

사이버 무기체계 핵심기술 실현시기의 영향 요인 분석

이 호 균,^{1*} 임 종 인,² 이 경 호^{2*}
¹국방기술품질원, ²고려대학교 정보보호대학원

Analysis of Influencing Factors of Cyber Weapon System Core Technology Realization Period

Ho-gyun Lee,^{1*} Jong-in Lim,² Kyung-ho Lee^{2*}
¹Defense Agency for Technology and Quality,
²Graduate School of Information Security, Korea University

요 약

지속적인 북한의 사이버 공격에 대응해서 사이버 무기체계와 핵심기술의 연구개발 추진을 요구받고 있는 상황이다. 본 논문은 사이버 무기체계에 소요되는 핵심기술을 도출하고, 도출된 핵심기술들의 실현시기에 대한 영향 요인을 분석하였다. 9개의 핵심기술군, 36개의 핵심기술이 도출되었으며, 도출된 핵심기술군을 합동사이버작전교범의 작전단계와 록히드마틴의 사이버 킬체인과 비교해 본 결과, 누락된 요소가 없이 매핑되고 있음을 확인하였다. 핵심기술의 실현시기에 대한 각 요인별 영향도를 회귀분석한 결과, 핵심기술의 실현시기는 최고선진국 기술수준, 한국 기술수준, 국방에서 민간으로의 기술이전 가능성, 민간에서 국방으로의 기술이전 가능성이 높을수록 더 빨라지고, 선진국의 기술이전 기피도가 높을수록 더 늦어지며, 경제적 파급효과와는 유의미한 상관관계가 없는 것으로 확인되었다. 본 연구는 사이버무기체계를 정식 무기체제로 편입시킨 전력발전훈련령 개정 및 합참사이버작전교범 제정에 맞춰 사이버 무기체계의 핵심기술을 도출하고 핵심기술 실현시기의 영향 요인을 확인한 것에 의의가 있다.

ABSTRACT

It is demanded to promote research and development of cyber weapons system and core technology in response to the ongoing cyber attack of North Korea. In this paper, core technologies of the future cyber weapon system are developed and the factors affecting the realization timing of core technologies were analyzed. 9 core technology groups and 36 core technologies are derived. Afterwards, these core technology groups are compared to the operation phase of the joint cyber warfare guideline and the cyber kill chain of Lockheed Martin. As a result of the comparison, it is confirmed that the core technology groups cover all phases of the aforementioned tactics. The results of regression analyses performed on the degree of influence by each factor regarding the moment of core technology realization show that the moment of core technology realization approaches more quickly as factors such as technology level of the most advanced country, technology level of South Korea, technology transfer possibility from the military sector to the non-military sector (spin-off factor), and technology transfer possibility from the non-military sector to the military sector (spin-on factor) increase. On the contrary, the moment of core technology realization is delayed as the degree at which the advanced countries keep their core technologies from transferring decrease. The results also confirm that the moment of core technology realization is not significantly correlated to the economic ripple effect factor. This study is meaningful in that it extract core technologies of cyber weapon system in accordance with revision of force development directive and joint cyber warfare guideline, which incorporated cyber weapon system into formal weapon system. Furthermore, the study is significant because it indicates the influential factor of the moment of core technology realization.

Keywords: Technological Planning, Cyberwarfare, Core Technology, Technology Level Assessment

I. 서론

미국 DARPA는 2013년부터 인공지능 시스템을 이용해 상대방 서버의 보안 취약점을 공격하고 자신의 서버를 해킹으로부터 방어하는 능력을 겨루는 사이버 그랜드챌린지(CGC)를 개최해서 2016년 8월 최종 결선을 치룬 바 있다. CGC와 유사한 지상무인분야의 다파로봇챌린지(DRC)에서 한국과 일본이 각각 최종 결선과 1차 예선에서 우승한 것과 달리 CGC에서는 미국 연구기관들의 독주가 돋보였다[1][2].

미국은 2009년 사이버사령부 창설 이래, DARPA와 같은 연구기관들이 사이버 무기체계 확보를 위해 다수의 핵심기술 연구개발 활동을 추진하고 있다. 한국은 2014년에 합동사이버작전교범을 작성하여 개념적 기반을 수립하고, 2015년에 전력발전훈령을 개정하여 사이버무기체계를 정식 무기체계로 편입시켰으나, 미국 등 선진국에 비해 사이버 무기체계 확보활동의 시작이 비교적 늦은 감이 있다. 또한 2000년 초반부터 7·7 DDOS 공격(2009), 3·4 DDOS 공격(2011), 4·12 농협 전산망 마비(2011), 6·9 중앙일보 공격(2012), 6·25 사이버테러(2013)(청와대, 언론사), 11·24 소니 픽처스 공격(2014) 등 북한의 소행으로 추정되는 사이버 테러가 지속적으로 발생하였으나, 명확한 능동적 대응 사례를 보이지 못해 사이버 전력 획득에 대한 국민들의 의구심이 심화되는 상황이다[3][4][5]. 최대한 빨리 한국의 사이버 공간을 스스로 방어할 수 있는 사이버 전력을 구축하기 위해서는 무기체계에 소요되는 핵심기술들의 확보가 선결되어야 할 것이다. 핵심기술의 확보에는 국외기술도입, 국내 자체개발, 민군기술협력 등 다양한 확보방안이 있다. 선진국에 비해 상대적으로 늦은 사이버 무기체계 핵심기술의 효율적 확보를 위한 기술수준조사, 전략기획, 기술기획 등의 연구가 필요한 상황이다.

본 논문에서는 한국의 사이버무기체계 획득을 위한 핵심기술 연구개발 기획을 위해 합동사이버작전교범을 기반으로 미래 사이버무기체계에 필요한 핵심기술을 도출하고, 설문조사를 통해 도출된 핵심기술의 기술수준 및 특성을 조사한 뒤, 사이버 핵심기술 실현시기와 관련된 주요 영향 요인을 찾아보았다. 실현시기에 대한 영향요인을 분석대상으로 선정한 이유는 사이버 전력을 최대한 빨리 구축하기 위한 추진방안 기획의 논거를 제공하기 위해서이다. 연구논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존연구의 조사결과

를 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 적용한 연구방법론을 설명하고 4장은 회귀분석을 통해 사이버 무기체계 핵심기술 실현시기와 관련된 주요 요인을 제시한다. 마지막으로 5장에서 결론을 기술한다.

