 합리적인 부지는 어디인가에 대해 고민했고 협오시설과 가장 가까운 주민들을 그 곳으로부터 가장 멀리 떨어뜨리는 것이 최적의 방안이라고 판단했다. 이것을 수학식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\max \min \text{ distance}(x, N_i) \tag{14}$$

(14)에서 협오시설이 들어설 위치를 x 라고 했을 때 각 주민들(동 또는 면 등 행정단위로 구분)의 위치를 N_i 라고 하고 이들 간의 거리를 distance 함수(거리 함수)로 정의한다. 우리의 목적은 가장 가까이 붙어 있는 동을 최대한 멀리 떨어뜨리고 싶으니, 이 거리함수의 최소값(min)을 최대화(max)하는 목적함수가 만들어지게 된다. 사실 사회협오시설 위치를 결정하는데 고려해야 할 요소는 수도 없이 많다. 하지만 그 판단의 가장 밑바닥에는 그 시설을 최대한 멀리 떨어뜨려야 한다는 식의 과학적인 기본 전제가 깔려있어야 할 것이다. 그래야 주민들을 설득할 수 있는 가장 강력한 무기, 과학적 근거, 가 마련될 수 있다. 다른 논리들은 이러한 모형 위에 얼마든지 덧붙일 수 있다.

제2절 적용 가능한 사례 및 적합한 방법론 소개

우리는 앞 절에서 실제 국방의 문제를 풀기 위해 최적화 모형을 사용한 두 가지 사례를 살펴보았다. 첫 번째 문제는 시뮬레이션으로도 분석이 가능하였지만 더 좋은 결과를 위해 최적화 모형을 사용하였고, 두 번째 문제는 최적화가 아닌 다른 좋은 방법론을 찾을 수 없었다. 이처럼 어떤 문제는 여러 가지 방법론으로 풀 수 있고 반면 어떤 문제는 최적화만으로 풀 수 있는 문제도 있을 것이다.

일단 문제를 최적화 기법으로 풀기로 결정하였다면 그 다음 어떤 최적화 모형을 사용할 것인지 결정해야 한다. 예를 들어 앞 서 제시되었던 지휘관의 순찰로 계획 문제는 TSP 문제로 풀 수 있었다. TSP처럼 잘 알려진 최적화 모형을 well-solved problem이라고 부른다. 이러한 모형들은 대개 오랜 시간동안 많은 연구가 이루어져 푸는 방법이 잘 알려져 있다. 즉, 쉽고 빠르고 효율적으로 풀기 위한 다양한 기법(technique)들이 존재한다는 것이다. 게다가 이미 가장 효율적인 알고리즘이 각 solver에 내장되어 있기 때문에 이런 문제들은 대부분 쉽게 풀린다. 반면, 바로 앞 장에서 설명한 두 가지 사례(기반시설 모델, 사회협오시설 배치모델)는 그에 꼭 맞는 well-solved problem이 존재하지 않는다. 이런 경우 문제 자체가 그 동안 고민되지 않았던 독창적인 문제일 가능성이 크다. 이런 경우 우리는 독창적인(unique) 모델을 만들어야만 하고 푸는 방법이 알려져 있지 않기 때문에 쉽게 풀리지도 않는다.

결국은 가장 독창적인 토픽을 많이 가지고 있는 우리 국방 분야에서 최적화 연구가 활성화되기 위해서는 최대한 많은 문제를 최적화 모형으로 푸는 시도가 있어야 한다. 그렇게 많은 연구가 이루어지고 고민이 거듭되면서 독창적인 문제들이 well-solved problem이 되어 갈 것이고 그렇게 우리 국방 연구기관에 최적화 기술과 경험이 쌓여가는 것이다. <표 7>에 최적화 모형으로 풀 수 있는 국방의 문제들을 기술해 보았다.

<표 7>에는 문제의 구성이 간단하여 쉽게 well-solved problem으로 적용할 수 있는 문제도 포함되어 있고, 전혀 새로운 문제여서 최적화 모형을 새로 만들어야만 하는 문제도 포함되어 있다. 또 어떤 문제는 이미 효율적으로 푸는 방법이 알려져 굳이 최적화 기법으로 풀지 않아도 되는 문제도 있다 (Shortest Path Problem, Longest Path Problem 등). 또 문제가 복잡하기 때문에 한 가지 이상의 최적화 모형을 필요로 하는 문제도 있을 것이다.

