

주요국 국방 · 군사 동향 시리즈

14-01

2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략





발간사



오늘날 과학 기술의 급격한 발전은 사회, 문화, 경제뿐만 아니라 국방 분야에도 큰 변화를 일으키고 있습니다. 신규 과학 기술은 어느 분야보다도 무기체계 개발에 우선적으로 적용되고 있으며, 세계 각국의 무기체계 개발 속도와 양상은 미래전의 승패를 결정한다고 할 수 있습니다. 이에 세계 각국은 첨단 국방 과학기술을 획득하여 변화된 미래전의 승자가 되기 위해 최선의 노력을 기울이고 있습니다.

한편 미국, 중국, 러시아, 일본 등이 포함된 한반도 주변 정세는 중국의 패권주의, 일본의 자위권 발동 및 북한의 핵무장 등으로 인해 긴장과 불안정성이 날로 증대되고 있는 실정입니다. 이러한 상황에서 미국 국방부가 2030년 까지도 군사적 우위를 점하기 위한 목적으로 작성한 “국방 기술의 혁신 전략”에 대해 알아보는 것은 매우 의미가 크다고 생각합니다.

그동안 국방기술품질원은 전 세계 국방과학기술에 대한 정보를 수집·분석하여 관련기관에 지속적으로 제공하여 왔습니다. 특히 2012년부터 세계 주요 국가들의 국방 및 군사 정책과 동향 정보를 수집하여 <주요국 국방·군사 동향 시리즈>라는 이름으로 간행물을 발간하고 있습니다. 주요내용으로는 “2012 미국 방위산업 정책 이슈와 국방예산”, “2012 중국 군사력 및 안보 동향” 그리고 “2013 군사과학 기술 동향”, “미국의 차기 보병전투 장갑차 사업 추진 동향” 등을 다루었습니다.

본 간행물은 2014년 <주요국 국방·군사 동향 시리즈>의 첫 번째 결과물로서 2030년 세계 국방현황에 맞추어 미국이 군사우위를 달성할 수 있는 군사혁신 기술들에 대한 분야별 동향과 권고안을 수록하였습니다.

본문의 주요 군사혁신 촉진 기술에는 위성보안, 저온 원자센서, 사이버 공격 대비 방어 네트워크, 저비용 재래식 대륙간 무기, 무인 잠수정, 첨단 수직 이착륙기, 원자력 배터리, 전투원 회복, 차세대 훈련, 핵 확산 방지, 위험회피 보장 기술 등이 포함되어 있습니다.

특히 미 국방부는 국방 예산이 계속 삭감되는 것을 고려하여 불필요한 신규 투자를 가급적 억제하고 시너지 효과가 높은 기술의 개발에 우선순위를 부여하고 있습니다. 이는 우리나라가 북한의 탄도 미사일, 무인기 등과 같은 비대칭 전력에 어떻게 대응하는 것이 바람직한지를 알려준다고 할 수 있습니다.

아무쪼록 본 간행물이 무기체계 획득 분야 업무 관련자들에게 향후 미래 무기체계에 적용될 군사 기술에 대한 안내자로서의 역할을 할 수 있기를 기대합니다.

감사합니다.

국방기술품질원장 최 창 곤



목차

발간사	.....	2
목차	.....	4
서문	.....	9
요약보고서	.....	12
제1장	.....	32
서론	2030년의 세계	34
	2030년 전략환경 및 상황 평가	39
	투자원칙	44
	본 보고서의 권고안	48
제2장	.....	50
글로벌 기술 균등화에 대처하기 위한 주요 투자 기회	위성 보안	52
	위치, 항법, 시간 서비스용 저온원자 감지기술	57
	사이버공격에 대한 본원적 자기방어능력을 갖춘 네트워크	65

제3장	74
비용부과 전략을 통한 우위 달성 부문의 주요 투자 기회	재래식 저비용 대륙간 무기의 효과 76 장기운항, 자율적인, 네트워크형 무인 잠수정 84 첨단 수직 이착륙기 89
제4장	94
군 효율강화를 위한 투자 기회	병사 군장을 가볍게 하는 방사성핵종(radionuclide) 배터리 96 전투원의 회복력과 성과 103 차세대 훈련 108
제5장	116
신기술 기습공격을 피하기 위한 주요 투자 기회	핵확산 방지 118 이슈 탐색과 위험회피 124 기습공격 회피 및 기회창출을 위한 실험 활용 132
제6장	142
부록	부록 A. 전략적 상황 및 능력 144 부록 B. 2030년 이후의 기술 154 부록 C. 대량살상무기에 의한 새로운 위협 159 부록 D. 실험환경 평가 160
약어	175
과업지시서	176
연구위원회 위원명단	178
연구기간 중 실시된 브리핑 목록	180