II. 기존 연구

2.1 핵심기술 도출 및 기술수준조사

세계 각 국은 미래의 경쟁에서 살아남기 위해 핵심기술과제를 선정해 연구 개발에 박차를 가하고 있다. 미국의 랜드 연구소는 1998년에 27개 세부영역, 103개 기술목록을 발표하였고, 일본 문부과학성은 과학기술예측조사를 거쳐 10대 기간기술을 선정하였으며, EU는 NEST 프로그램을 추진하고 있다[6]. 김상기는 기술수준 평가지표를 연구하면서 기존의 기술수준평가 시 각 기술마다 평가요소를 달리하여 정성적인 평가에 그친 것을 일반적인 기술에 범용적으로 적용할 수 있는 평가지표를 도출하고, 평가지표를 토대로 농림수산물분야 기술을 실증 분석하였다[7]. 본 연구에서는 사이버 무기체계 핵심기술을 도출하고 핵심기술의 기술수준을 평가할 수 있는 평가모형을 제시한다. 또한 평가모형을 기반으로 도출된 조사항목들과 핵심기술의 실현시기 간의 상관관계를 확인한다.

2.2 국내외 현재 기술수준과 실현시기와의 상관관계

고홍석은 국방기술수준조사의 이론적 배경을 소개하면서 과학기술수준조사는 현재의 과학기술수준을 객관적이고 명확하게 파악하는 활동으로, 기술기획을 위한 근거가 되는 사전기획 활동이라고 정의하였다. 또한 기술은 성장곡선에 따라 발전한다는 가정을 기반으로 하는 정량적 기술수준 조사모델인 Gordon 모형을 소개하였다[8]. 조성도는 양적수준과 질적수준을 모두 반영하기 위해 논문/특허의 수와 영향력지수를 모두 활용하고, 주성분 분석을 활용하여 지표별 가중치를 부여하며, 기술의 진부화율을 정량적으로 반영할 수 있는 기술수준 평가모델을 제시하였다[9]. Gordon 모형의 기본 가정에서 보듯이 기술수준은 우상향으로 발전하며 기술수준의 향상은 제품 상용화 및 무기체계 획득을 조기 달성할 수 있는 주요 요소를 기본 전제로 하고 있다. 본 연구에서는 사이버 무기체계 핵심기술 연구개발을 통한 기술수준 향상이

무기체계의 조기 확보(핵심기술 실현)에 기여하는지 확인하기 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다.

가설 1. 사이버무기체계 핵심기술의 기술수준은 실현시기와 음의 관계에 있을 것이다(기술수준이 높으면 실현시기는 더 빨라질 것이다).

가설 1-1. 사이버무기체계 핵심기술의 최고선진국 기술수준은 실현시기와 음의 관계에 있을 것이다(최고선진국의 기술수준이 높으면 실현시기는 더 빨라질 것이다).

가설 1-2. 사이버무기체계 핵심기술의 기술수준은 실현시기와 음의 관계에 있을 것이다(한국의 기술수준이 높으면 실현시기는 더 빨라질 것이다).

기술수준과 관련한 하위 가설을 최고선진국과 한국으로 구분한 이유는 최고선진국과 한국의 기술수준 각각의 기술 실현시기에 대한 영향 정도를 확인하기 위해서 이다.

2.3 민간기술협력 가능성과 실현시기와의 상관관계

김철환은 민간겸용기술사업의 효율성 부족과 추진 실적 저조를 개선하기 위한 활성화 방안을 연구하면서 기술수준조사를 기반으로 핵심기술을 선정하고 이를 선 개발해야 함을 주장하였다[10]. 안영수는 국내 민간기술융합의 발전과정과 주요과제를 정리하고, 민간기술융합 촉진을 위한 정책방안을 제안하면서 정부 핵심사업의 민간기술융합 사전 검토 기능을 강화해야 함을 정책 제안하였다[11]. 이호균은 민간 정보보호 분야의 기술 분류와 국방 사이버전 분야의 기술 분류를 연계하는 방법론을 제안하고 이를 기반으로 다원속성효용이론을 이용하여 국방 분야에서 추후 도입, 발전시킬 민간 유망기술을 선정하면서 사회적 파급효과가 큰 기술에 대해서 정부가 선도적으로 연구개발 투자를 추진해야 함을 주장하였다[12]. 박현진은 국방기술 이전의 성과영향요인을 연구하면서 전문가 설문기법을 통해 한국 군사기술의 상용이전에 영향을 미치는 주요 요인들을 조사·분석하였다[13]. 기존의 연구에서 민간 기술협력을 강조한 이유는 민간과 국방의 기술협력을 통해 연구개발과제의 중복성을 제거하고, 전 국가적으로 예산과 소요기간 상의 이득을 기대했다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 사이버 무기체계 핵심기술의 민간협력 가능성이 무기체계의 조기 확보(핵심기술 실현)에 기여하는지 확인하기 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다.

가설 2. 사이버무기체계 핵심기술의 기술이전 가능성은 실현시기와 음의 관계에 있을 것이다(기술이전가능성이 높으면 실현시기는 더 빨라질 것이다).

가설 2-1. 사이버무기체계 핵심기술의 국방에서 민간으로의 기술이전 가능성은 실현시기와 음의 관계에 있을 것이다(국방에서 민간으로의 기술이전 가능성이 높으면 실현시기가 더 빨라질 것이다).

가설 2-2. 사이버무기체계 핵심기술의 민간에서 국방으로의 기술이전 가능성은 실현시기와 음의 관계에 있을 것이다(민간에서 국방으로의 기술이전 가능성이 높으면 실현시기가 더 빨라질 것이다).