〈표 7〉 최적화로 풀 수 있는 국방의 문제들

| 문 제 | 최적화 모형 |
|--|---|
| 전투효과를 최대화 하는 전투기 무장 선택 | Knapsack Problem |
| 거리(비용)를 최소화하는 부대기동로 선정 / 거리(비용)를 최소화 하는 전투근무지원계획 | Shortest Path Problem |
| 적의 이동시간을 최대화 하는 장애물 및 화력 계획 수립 | Longest Path Problem |
| 비용을 최소로 하는 보급로 판단 | Travel Salesman Problem / Vehicle Routing Problem |
| 가용자원 내 피해를 최대화 하는 화력 계획 수립 | Knapsack Problem |
| 비용을 최소화하는 전투부대 별 정비시설 할당 | Facility Location Problem |
| 요망효과를 최대화 하는 전투부대 별 화력지원부대 판단 | Matching Problem |
| 최소의 비용으로 할당 지역을 커버하는 정비시설 배치 / 미사일 배치 문제 | Set Covering Problem |
| 비용을 최소화 하는 조종사의 임무 스케줄링 | Set Partitioning Problem |
| 폐기능력을 최대화 하는 화생방불발탄 처리 부대 문제 | Mixed Integer Nonlinear Problem |
| 피해를 최소화 하는 국가기반시설 재건 모델 | Mixed Integer Nonlinear Problem |
| 주요지역 방호를 최대화 하는 KAMD 최적 배치 문제 | Set Covering Problem / Matching |
| 임무수행 능력을 최대화 하는 특수임무 부대의 장비 할당 | Knapsack Problem |
| 구성원의 만족도를 최대화 하는 당직근무 편성 | Set Partitioning Problem |
| 구성원의 만족도를 최대화 하는 전우조 편성 | Matching Problem |

제5장 최적화 학문의 교육

제1절 최적화 교과목 편성 현황

우리는 지금까지 최적화 이론에 대해 간략히 살펴 보았고 최적화 이론이 다른 방법론에 비해 우수한 면은 무엇인지 소개 하였다. 사례 조사를 통해 현장에서 최적화 방법론이 외면 받고 있음을 확인 하였다. 그렇다면 이러한 현상의 1차적인 책임이 있다고 할 수 있는 학교 기관에서 최적화 교육을 어떻게 시키는 것이 좋을지, 또 발전 방안은 무엇인지에 대해 마지막인 본 장에서 논하도록 하겠다.

먼저, 학교 기관에서의 최적화 관련 교육 실태를 확인하기 위해 국방대학교의 최적화 관련 과목을 <표 8>에 정리하였다. 대상은 국방관리대학원 국방과학학과 운영분석 전공으로 제한했으며, 2017년 기본교육계획을 참고하였다.

<표 8> 국방대학교 최적화 관련 과목

| 구분 | 과목명 |
|----|--|
| 필수 | - 선형대수 (선수) - 선형계획법 |
| 선택 | - 네트워크 이론 및 응용 - 메타휴리스틱 - 정수계획법 - 최적 시설 배치 이론 - 비선형계획법 - 최적화 모형 - 국방 최적화 모델링 |

전체 운영분석 개설 과목 중 21%에 해당하는 과목이 최적화에 대한 과목이며 적절한 비율을 유지하고 있다. 다만, 필수과목 총 7과목 중 한 과목만 최적화와 연관된 과목이어서 전공의 모든 학생들이 최적화 이론에 대해 충분히 배우고 있다는 것은 동의하기 어려운 상황이다. <표 9>는 다른 민간 대학 산업공학과(미국의 경우 Industrial and Systems Engineering)에서 최적화 관련 과목이 어떻게 편성되었는지 보여주고 있다. 연구 목적상 학부 과목이 아닌 대학원 이상(graduate level) 과목 현황만 조사하였다.

<표 9>를 통해 4개 대학 그리고 국방대학교 모두 비슷한 커리큘럼을 가지고 있음을 확인할 수 있다. 다만, 국방대학교의 경우 다른 대학에서는 학부 수준의 과목이라 대학원에

서 가르치고 있지 않은 선형대수학(Linear Algebra)을 선수과목으로 편성하고 있는데 이는 국방대학교의 특성 상 입교하는 학생들이 국방의 현장에서 근무 하다 다소 늦게 학업을 시작한다는 점을 미루어 보아 큰 특이사항으로 보이지는 않는다.