표목차

표 1 전략적 상황 및 희망 능력	41
표 2 본 연구에서 검토한 신기술의 사례	43
표 3 임무시간 60분에 20m 정밀도 달성을 위한 요건	63
표 4 보안강화 대상 네트워크	69
표 5 X-PLANE 개발 성공을 위한 실험	93
표 6 연료별 에너지 밀도	97
표 7 첨단 전원 실험활동	102
표 8 실제 훈련환경과 합성 훈련환경의 비교	113

그림목차

그림 1	2012년의 세계인구 변화	35
그림 2	근로 연령 성인 100명 당 85세 이상 인구	36
그림 3	관성측정장비의 현재 성과 및 비용 분포	59
그림 4	(a)광학 간섭계와 (b)저온 원자 간섭계의 비교	61
그림 5	방어작전에 있어 중요도가 큰 일부 핵심 시스템에 대한 보안강화의 잠재적 영향 및 난이도	69
그림 6	대륙간 사거리의 재래식 저비용 효과를 위한 추천 시행계획	84
그림 7	개선 제안된 수직이착륙 X-PLANE 작전반경 지도	91
그림 8	첨단 수직이착륙기의 작전성능	92
그림 9	원자력 배터리 설계개념	99
그림10	혈액과 오메가-3 및 오메가-6 지방산의 비율 및 건강 위험	105
그림11	실험전략 대비 전통적인 연구·개발·시험·평가	134
그림12	실험활동 사이클	135



본 보고서는 국방과학위원회(DSB)의 저작물이다.

DSB는 국방부장관에게 독립적인 자문을 제공하기 위해 설립된 연방자문위원회이다. 본 보고서에 등장하는 진술, 의견, 결론, 권고가 반드시 국방부의 공식적인 입장을 대변하는 것은 아니다. **‘2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략에 관한 연구’**는 2012년 12월에 정보수집을 완료했다. 본 보고서는 일반 대중에게 발행하기 위해 2013년 8월 23일 국방부 보안심사국의 허가를 얻었다.

본 보고서는 기밀문서가 아니며 일반 대중의 열람을 위해 발행을 허가받았다.





서문

- 일자 : 2013년 9월 13일
- 수신 : 국방부 획득, 기술 및 군수담당 차관
- 제목 : 국방과학위원회(DSB)의 ‘2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략에 관한 연구’
최종 보고서

DSB의 2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략에 관한 연구 최종 보고서를 전달하게 되어 기쁘게 생각합니다.

본 연구는 2030년에 요구되는 군사능력을 지원하기 위한 기술 혁신 전략 투자 분석을 위해 국방부에게 필요한 틀을 제공합니다. 국방부는 지금까지 보유하고 있던 투자지침분석을 여기에서 제시하는 틀로 대체하여야 할 것입니다. 이 때 가장 어려운 점은 본 연구의 틀 안에서 현재의 투자를 솔직하고 정확하게 평가한 후 불필요한 투자 항목을 삭감하는 일일 것입니다. 이 투자분석 지침체계는 꼭 필요한 신규투자를 확인하는 일과 더불어, 예기치 않은 투자를 감시하고 자제시키는 기능도 제공할 것입니다.

기 배치된 능력에 새로운 기술을 이전시키는 일 또한 하나의 도전으로 다가올 것입니다. 탄탄하고 적응력 있는 기법을 사용하여 기 전력화된 능력에 기술 이전을 지원한다면, 이는 또 다른 능력을 함양하는 결과가 될 것이며, 아울러 그 내역은 국방부의 무기체제로 다시 피드백되어야 할 것입니다.

본 보고서에 언급된 일체의 권고안을 전적으로 지지하는 바이며 아무쪼록 이를 충분히 검토한 후 빠른 시일 내로 채택하기 바랍니다.

Dr. Paul Kaminski
국방과학위원장



- 일자 : 2013년 9월 13일
- 수신 : 국방부 획득, 기술 및 군수담당 차관
- 제목 : 국방과학위원회(DSB)의 ‘2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략에 관한 연구’
최종 보고서

DSB의 2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략에 관한 연구 최종 보고서를 첨부합니다. 전문에 나타나 있는 바와 같이, 본 연구는 2030년 내에 개발되거나 전력화될 것으로 예상되어 차세대 군사력으로 등장할 신기술을 검토했습니다. 이 작업을 위해 ‘미국의 글로벌 리더십 유지: 21세기 국방의 우선순위(Sustaining U.S. Global Leadership: Priorities for 21st Century Defense)’라는 제목의 2012년 1월 군사전략 지침을 참고로 했습니다.