2.4 선진국 기술이전기피와 실현시기의 상관관계

김한경은 절충교역을 통한 국방기술이전 과정의 리스크 요인을 식별하면서 우리나라의 기술 수준이 향상되어 선진국들과의 기술격차가 좁혀짐에 따라 선진국들이 점차 기술이전을 기피하고 있으며, 이런 분위기로 인해 갈수록 기술이전 성과에 대해 회의적인 시각이 대두되고 있는 상황을 소개하였다[14]. 과거 한국은 국방, 민간 모두 패스트 팔로워 전략으로 선진국의 기술수준을 따라잡곤 하였다[15]. 하지만 한국이 이제 선진국 수준에 가까워짐에 따라 선진국의 기술이전도 과거보다는 더 어려워진 상황이고, 특히 사이버무기체계는 전략무기체계로 분류되어 주요 기술의 선진국 기술이전을 기대하기 어려운 상황이다. 본 연구에서는 사이버 무기체계 핵심기술의 선진국 기술이전기피도가 무기체계의 조기 확보(핵심기술 실현)에 악영향을 미치는지 확인하기 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다.

가설 3. 사이버무기체계 핵심기술의 선진국 기술이전 기피도는 실현시기와 양의 관계에 있을 것이다(기술이전 기피도가 높으면 실현시기는 더 늦어질 것이다).

2.5 경제적파급효과 기대치와 실현시기의 상관관계

하영진은 기술혁신 촉진을 위한 에너지기술개발 투자의 경제적 효과를 분석하면서 기술개발의 경제적 효과분석을 위한 평가모형을 연구하고, 에너지 기술개발 투자에 대한 경제적 파급효과 분석에 적용하였다[16]. 연구개발 활동에 대한 경제적 파급효과를

사전에 파악하고자 하는 활동은 결국, 경제적 파급효과가 높을 것으로 기대되는 연구개발 활동에 선제적인 투자가 투입될 수 있을 것이라는 기대가 가능할 것이다. 본 연구에서는 사이버 무기체계 핵심기술의 경제적 파급효과 기대치가 무기체계의 조기 확보(핵심기술 실현)에 기여하는지 확인하기 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다.

가설 4. 사이버무기체계 핵심기술의 경제적 파급효과 기대치는 실현시기와 음의 관계에 있을 것이다(경제적 파급효과 기대치가 높으면 실현시기는 더 빨라질 것이다).

III. 연구 방법

3.1 핵심기술 수준 및 특성 조사방법

3.1.1 조사절차 및 전문가 구성

Fig. 1.은 핵심기술 도출 및 수준조사 절차를 보이고 있다. 핵심기술 도출을 위해 먼저 핵심기술이 적용될 미래 연구개발 예상 무기체계를 선정하였다. 무기체계 선정은 합동사이버작전교범과 미래 사이버전에서 예상되는 위협분석을 기반으로 수행되었고, 각 무기체계의 예상 요구능력을 기반으로 각 요구능력을 구현하기 위한 핵심기술을 도출하였다. 조사항목 및 지표 설정 후, 전문가 설문조사를 위한 문헌조사 및 기초자료를 수집하였다. 기초자료에는 2016년 까지 수행된 국방 핵심기술 연구개발 실적과 국외 유사 무기체계 및 핵심기술 연구개발 실적이 조사되었다. 기초자료 수집 이후 이를 기반으로 전문가 설문 및 전문가 토론회를 수행하였다.

Table 1.은 참여 전문가들의 분야별 통계를 보이고 있다. 기술수준 설문조사를 위한 전문가 구성은 군·산·학·연 등의 국방기술전문가들로 분야별 대상그룹을 선정하였고, 총 11명의 전문가가 참여하였다. 설문조사는 2016년 5월 11일부터 20일까지 10일 동안 진행되었다. 전문가들은 각 무기체계별/기술별 업무경력이 10년 이상인 연구원, 교수, 군인 등이 참여하였다. 설문참여 기관은 국방분야 6개 기관(사이버사령부, DTaQ, ADD, KIDA, 방산업체), 민간분야 5개 기관(국가보안기술연구소, KISA, ETRI, 대학교, 민간정보보호업체)이었다. 국방분야, 민간분야 각각 사이버전/정보보호 분야를 대표하는

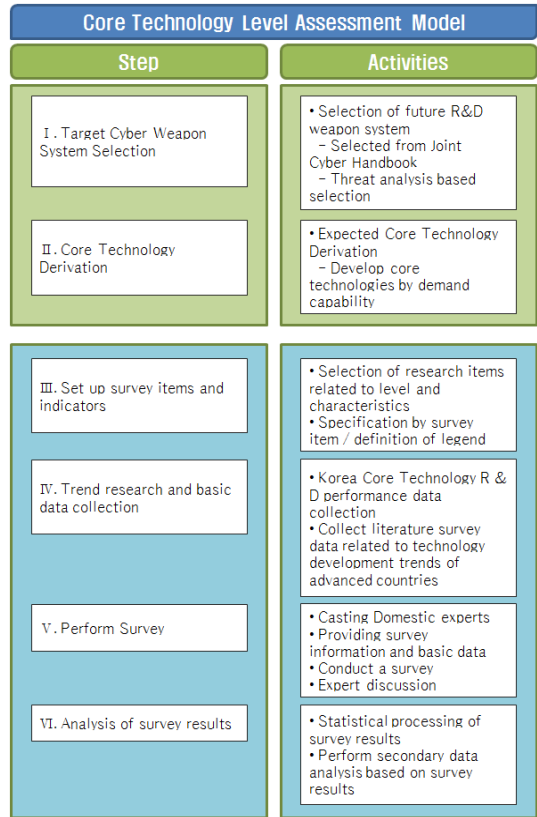


Fig. 1. Core technology level evaluation model phase diagram

Table 1. Survey Participants Statistics for Cyberwarfare Core Technologies Level Assessing

Military	DTaQ	ADD	KIDA	Defense company
1	1	2	1	1
NSR	KISA	ETRI	University	Information security company
1	1	1	1	1

기관이 고루 참여하도록 안배하였다.