국방대학교의 경우 다른 대학에 편성되어 있는 ‘Introduction to Optimization(최적화 개론)’에 해당하는 과목이 ‘최적화 모형’ 또는 ‘국방 최적화 모델링’이다. 이 과목의 경우 운영분석이 아닌 다른 전공의 학생들도 적극 수강할 수 있게끔 홍보할 필요가 있어 보인다. 어느 전공이든 최적화 모형을 연구 결과를 입증하기 위한 툴(tool)로서 사용하는 것은 적극 권장된다.

〈표 9〉 타 대학 최적화 관련 과목 (* 필수과목)

| 학 교 | 관련 과목 |
|--|---|
| 미국 위스컨신 대학교 (University of Wisconsin - Madison) | <ul style="list-style-type: none"> - * Introduction to Optimization - * Linear Programming Methods - Intro to Combinatorial optimization - Stochastic Programming - Integer Optimization - Nonlinear Programming Theory - Convex Analysis - Nonlinear Programming Algorithms |
| 미국 공군대학원 (Air Force Institute of Technology) | <ul style="list-style-type: none"> - * Numerical analysis and linear Algebra - * Deterministic Operations Research - Linear Programming - Large Scale Optimization - Graph Theory - Network - Heuristic, Scheduling - Advance Integer Programming |
| 서울대학교 | <ul style="list-style-type: none"> - 최적화 원론 - 네트워크 최적화 / 조합최적화 - 정수최적화 ※ 3과목 중 1과목 필수 |
| KAIST | <ul style="list-style-type: none"> - Operations Research I - Optimization - Optimal Location of Facilities - Linear Programming - Convex Optimization - Network Theory and Applications - Scheduling Theory and Applications - Military OR Theory and Applications - Supply Chain Optimization - Combinatorial Optimization - Integer Programming |

제2절 발전 방안 : 최적화 이론 교육의 필요성과 한계점 논의

우리는 2장 4절에서 최적화 학문의 두 줄기 이론과 응용에 대해 논하였다. 지휘관의 순찰 계획을 수립하기 위해 TSP와 같은 well-solved problem을 선택하여 최적화 모형을 구성하는 것이 응용의 영역이라면 그렇게 구성된 문제를 효율적으로 푸는 방법을 연구하는 것이 이론의 영역이라고 하였다. 그렇다면 이 두 영역을 어떻게 균형 있게 교육시키는 것이 좋을까? 중요도를 숫자로 표현하는 것만큼은 피하고 싶지만, 굳이 선택을 하자면, 응용과 이론의 비율을 7대 3정도로 하는 것이 타당하다고 답하고 싶다.

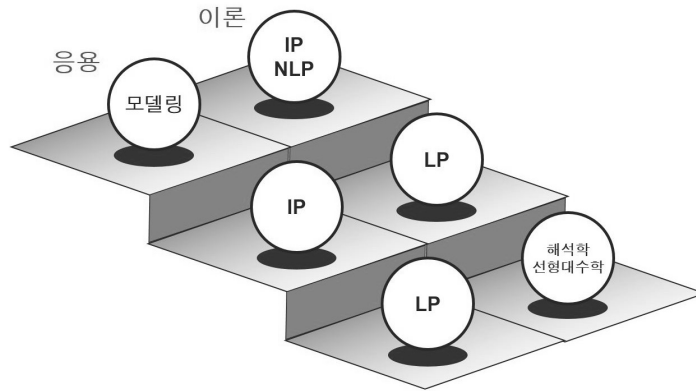
최적화 응용 교육의 목적은 국방 현실의 산재한 문제들을 최적화 모형으로 구성할 수 있고 도출된 답을 분석해서 현장 의사결정 시 활용할 수 있는 능력을 갖추는 것이다. 최적화 모형을 구성하기 위해서는 어느 정도의 수학적 지식은 필요하지만 깊은 수학적 배경을 필요로 하지 않는다. 구성된 문제를 컴퓨터로 구현하여 Solver를 사용해 답을 낼 수 있는 능력도 물론 구비되어야 한다. 국내외 많은 대학에서 최적화 모형 구성을 위해 사용하고 있는 GAMS를 교육하는 것이 타당해 보인다. GAMS는 사용자의 편의를 고려하여 누구나 쉽게 최적화 모형을 만들 수 있도록 만들어진 소프트웨어이기 때문에 배우는 데 많은 시간과 노력을 필요로 하지 않는다. 실제로 다른 대학 및 연구기관에서 GAMS의 주 사용자는 산업공학, 운영분석과 같은 전공자들이 아닌 생명공학, 기계공학 등 다른 전공자들인 경우가 많다. 그 만큼 직관적으로 쉽게 접근할 수 있는 소프트웨어라는 뜻이다. 이와 관련하여 우리 국방에서도 운영분석 전공자가 아닌 다른 전공자들을 대상으로 한 최적화 교육이 필요하다고 생각한다. 특히 그 교육이 응용 영역에 국한된 것이라면 타 전공자들이 다양한 연구 분야에 걸쳐 최적화 방법론을 하나의 유용한 툴(tool)로서 얼마든지 활용할 수 있을 것이다.