본 보고서는 국방부가 현재 제대로 연구되지 않은 시너지 효과가 높은 기술에 투자할 것을 권고합니다. 본 연구에서는 이 같은 투자 권고안을 개발하는 과정에서 기술적으로 정교하고 복잡하며 그에 따라 비용이 높은 시스템을 추구하는 종래의 접근법을 보완해 줄 4개 투자항목을 발견했습니다. 국방부 기술투자 포트폴리오의 분류체계로서 이들 항목을 추천하는 바입니다. 투자항목은 본 보고서에 기술되어 있으며, 그 제목은 다음과 같습니다.

- 균등화에 대처
- 비용부과 전략을 통한 우위 달성
- 군 효율강화를 통한 우위 달성
- 신기술의 기습공격에 대비



본 보고서는 각 투자항목별로 사람들이 주목하지 않은 몇 가지 기술영역을 강조하고 있습니다. 즉, 국방부에 미치는 잠재적 중요도에도 불구하고 그러한 중요도에 걸맞은 투자, 노력, 집중이 이루어지지 못한 영역입니다. 이를 측정하는 데는 국가 전체의 투자 포트폴리오를 완전하고 상세히 조사하기보다는 국방부 내·외부에서 현재 이루어지고 있는 활동을 검토하는 방식을 사용했습니다. 따라서 이 과정에서 도출된 결과는 국방부의 종합적인 기술투자 목록이라고 볼 수는 없습니다. 그보다는 이를 보완하거나, 경우에 따라서는 현재 입안 중인 사업계획을 대체하는 투자가 우선순위입니다. 지금과 같은 어려운 예산환경에서 국방부 지도부는 이 같은 권고안에 적절하게 대응하여 결정을 내릴 수 있도록 가용자원, 총괄전략, 계속 진행 중인 활동과 균형을 이루어야 합니다. 본 보고서는 여기 제안된 투자 포트폴리오가 국방부의 의사결정 지원 도구로 사용되기를 적극 추천하고 있습니다.

본 연구는 또한 사업 진행 시 기술 적용을 용이하게 하는 실험 및 개념시범의 역할에 대해 평가했습니다. 본 보고서의 핵심적인 권고사항은 잠재적 신기술을 찾으라는 것과 분석 시 실험을 가능한 많이 활용하라는 것입니다. 그렇게 함으로써 현재 국방부가 사업 단계마다 적용하고 있는 시험 및 평가 일련도의 사업평가 방식을 개선할 수 있을 것입니다.

Mr. James D. Shields
부위원장

Dr. James A. Tegnalia
부위원장



요약보고서

2012년 3월 미 국방부 획득, 기술 및 군수담당 차관은 당 국방과학위원회에 2030년 국방부 군사능력 우위를 촉진할 수 있는 기술투자 권고안의 개발을 요청했다. 이에 본 위원회는 세계적인 기술 및 실험 원리를 탐구한 경험이 있는 과학, 기술 분야의 최고 전문가로 구성된 연구회를 결성했다. 본 보고서는 국방부가 현재는 본격적으로 연구되지 않은 시너지효과가 높은 기술에 투자할 것을 권고한다. 비록 연구 과정에서 잠재력 있는 모든 기술을 포괄적으로 밝혀내진 못했지만, 본 연구는 국방부가 투자 포트폴리오를 입안할 때 위에 제시한 새로운 관점으로 접근하길 제언하고 있다.

2030년의 세계 및 국가안보

미래를 예측한다는 것은 매우 어려운 과제로서, 이는 최근 20년 동안 관측된 것과 예상되는 것을 비교하는 활동의 연속이다. 이러한 노력을 지원하고 신중한 검토 환경을 제공하기 위해 본 연구에서는 국가안보에 영향을 미칠 동향 중에서 국방부가 2030년 시점에 직면하게 될 몇 가지 동향을 파악했다.

인구 동향

2030년에 만 20세가 될 사람들은 이미 출생한 상태이기 때문에 연령 기준의 인구 동향은 어느 정도 확신을 갖고 예측할 수 있다. 현재 나와 있는 자료를 보면 선진국 및 개발도상국의 출생률은 인구대체수준의 출산율을 밑돌고 있다. 인구증가율 감소는 자원에 대한 압박을 경감시키지만, 노령인구라는 새로운 과제에 직면하게 된다. 역사적으로 15~24세 연령 집단이 전체인구의 20% 이상인(청년팽창) 국가는 노령인구가 더 많은 국가에 비해 안정성



이 떨어졌다. 미국을 포함하여 일부 국가에서는 청소년층 이민 유입이 출생률을 저하시키는 요인으로 나타났다.