3.1.2 조사대상

연구개발이 예상되는 미래 사이버 무기체계를 선정하고, 선정된 무기체계 확보를 위해 필요한 핵심기술을 도출하여 핵심기술에 대한 수준 및 특성을 조사하였다. 이때 연구개발 예상기간은 2016년을 기준으로

7년 이후부터 30년 이후까지로 선정하였다. 본 조사는 국방 핵심기술 기획을 위한 사전기획활동이기 때문에 중기계획 대상 이후(7년 이후)부터 장기전기, 장기후기 대상의 기간을 선정하였다. 이미 중기계획에 반영된 무기체계는 핵심기술 기획활동의 대상이 아니기 때문이다. 합동사이버작전교범에서 정의하는 운용개념과 무기체계 개념을 기반으로 4개의 사이버 무기체계를 선정하였다[17]. 선정된 무기체계의 상세한 내용은 대외비사항으로 기술을 생략한다. 각 무기체계별로 목표 성능, 제원, 기능 등을 정의하고 이를 충족하기 위한 예상요구능력을 정리하였다. 각 요구능력을 구현하기 위한 36개의 핵심기술을 도출하고, 각 핵심기술은 전문가토론회를 통해 검증하였다.

36개의 핵심기술은 미래 무기체계의 운용개념 구현과 위협대응에 필요한 모임을 그룹핑하여 다시 9개의 핵심기술군으로 구분하였다. 미래의 사이버 무기체계들은 사이버전 지휘통제능력, 감시정찰 능력, 공격에 대항하는 생존능력, 능동 대응 능력, 물리전과의 혼합 작전 수행능력을 요구할 것이고, 각 요구능력에 대응하는 지휘통제 기술군, 정보수집 기술군, 감내 기술군, 보안성 강화 기술군, 보안성 검증 기술군, 침입탐지 및 대응 기술군, 공격 부인 방지 및 역추적 기술군, 사이버 작전 훈련 기술군, 사이버 전자전 기술군 등을 도출되었다. 도출된 핵심기술군을 합동사이버작전교범의 작전단계와 록히드마틴의 사이버 킬체인과 비교해 본 결과, 누락된 요소가 없이 매핑되고 있음을 확인하였다. 록히드마틴은 F-35와 THAAD를 생산하는 대표적인 미국의 방산 기업으로 2011년 록히드마틴 해킹 사건 발생 이후, 사이버무기체계로 업무영역을 확장하였다. 록히드마틴이 사이버무기체계로 업무영역을 확장한 이후 사이버전 운용개념으로 내세운 것이 사이버 킬체인이다. 이 개념은 미국 방산업체가 주장한 대표적인 사이버전 운용개념으로 많이 인용되고 있다. 손태중은 현재 발생하고 있는 사이버위협은 사이버 킬체인 개념에 대부분 수렴 가능하고, 군사적 개념과 한국군의 특성을 고려하여 사이버킬체인 개념을 보다 발전시키고, 이를 기반으로 한 한국군 사이버방어작전 수행체계 연구 등이 향후 지속적으로 필요하다고 주장하였다 [18]. Table 2.는 사이버무기체계 핵심기술군과 합동사이버작전교범의 사이버 공격단계, 록히드마틴의 사이버 킬체인 단계를 매핑한 표이고, Fig. 2.는 사이버 킬체인 개념도를 보이고 있다.

Table 2. Cyber Warfare Core Technology Groups Mapping to Cyber Kill Chain

Joint Cyber Operation Doctrine	Lockheed Martin Cyber kill chain	Core Technology Groups
Deriving Vulnerabilities	Reconnaissance	- Cyber Space Information Collection Technology Group
Getting access	Weapon production	- Weapon System Security Enhancement Technology Group
Digital Build a bridgehead	Relay	- Cyber Detection/Response Technology Group
All-out attack	Vulnerability attack	- Cyber attack tolerance technology group
	Install	- Cyber security verification technology group
	Command and control	- Cyber Command Control Technology Group
	Target target attack	- Attack Denial Prevention and Trace-back Technology Group - Cyber Electronics Warfare Technology Group
		- Cyber Warfare Training Technology Group

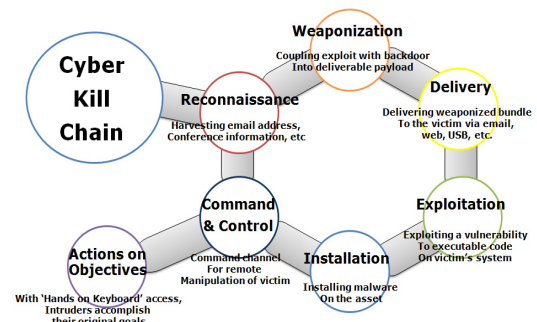


Fig. 2. The Cyber Kill Chain Concept

3.1.3 조사방법

각 미래 무기체계별로 도출된 핵심기술의 수준 및 특성을 조사하기 위해 설문조사와 2차에 걸친 전문가토론회를 수행하였다. 36개 핵심기술에 대해서 최고선진국, 최고선진국의 현재 기술수준, 한국의 현재 기술수준, 기술실현 예측시기, 체계 요구조건 구현 영향력 정도, 선진국 기술이전 기피도, 타 무기체계로의 적용 가능성, 민간 상용기술 활용 가능성, 민간분야 이전 가능성, 경제적 파급효과 등을 조사하였다.

기술수준의 범례는 100을 이론적 상한치로 두고, 90 이상은 기술을 실용화하여 적용 완료한 수준, 80

이상은 실용화하였으나 무기체계에는 미적용한 수준, 70 이상은 시험개발 수준, 60 이상은 응용연구 수준, 60 미만은 기초연구 수준으로 구분하여 설문조사하였다. 기술실현 예측시기는 전문가가 예상하는 해당 기술이 국내 요구운용특성(ROC)을 충족(해당 기술의 국내수준이 90%)하게 되는 연도를 기입하도록 하였다. 체계요구조건 구현 영향력 정도는 해당 기술이 체계요구조건 구현에 있어 미치는 중요도를 10점 만점에 등간 척도로 설문하였다. 민간 상용기술 활용 가능성은 해당 핵심기술에 민간 정보보호 기술 실적을 가져다 쓸 수 있는 가능성을 10점 만점에 등간 척도로 설문하였다. 그 외의 속성들은 10점 만점에 등간 척도로 설문하였다. Table 3.은 각 속성의 범례를 보이고 있다.