최적화 이론 영역의 교육은 30% 정도의 중요성을 가져야 한다고 기술하였지만 이는 이론 교육의 필요성을 절하하여 표현한 것이 아니다. 오히려 이론교육이 필요하다는 것을 주장하기 위함이다. 이론 영역 교육의 목적은 최적화 기법을 학문적으로 발전시키는 것이다. 교육 내용 또한 응용 영역의 과정은 전부 포함하고 있어야 한다. 일정 수준의 수학적 지식을 필요로 할 것이며 Solver를 잘 다룰 수 있어야 할 것이다. 어떤 최적화 모형을 더 효율적으로 풀 수 있는 수학적식을 만들어 내고 많은 실험을 통해 더 좋은 알고리즘을 찾는 과정 또한 포함될 것이다.

여기서 중요한 점은, 이러한 이론 교육이 필요한 이유는 역설적으로 응용을 위해서이기도 하다는 점이다. 예를 들어 설명해 보겠다. 4장 1절에서 소개했던 ‘사회협오시설 위치선정을 위한 최적화 모델’은 Mixed Integer Non-Linear Program으로 최적화 모형의 종류 중 두 가지 이상의 모형이 혼합되어 있는 경우이다. 정확히는 비선형정수계획 모형이라고 부른다. 문제는 이 최적화 모형이 풀기 어렵다는 것이다. 풀기 어렵다는 것은 곧 해를 찾을 수 없다는 것을 의미한다. 오랜 시간을 공들여 만든 최적화 모형이 풀리지 않는다면 그 다음 우리가 할 수 있는 일이 무엇일까? 응용의 영역만 공부하고 이론을 터부시했다면 우리가 이 단계에서 할 수 있는 일은 없다. 하지만 최적화 이론을 조금씩 깊게 익혀 놓았다면 이 문제를 답을 얻기 위해 택할 수 있는 선택지가 많다는 것을 알고 있을 것이다. 답을 꼭 집어 제시할 수 없다면 답이 포함되는 범위를(bound) 제공하는 것도 한 가지 해결방안이 될 것이며 또는 정확히는 최적의 답은 아니지만 어느 정도 최적의 답에 가까운 답을 제시하는 것도 의미가 있을 것이다. 100% 최적의 답 대신 90% 정도의 답을 빠른 시간 안에 제시하는 것이다. 이렇게 답을 찾아가는 방법을 휴리스틱(Heuristic)이라고 부른다.

국방과 연계된 교육기관, 특히 과학 또는 공학을 연구하는 기관의 일차 목표는 학생들로 하여금 국방 현안 과제들을 해결할 수 있는 연구 능력을 구비토록 하는 것이다. 국방 인력 속에서 전 세계적으로 주목 받는 난제를 풀 수 있는 그런 뛰어난 이론가를 양성할 수 있다면 더 없이 좋겠지만 현실적으로 그것은 어려운 일일 것이다. 대부분이 공감하고 있는 이러한 목표 때문에 최적화라고 하는 방법론을 너무 응용 위주로만, 깊은 이론 내용은 배제한 채, 교육하고 있지 않은가 반문해 볼 필요가 있다. 국방의 대부분의 문제는, 앞서 기술한 바와 같이, 사회에서 흔히 볼 수 있는 문제들이 아니다. 매우 독창(unique)적이고 잘 다루어지지 않은 복잡도(complexity)를 가지고 있다. 이 문제를 해결하기 위해 구성된 최적화 모형은 잘 다듬어지지 않은 모형일 것이며 그래서 효율적으로 풀리지 않을 가능성이 크다. 풀리지 않는다면 그 모형을 찬찬히 다시 들여다 봐야 한다. 즉, 최적화 이론이 필요하다는 것이다. 30% 정도의 비율로 이론 교육을 강조해야 한다는 논리는 여기서 나온다.