중위연령(Median Age)이 25세 이하인 국가의 수는 현재의 80개국에서 2030년이면 사하라 이남 아프리카 및 중동 일부에 집중되어 50개국 이하로 감소할 것이다. 동시에 일본을 비롯하여 유럽국가 중 다수는 중위연령이 45세를 초과함으로써 지구촌의 상황을 바꿔 놓을 전망이다. 이 같은 인구 동향에 입각하여 본 연구에서는 현재 미국이 치르고 있는 전쟁이 끝난 후에도 테러리스트와 내란 위협은 여전히 미국의 쟁점이 될 것이며, 전통적인 미 동맹국들 또한 노령인구 부문에 자원을 할애하고 세계 방위를 위한 사업은 축소하라는 압력이 높아지는 상황에 직면할 것이라는 결론에 도달했다.

인구분포 역시 변하고 있으며 세계인구 도시화 비율이 높아지고 중산층의 비중도 커지고 있다. 해안선을 따라 도시들이 무리를 지어 형성되기 때문에 해수면 상승, 대규모 폭풍과 같은 기후변화에 더 취약하다. 이런 변화에 부응하여 미군은 재난 구조, 인도적 임무 수행에도 대비해야 한다.

글로벌 기술 및 기회 균등화

전 세계적인 정보통신기술 균등화에서 비롯된 영향에 대한 증거들은 많이 나와 있다. 미국은 여전히 세계 기술을 선도하고 있으나 굴지의 연구대학 및 특허출원 건수 순위지표에 따르면 다른 국가와의 격차가 좁혀지고 있다. 이 같은 동향은 사이버 범죄에 의한 지적 재산권 도용이 늘어나면서 더 심화되고 있다.

제조업의 해외이전 경향 또한 미국의 기술 리더십에 영향을 미친다. 이전 받은 국가가 기술을 습득하여 이를 기반으로 능력을 향상시키기 때문이다. 해외생산이 국방능력에 위협을 가하는 부분은 주요 무기체계 구성품의 공급망을 들 수 있다.

세계 기술분야 전망에 따르면 미국은 모든 부문에서 더 이상 압도적 기술우위에 의존할 수 없을 것으로 점쳐진다. 더욱이 최근의 전쟁을 통해 미국의 적대 세력들은 미국이 자신들을 상대로 펼친 방위체계의 능력과 전술을 모두 관찰할 수 있었다. 그 결과 저비용의 단순 기법을 사용한 비대칭 전략의 효과를 인지했다. 미래의 적대 세력들은 미국의 장기적 우위에



대항하고, 또한 일부 틈새시장의 경우 미국을 능가하는 능력을 달성하기 위해 기존 기술과 더불어 최근의 이 같은 정보를 활용할 수도 있다.

자원 가용도 및 기후변화

아시아 전역에서 개발도상국이 부상하고 성장을 거듭함으로써 이제 세계적인 추세가 신흥 경제 주도의 경쟁국으로 변화하고 있음이 뚜렷해졌다. 미국과 유럽을 포함한 서방세계가 경제대국의 위치를 유지하는 반면에, 중국, 인도를 비롯한 기타 아시아 국가들이 대거 성장하여 적극적으로 국제경쟁에 가세할 것이다. 이처럼 눈부신 경제성장을 한 국가들은 한편으로 천연자원 이용, 특히 에너지 문제에 부담을 느낄 것이다. 수압파쇄(Hydraulic Fracturing) 공법에 의한 천연가스 채취 등 신기술 개발과 함께 2030년 에너지 시장에서 미국의 입지는 꾸준히 향상될 것이다. 다만, 세계 자원경쟁의 심화는 미국을 비롯, 도처에서 많은 갈등을 초래할 것으로 보인다.

다극화한 경제경쟁은 지역시장, 협력계약, 동맹관계가 각각 증가하는 현상을 초래한다. 지역 무역블록과 경제동맹은 흔히 명시적 또는 묵시적 상호방위조약이 뒤따른다. 동맹관계와 협력계약의 변동은 미국의 외교적, 국가안보적 계산법을 복잡하게 만들 수 있다. 더 나아가 군사경쟁의 본질상 경쟁국들 역시 긴밀한 경제협력 또는 경제적 종속관계로 발전하는 상황이 올 수도 있다.

2030년 세계의 국방 현황 예상

본 연구는 세계 변화 추세가 미 안보에 미치는 영향을 아래의 네 가지로 집약했다.