Table 3. Questionnaire Scale and Evaluation Criteria

Survey item	Measure	Evaluation standard					
Technology level (Domestic)	Isometric scale (0~100%)	$X = 100$	Theoretical upper limit of technology				
		$90 \leq X$	Completed the application of the technology to the weapon system				
		$80 \leq X < 90$	The technology has been completed but partial improvement is needed.				
		$70 \leq X < 80$	Test development level				
		$60 \leq X < 70$	Applied research level				
Technology level (The most advanced country)	Isometric scale (0~100%)	$X < 60$	Basic research level				
		Fill in the year that the technology will meet the domestic ROC	When the domestic level of the technology is 90%				
		Technology realization time (Weapon system application completed Point)		A descriptive response			
				Avoidance technology transfer	Isometric scale (Expressed as 0,0 to 10,0 points)	$8(X \leq 10)$	Technological transfer of developed countries is highly likely to be avoided (EL items)
						$6(X \leq 8)$	Possibility of avoiding technology transfer in developed countries (potential EL items)
$4(X \leq 6)$	Possibility of avoiding technology transfer in developed countries: Medium						
$2(X \leq 4)$	Possibility of avoiding technology transfer in developed countries: Low						
$0(X \leq 2)$	Possibility of avoiding technology transfer in developed countries: very low						
Availability of commercial technology (Spin-on)	Isometric scale (Expressed as 0 to 10 points)	$8(X \leq 10)$	Very high commercial availability (Spin-on technology)				
		$6(X \leq 8)$	High availability of commercial commercial technology (potential spin-on technology)				
		$4(X \leq 6)$	Availability of commercial commercial technology: Medium				
		$2(X \leq 4)$	Availability of commercial commercial technology: Low				
		$0(X \leq 2)$	Availability of commercial commercial technology: very low				

Survey item	Measure	Evaluation standard	
Degree of influence for implementing System requirement condition	Isometric scale (Expressed as 0 to 10 points)	$8(X \leq 10)$	System Requirements Implementation Impact: Very High
		$6(X \leq 8)$	System Requirements Implementation Impact: High
		$4(X \leq 6)$	System Requirements Implementation Impact: Medium
		$2(X \leq 4)$	System Requirements Implementation Impact: Low
		$0(X \leq 2)$	System Requirements Implementation Impact: very low
Possibility of transferring to private sector (Spin-off)	Isometric scale (Expressed as 0 to 10 points)	$8(X \leq 10)$	Technology that is highly likely to be transferred to the private sector (Spin-off technology)
		$6(X \leq 8)$	High potential for transfer to the private sector (potential spin-off technology)
		$4(X \leq 6)$	Possibility of transfer to private sector: Medium
		$2(X \leq 4)$	Possibility of transfer to private sector: Low
		$0(X \leq 2)$	Possibility of transfer to private sector: very low
Applicability to other weapon system	Isometric scale (Expressed as 0 to 10 points)	$8(X \leq 10)$	Technology that is highly applicable to other weapon systems (common weapon system technology)
		$6(X \leq 8)$	Highly applicable technology (weapon system potential common technology)
		$4(X \leq 6)$	Applicability to other weapon systems: Medium
		$2(X \leq 4)$	Applicability to other weapon systems: Low
		$0(X \leq 2)$	Applicability to other weapon systems: very low
Economic ripple effect	Isometric scale (Expressed as 0 to 10 points)	$8(X \leq 10)$	Economic Impact of Technology: very high
		$6(X \leq 8)$	Economic Impact of Technology: High
		$4(X \leq 6)$	Economic Impact of Technology: Medium
		$2(X \leq 4)$	Economic Impact of Technology: Low
		$0(X \leq 2)$	Economic Impact of Technology: very low

3.1.4 조사결과

Table 4.는 Table 3.의 조사양식과 기초자료를 활용한 설문조사 및 전문가 토론회를 통해 정리된 조사결과 사례를 보이고 있다. 사이버무기체계의 소요 기술로 도출된 총 36개의 핵심기술에 대해서 각각 10개의 조사항목이 조사되었다. Fig. 3.은 조사항목 중 한국의 기술수준을 핵심기술군별로 정렬시킨 그래프이다. 핵심기술의 기술수준은 해당 기술분류의 평균적인 현재 기술수준이 아니라 미래 무기체계에서 요구하는 성능을 구현하기 위한 미래기술의 현재 수준을 조사한 것이기 때문에 각 기술에 대한 민간분야의 인식과는 차이가 있을 수 있다. 예를 들어 민간 정보보호 분야에서 이미 상당한 기술을 축적한 탐지/대응 기술군의 기술수준이 63.4로 낮게 조사된 이유

Table 4. Core Technology Survey Results Example

Technology Name	Real-time, fully automated vulnerability analysis and intrusion prevention technology based on artificial intelligence		
Definition	Fully automated cyberspace technology based on artificial intelligence that can automatically collect, analyze and patch security vulnerabilities on cyberspace and proactively identify, analyze and respond to cyber attacks		
The most advanced country	US	Avoidance technology transfer	7
Technology level (The most advanced country)	73	Possibility of transferring to private sector (Spin-off)	6
Technology level (Domestic)	54	Availability of commercial technology (Spin-on)	8
Degree of influence for implementing System requirement condition	7	Economic ripple effect	7

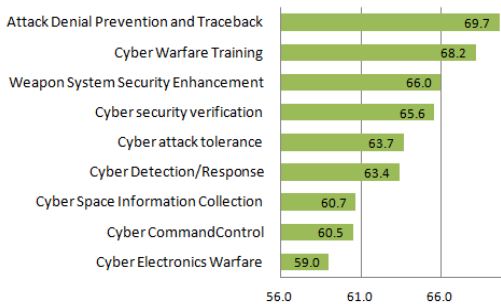


Fig. 3. Korean technology level by core technology group

는 타 기술군보다 도전적인 목표 성능이 제시되었기 때문이다. 2013~2016년 동안 미국에서 추진한 사이버그랜드챌린지의 인공지능 기반 사이버 방어기술을 참조하여 사이버 방어기술은 인공지능이 적용되는 높은 기술목표가 반영되었다.