<그림 12>는 이론과 응용을 구분했을 때 나올 수 있는 과목체계도이다. 이것은 필자의 개인적인 의견으로 하나의 ‘안’으로 생각하면 되겠다.

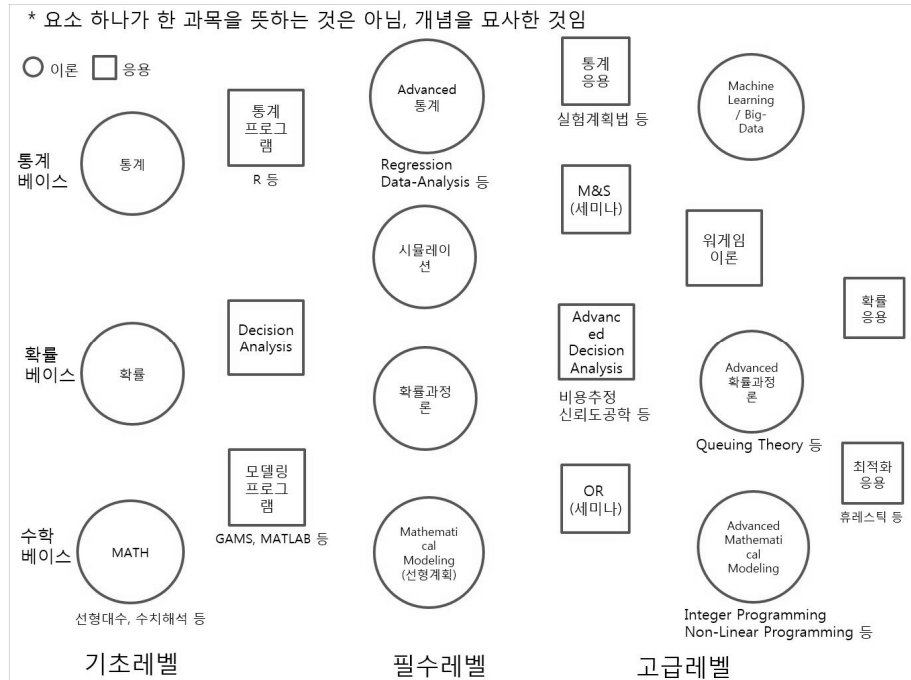


〈그림 12〉 이론과 응용에 따른 과목체계도

응용의 경우 선형계획법(Linear Programming) 그리고 정수계획법(Integer Programming)을 거쳐 중점적으로 최적화 모델을 만들어 보고 푸는 연습을 할 수 있는 모델링 과목을 배움으로 완성된다. 여기서 정수계획법(IP)은 포함될 수도 있고 포함되지 않아도 되지만 포함되지 않는다면 반드시 그 내용이 모델링 과목을 통해 다루어져야 한다.

이론 트랙(track)의 경우 수학적 배경이 먼저 갖추어 지는 것이 바람직하니 선형대수학과 조금의 해석학이 먼저 선행학습 돼야 한다. 이후 응용의 경우와 마찬가지로 선형계획법(LP) 그리고 정수계획법(IP)을 심도 있게 학습해야 한다. 마지막 단계로 비선형계획법(Non-linear Programming)을 포함하였는데 이는 많은 국방의 문제들이 선형(linear)으로 표현되지 않기 때문이다. 이론 영역의 경우 모델링 과목을 포함시키지 않았는데 이는 LP와 IP를 학습하면서 동시에 익힐 수 있겠다.

〈그림 13〉은 지금까지 논의된 내용을 바탕으로 최적화를 포함하고 있는 전공 분야인 운영분석(Operations Research)의 과목체계를 중점 트랙별로 구성해본 안이다. 각 교육 기관에서 최적화 교육을 하는 데 있어 참고가 되었으면 한다.