IV. 분석 결과

4.1 기술수준 조사결과 속성 간 상관분석

변수들의 상관관계를 보기 위하여 Pearson 상관분석을 사용하였다. Table 5.는 속성 간 Pearson 상관분석 결과를 보이고 있다.

기술실현 예측시기와 최고선진국의 현재 기술수준을 살펴보면, 상관계수가 -0.655으로 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보이고 있다. 기술실현 예측시기와 한국의 현재 기술수준을 살펴보면, 상관계수가 -0.741으로 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보이고 있다. 기술실현 예측시기와 선진국 기술이전 기피도를 살펴보면, 상관계수가 0.470으로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이고 있다. 기술실현 예측시기와 민간 상용기술 활용 가능성을 살펴보면, 상관계수가 -0.449으로 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보이고 있다. 기술실현 예측시기와 민간분야 이전 가능성을 살펴보면, 상관계수가 -0.375으로 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보이고 있다.

최고선진국의 현재 기술수준과 한국의 현재 기술수준을 살펴보면, 상관계수가 0.822으로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이고 있다. 최고선진국의 현재 기술수준과 선진국 기술이전 기피도를 살펴보면, 상관계수가 -0.414으로 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보이고 있다.

한국의 현재 기술수준과 선진국 기술이전 기피도를 살펴보면, 상관계수가 -0.511으로 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보이고 있다. 한국의 현재 기술수준과 민간 상용기술 활용 가능성을 살펴보면, 상관계수가 0.344으로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이고 있다.

세계 요구조건 구현 영향력 정도와 선진국 기술이전 기피도를 살펴보면, 상관계수가 0.598으로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이고 있다.

민간 상용기술 활용 가능성과 민간분야 이전 가능성을 살펴보면, 상관계수가 0.817으로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이고 있다. 민간 상용기술 활용 가능성과 경제적 파급효과를 살펴보면, 상관계수가 0.667으로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이고 있다.

민간분야 이전 가능성과 경제적 파급효과를 살펴보면, 상관계수가 0.823으로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이고 있다.

4.2 핵심기술 실현시기와 기술속성 간 회귀분석

한국의 현재 기술수준을 빼고 모든 변수들이 정규성을 따르지 않고 있다. 그리고 모든 변수들이 단위가 달라서 다시 로그를 취하여 비슷한 단위로 변환하였다.

Table 5. Correlation analysis

	Technology realization time	Technology level (The most advanced country)	Technology level (Domestic)	Degree of influence for implementing System requirement condition	Avoidance technology transfer	Applicability to other weapon system	Availability of commercial technology (Spin-on)	Possibility of transferring to private sector (Spin-off)	Economic ripple effect
Technology realization time	1								
Technology level (The most advanced country)	-.655**	1							
Technology level (Domestic)	-.741**	.822**	1						
Degree of influence for implementing System requirement condition	.295	-.034	-.200	1					
Avoidance technology transfer	.470**	-.414*	-.511**	.598**	1				
Applicability to other weapon system	.173	-.107	-.157	.057	-.100	1			
Availability of commercial technology (Spin-on)	-.449**	.045	.344*	-.090	-.158	.115	1		
Possibility of transferring to private sector (Spin-off)	-.375*	-.013	.253	-.171	-.195	.265	.817**	1	
Economic ripple effect	-.165	-.095	.188	-.080	-.035	.296	.667**	.823**	1

*p<0.05, **p<0.01

최고선진국의 현재 기술수준이 기술실현 예측시기에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 선형회귀분석을 실시하였다.

먼저 Durbin-Watson의 결과 2에 가까움으로 자기상관이 없으므로 잔차의 독립성조건이 만족된다. 그러므로 변수에 이상은 없다. 회귀분석에서 R²이 결정계수와 같은 것으로 변수 요소에 의해서 설명 될 수 있는 종속 변수의 총 변동 비율을 의미한다. 설명력이 매우 높게 나타났다. 유의수준은 0.05(95%)을 기준으로 하고 있다. 0.05보다 높으면 유의하지 않

Table 6. Linear Regression Analysis Results(Technology realization time and Technology level(The most advanced country))

Independent variable	Technology realization time						
	B	Std Err	Beta	t	p	DW	R ²
Technology level (The most advanced country)	-1.964	.387	.656	-5.073	.000**	1.504	.431

*p<0.05, **p<0.01

는 결과이고 낮으면 유의한 결과라고 할 수 있다. 최고 선진국 기술수준을 살펴보면, B의 값이 -1.964으로 나타났다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 -5.073이고 유의확률이 0.000이므로 통계적으로 유의한 음의 영향을 주는 것으로 나타났다. 표준화된 베타의 값이 0.656이므로 최고선진국의 현재 기술수준기술수준이 1단위 증가하게 되면 기술실현 예측시기는 0.656(65.6%) 증가하게 된다.

한국의 현재 기술수준이 기술실현 예측시기에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 선형회귀분석을 실시하였다.

Table 7. Linear Regression Analysis Results(Technology realization time and Technology level(Domestic))

Independent variable	Technology realization time						
	B	Std Err	Beta	t	p	DW	R ²
Technology level (Domestic)	-4.458	.692	-.741	-6.440	.000*	1.806	.549

*p<0.05, **p<0.01

먼저 Durbin-Watson의 결과 2에 가까움으로 자기상관이 없으므로 잔차의 독립성조건이 만족된다. 그러므로 변수에 이상은 없다. 설명력이 매우 높게 나타났다. 한국 기술 수준을 살펴보면, B의 값이 -4.458으로 나타났다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 -6.440이고 유의확률이 0.000이므로 통계적으로 유의한 음의 영향을 주는 것으로 나타났다. 표준화된 베타의 값이 -0.741이므로 한국의 현재 기술수준이 1단위 증가하게 되면 기술실현 예측시기는 -.741(-74.1%) 감소하게 된다. 한국의 현재 기술수준은 다른 조사 속성들과 비교하여 가장 큰 베타값을 보이고 있다. 즉, 기술실현 예측시기(핵심기술 실현시기)에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 한국의 현재 기술수준으로 확인되었다.