〈그림 13〉 운영분석 전공 과목체계 구성안

제6장 결론

우리 군은 창군 이래 계속 발전해왔다. 실전에서 사용하는 무기들은 고도화 되었고 이를 다루는 국방 예산은 40조에 이른다. 이에 맞추어 국방의 의사결정 체계도 발전했다. 군은 더 이상 ‘주먹구구’식의 운영을 하지 않는다. 국방부, 합참, 각 군, 국방과학연구소, 국방연구원 등 국방과 관련되어 있는 거의 모든 조직은 과학적인 분석업무를 하는 기관을 갖추고 우수한 인력을 배치하여 활용하고 있다.

의사결정을 지원하기 위한 과학의 역할은 중요하다. 국방에서의 많은 의사결정은 ‘술’(art)의 영역에 있다. 국방을 둘러싼 환경이 ‘적’과 ‘불확실성’으로 대변되는 한 여전히 그럴 것이다. 의사결정권자는 그래서 과학적 분석결과를 신봉해서는 안 된다. 과학이 ‘yes’를 말하더라도 그는 ‘no’를 할 수 있어야 한다. 그것이 바로 ‘술’의 영역이다. 그러나 과학을 전혀 이용하지 못하는 또는 하지 않는 의사결정권자는 매우 위험하다. 심지어 아주 간단한 분석 결과도 이해하지 못하고 그 필요성조차 인식하지 못하고 있다면 우리

군은 비효율적, 시대착오적 의사결정만 반복하게 될 것이며 국민들의 신뢰를 얻지 못하게 될 것이다.

과학적 분석을 필요로 하는 국방의 문제들은 수 없이 많고 매일 아니 매 순간 늘어나고 있다. 그것들의 공통된 지향점은 강한 국방력을 건설하는 것 그리고 이와 함께 효율성을 추구하는 것이다. 국방력을 최대화 하고 비용은 최소화하며 국민의 신뢰는 최대화 하고 적으로부터의 위협은 최소화해야 한다.

우리의 목적을 최대화하고 최소화 하는 것. 그것이 바로 우리의 지향점이다. 그래서 최적화는 국방 발전을 위해 꼭 필요한 학문이다. 상대적으로 뒤쳐져 있는 최적화 분야의 연구를 따라 잡아야 한다. 어렵더라도 많이 고민하고 발표하고 토의하면서 우리의 기술과 경험을 쌓아 나가야 한다. 이것이 국방에서 최적화 연구가 나아가야 할 방향이다.

참고 문헌

- [1] BARON, <https://www.minlp.com/baron>
- [2] CPLEX, <https://www.ibm.com/software>
- [3] GAMS 홈페이지, <https://www.gams.com>
- [4] GUROBI, <https://www.gurobi.com>
- [5] KAIST 산업공학과 홈페이지, <https://ie.kaist.ac.kr>
- [6] 국방대학교, “2017 기본교육계획”, 2017
- [7] 김정희, 조남석, 2017 국방경영분석학회 학술대회, “협오시설 위치 선정을 위한 혼합 정수비선형계획 연구”
- [8] 미국 공군대학원 홈페이지, <https://www.afit.edu>
- [9] 육군 분석평가단, “육군 분석평가 발전사”, 2015
- [10] 육군 인사사령부, “16년 위탁교육생 선발계획”, 2015
- [11] 육군 인사사령부, “17년 위탁교육생 선발계획”, 2016
- [12] 육군 인사사령부, “18년 위탁교육생 선발계획”, 2017
- [13] 위스컨신 대학 홈페이지, <https://www.wisc.edu>
- [14] 서울대학교 산업공학과 홈페이지, <https://ie.snu.ac.kr>
- [15] 황성원, 조남석, 2017 국방경영분석학회 학술대회, “대량 파괴 시 국가 주요핵심시설 방호를 위한 최적화 모델 연구”

유의사항

1. 본 연구보고서 내용은 연구진의 개인적인 견해로서 국방대학교 안보문제연구소의 공식입장과 다를 수 있습니다.
2. 본 연구보고서는 정책입안시 참고자료로만 활용하고 타 기관에 불필요한 자료유출을 삼가 주시기 바랍니다.

군사과학정책연구

제10권

2017년 11월 08일 인쇄

2017년 11월 10일 발행

저 자 : 강동수 등 3명

발행처 : 국방대학교 안보문제연구소

TEL. (041) 831-6412

FAX. (02) 748-7588

E-mail. kndu88@kndu.ac.kr

인 쇄 : 화신문화(주) (02) 2277-0624

ISSN 1976 - 5967