민간 상용기술 활용 가능성이 기술실현 예측시기에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 선형회귀분석을 실시하였다.

먼저 Durbin-Watson의 결과 2에 가까움으로 자기상관이 없으므로 잔차의 독립성조건이 만족된다. 그러므로 변수에 이상은 없다. 설명력이 높게 나타났다. 민간 상용기술 활용 가능성을 살펴보면, B의 값이 -.668으로 나타났다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 2.927이고 유의확률이 0.006이므로 통계적으로 유의한 음의 영향을 주는 것으로 나타났다. 표준화된 베타의 값이 -0.449이므로 민간 상용기술 활용 가능성이 1단위 증가하게 되면 기술실현 예측시기는 -.449(-44.9%) 감소하게 된다.

민간분야 이전 가능성이 기술실현 예측시기에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 선형회귀분석을 실시하였다.

먼저 Durbin-Watson의 결과 2에 가까움으로 자기상관이 없으므로 잔차의 독립성조건이 만족된다. 그러므로 변수에 이상은 없다. 설명력이 높게 나타났다.

Table 8. Linear Regression Analysis Results(Technology realization time and Availability of commercial technology (Spin-on))

Independent variable	Technology realization time						
	B	Std Err	Beta	t	p	DW	R ²
Availability of commercial technology (Spin-on)	-.668	.228	-.449	2.927	.006*	1.671	.201

*p<0,05, **p<0,01

Table 9. Linear Regression Analysis Results(Technology realization time and Possibility of transferring to private sector (Spin-off))

Independent variable	Technology realization time						
	B	Std Err	Beta	t	p	DW	R ²
Possibility of transferring to private sector (Spin-off)	-.409	.173	-.375	-2.359	.024*	1.882	.141

*p<0,05, **p<0,01

다. 민간분야 이전 가능성을 살펴보면, B의 값이 -.409으로 나타났다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 -2.359이고 유의확률이 0.024이므로 통계적으로 유의한 음의 영향을 주는 것으로 나타났다. 표준화된 베타의 값이 -0.375이므로 민간분야 이전 가능성이 1단위 증가하게 되면 기술실현 예측시기는 -.375(-37.5%) 감소하게 된다.

선진국 기술이전 기피가 기술실현 예측시기에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 선형회귀분석을 실시하였다.

먼저 Durbin-Watson의 결과 2에 가까움으로 자기상관이 없으므로 잔차의 독립성조건이 만족된다. 그러므로 변수에 이상은 없다. 설명력이 높게 나타났다. 선진국 기술이전 기피를 살펴보면, B의 값이 0.709으로 나타났다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 3.106이고 유의확률이 0.004이므로 통계적으로 유의한 양의 영향을 주는 것으로 나타났다. 표준화된 베타의 값이 0.470이므로 선진국 기술이전 기피가 1단위 증가하게 되면 기술실현 예측시기는 0.470(47.0%) 증가하게 된다.

경제적 파급효과가 기술현실 기술실현 예측시기에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 선형회귀분석을 실시하였다.

Table 10. Linear Regression Analysis Results(Technology realization time and Avoidance technology transfer)

Independent variable	Technology realization time						
	B	Std Err	Beta	t	p	DW	R ²
Avoidance technology transfer	.709	.228	.470	3.106	.004*	1.940	.221

*p<0,05, **p<0,01

Talbe 11. Linear Regression Analysis Results(Technology realization time and Economic ripple effect)

Independent variable	Technology realization time						
	B	Std Err	Beta	t	p	DW	R ²
Economic ripple effect	-.233	.239	-.165	-.976	.336	1.763	.027

*p(0,05), **p(0,01)

먼저 Durbin-Watson의 결과 2에 가까움으로 자기상관이 없으므로 잔차의 독립성조건이 만족된다. 그러므로 변수에 이상은 없다. 설명력이 높게 나타났다. 경제적 파급효과를 살펴보면, B의 값이 -.233으로 나타났다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 -.976이고 유의확률이 0.336이므로 통계적으로 유의한 음의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

V. 결 론

본 논문에서는 사이버 무기체계에 소요되는 핵심 기술을 도출하고, 회귀분석을 통해 핵심기술 실현시기의 영향요인을 분석하였다. 분석결과, 핵심기술의 실현시기는 최고선진국 기술수준, 한국 기술수준, 국방에서 민간으로의 기술이전 가능성, 민간에서 국방으로의 기술이전 가능성이 높을수록 더 빨라지고, 선진국의 기술이전 기피도가 높을수록 더 늦어지며, 경제적 파급효과와는 유의미한 상관관계가 없는 것으로 확인되었다.

본 연구는 사이버무기체계를 정식 무기체제로 편입시킨 전력발전훈련령 개정 및 합참사이버작전교범 제정에 맞춰 사이버 무기체계의 핵심기술을 도출하고 핵심기술 실현시기의 영향 요인을 확인한 것에 의의가 있다. 사이버 무기체계 연구개발은 아직 시작단계이기 때문에 본 연구는 사이버무기체계 전문가들의 인식에 기반을 둔 조사라는 한계가 있을 수밖에 없었지만, 추후 핵심기술 연구개발 실적이 확보된 이후에 연구개발 수행성과에 대한 실증적인 연구로 보완이 가능할 것이다.

최근 지속적으로 발생하는 북한의 사이버 공격에 대응하기 위해 한국 고유의 사이버 무기체계를 최대한 빨리 획득해야 할 것이다. 회귀분석 결과에서 보듯이 핵심기술의 실현시기를 가장 빨리 당길 수 있는 요인은 국내 기술수준으로 확인되었다. 또한 선진국의 기술이전 기피는 우리가 헤쳐 나가야 할 장애요인

임을 다시 한 번 확인할 수 있었다. 사이버 무기체계를 전략무기체제로 분류되기 때문에 선진국의 기술이전을 기대하기가 더욱 어렵다. 따라서 한국 고유의 사이버 무기체계 획득을 위해서는 국내 독자적인 핵심기술 연구개발 계획을 세우고 이에 대한 정치적, 법적, 예산적인 지원이 필요할 것이다.

미국은 1960년대 러시아에 의한 스푸트니크 쇼크에 대항하여 DARPA를 설립하고, 교육, 연구개발, 국방 분야의 혁신을 추진하여 위기를 극복하였다. 2017년 현재 한국은 북한의 지속적인 사이버 공격에 대응하여 국방과학 핵심기술 연구개발 추진에 지속적인 노력을 경주해야 할 것이다.

References

- [1] Ackerman, E. "DARPA robotics challenge trials: final results." IEEE Spectrum. New York City, NY.[Online]. Available: <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/humanoids/darparobotics-challenge-trials-results>, Dec. 2013.
- [2] Newton. Lee, "DARPA's Cyber Grand Challenge (2014 - 2016).", Counter terrorism and Cyber security, Springer International Publishing, pp 429-456, Apr. 2015.
- [3] Man-sig Son and Seong-gu Jo, "NORTH KOREA'S CYBER ATTACK: Terror Cases and Cyber Capabilities and Current State of Affairs of North Korea's Cyber Terror Force." International journal of military affairs, 1(2), pp.28-37, Dec. 2016.
- [4] Hogyun Lee, "Core Technologies for Future Weapons Systems", DTaQ research report, pp. 183-187, Dec. 2016.
- [5] Hogyun Lee, "Defense Science and Technology Level Assessment by Country", DTaQ research report, pp. 108-131, Nov. 2015.
- [6] Myung-Kwan Kim, R & D planning for the research planning assessment practitioners, The Korea Industrial Technology Association, Aug. 2007.
- [7] Sang-Gee Kim, "On Analysis of the

- Characteristics and Indicators of Technology Level Evaluation”, Ph.D. Thesis, Hanyang University, Feb. 2013.
- [8] Hongseock Go, Understanding and Practice of the Level Research of Defense Technology, Hyeongseol Publisher, Jan. 2011.
- [9] Seong-do Jo, “Assessment of Technological Level using the Quantitative Method”, Ph.D. Thesis, UST, Feb. 2017.
- [10] Chul-Whan Kim, “A Study on the Activation of Dual Use Technology Program.” Journal of the Military Operations Research Society of Korea 32(1), pp.13-35, Jun. 2006.
- [11] Young-soo Ann, “Enhancing Civil-Military Technology Integration through Institutional Improvement.” Research Report 2013-689. KIET, Dec. 2013.
- [12] Ho-gyun Lee, “Study on Selection Methodology of Applicable Prospective Civil Information Security Technologies in Defense Cyberwarfare Sector”, Journal of the Korea Institute of Information Security and Cryptology, 25(6), pp.1571-1582, Dec. 2015.
- [13] Hyun-Jin Park, “An Analysis of Effective Factors for Defense Technology Transfer”, Journal of the Military Operations Research Society of Korea, 32(1), pp.1-12, Jun. 2006.
- [14] Han.kyung Kim and Sangryul Shim, “A Study on the Identification of Risk Factors in the Process of Defense Technology Transfer via Offset Trade”, Journal of Korean Military History, 68(3), pp.1-29, Oct. 2012.
- [15] Kim, Sung-Young, “Transitioning from fast-follower to innovator: The institutional foundations of the Korean telecommunications sector.” Review of International Political Economy vol.19, no.1, pp.140-168, Oct. 2012.
- [16] Young-jin Ha, “A Analysis on Economic Effects of R&D Investment on Energy Technology for Technology Innovation”, Ph.D. Thesis, Korea Polytechnic University, Jun. 2009.
- [17] Joint Chiefs of Staff, “Joint Instruction 14-1, Joint Cyber Operations”, Jul. 2014.
- [18] Tae-Jong Son, “Cyber kill chain concept and defense application direction”, KIDA Weekly Defense Forum, Vol.1653, Jan. 2017.

..... <저자소개>



이 호 균 (Ho-Gyun Lee) 정회원
 1998년 2월: 경북대학교 컴퓨터공학과 학사
 2000년 2월: 경북대학교 컴퓨터공학과 석사
 2011년 3월~현재: 고려대학교 정보보호대학원 박사과정
 2000년 2월~2002년 11월: LG정보통신 생산기술연구소
 2002년 12월~2007년 6월: 한국전자통신연구원 정보보호연구단
 2007년 7월~현재: 국방기술품질원 기술기획부 기술조사팀 선임연구원
 <관심분야> 사이버전, 정보보호, 국방과학기술기획, 기술수준조사



이 경 호 (Kyung-Ho Lee) 종신회원
 1989년 8월: 서강대학교 수학과 학사
 1997년 8월: 서강대학교 정보통신대학원 석사
 2009년 8월: 고려대학교 정보경영대학원 박사
 1994년 2월~현재: 삼성그룹, nhn, 시큐베이스 등 근무
 2011년 9월~현재: 고려대학교 정보보호대학원 부교수
 <관심분야> 위협관리, 정보보호컨설팅, 정보보호 및 개인정보보호정책



임 종 인 (Jong In Lim) 종신회원
 1980년 2월: 고려대학교 수학과 졸업
 1982년 2월: 고려대학교 수학과 석사
 1986년 2월: 고려대학교 수학과 박사
 현재: 고려대학교 정보보호대학원 교수, 고려대학교 사이버국방학과 교수, 개인정보보호위원회 위원, 대검찰청 디지털수사자문위원장, 국방부 정보화책임관 자문위원, 한국저작권위원회 위원, 국방기술품질원 임명직 이사
 <관심분야> 사이버 국방, 정보법학, 디지털포렌식, 개인정보보호, 융합기술보안