1. 미국의 장기적 군사 우위가 기술 균등의 세계에서는 위협을 받을 수 있다.
2. 주요 제조업의 해외이전은 심각한 위협을 제기할 수 있다.
3. 적대 세력들이 틈새시장에서 능력우위를 보유할 수 있어, 군과 민간 양쪽 기반 구조가 모두 교란될 수 있다.
4. 미국은 미 직업군인이 보유한 자질로부터 얻을 수 있는 비교우위를 좀 더 활용해야 한다.




미국은 오랫동안 기술적 우위에 있는 장비와 시스템에 의존하여 적대 세력에 대항해 왔다. 적은 언제나 병력 수가 많은 적든 교전횟수가 많았다. 최근의 전투에서 적국의 군사력은 대부분 전진배치 전략을 사용했기 때문이다. 미국은 속도, 스텔스, 정밀도를 중심으로 한 핵심 능력 덕분에 신속히 제공권을 확보하고 적대 세력의 본국에 아무런 제한 없이 접근이 가능했다. 이렇게 획득한 접근의 자유는 전천후 상시 관측, 통신이 확보된 병력 네트워크 및 정밀무기와 결합하여 대규모 화력에서부터 정밀타격에 이르기까지 전쟁사에 그 유례가 없는 작전 수행 능력을 제공했다.

미래에는 기술적 능력이 발달하고 경제력도 강화된 적대 세력들이 그 동안 미국이 의존했던 원천기술의 일부 또는 전부에 대한 대응능력을 개발할 것으로 예상된다. 미국이 GPS, 인터넷 기반 네트워크 통신, 위성 정찰, 스텔스 항공기 등의 능력을 통해 확보했던 우위가 앞으로는 점차 약화될 뿐 아니라 아예 없어지는 경우도 속출할 것이다. 미국이 우위를 계속 유지하기 위해서는 군은 지난 20년간 미국이 의존했던 능력이 약화되거나 거부되더라도 계속해서 효력을 발휘할 수 있는 새로운 능력 또는 전술, 기법, 절차를 개발해야 한다.

주요 기술의 균등에서 오는 위협은 핵심 제조능력의 해외이동으로 인해 상황이 더욱 복잡해졌다. 기술이전 가속화와 더불어 구성품의 해외제조는 상용기술의 글로벌 외주도입과 함께 미국 핵심 방위체계용 공급망을 위협에 빠뜨린다. 정교한 적대 세력들이 구성품의 조립단계 이전에 이를 조작 또는 위협할 수 있는 가능성이 커지고 있다. 사이버 보안 위협의 증가는 특히 소프트웨어의 경우에 설계, 개발, 제조를 국내에서 완벽히 통제할 수 없어 이들 시스템의 안전을 더 이상 보장할 수 없게 되었다. 미국 방어체계의 무결점 보장은 시간이 갈수록 어려워질 전망이다.

국방부가 모든 관련 국방기술에 대해 더 이상 기술 우위를 보장할 수 없는 환경에서는 적대 세력들이 일부 틈새분야에서 미군보다 더 우위를 점할 수 있으며, 만약 이러한 상황이 발생한다면 그 대상으로는 사이버와 같은 영역이 될 확률이 높다. 사이버 세계는 일반적으로 진입장벽이 낮고 능력을 개발하는 데 막대한 재정자원이 소요되지 않기 때문이다. 이러한 위협은 군 또는 민간 기반구조를 교란함으로써, 군이 전투를 수행하거나 적대 세력을 피해가면서 목표를 달성하는 데 있어 심각한 어려움을 제기할 수 있다.

2030년 기술 균등이 이루어진 세계가 미국 장비와 체계의 상대적 능력우위에 영향을 미



칠 수 있지만, 본 연구는 미군의 전문성과 훈련 덕분에 계속해서 우위를 확보할 수 있다고 예상한다. 그래서 본 연구는 국방부가 육군, 해군, 공군, 해병대의 자질을 유지, 활용하기 위해 실시해야 할 투자부문을 파악하였다.

투자 포트폴리오 구성

앞서 언급한 세계 환경동향 변화와 함께, 국방부는 10년에 걸친 전쟁과 2008, 2009년 재정위기에 뒤이은 예산 제한을 고려해야 한다. 본 보고서에 나타난 권고안 중 상당수가 더 많은 자금 집행을 요하는 것으로 보일 수도 있겠으나, 본 연구에서는 앞으로 국방예산의 동결 또는 감축의 시대에는 종전의 사업을 폐지하고 신규사업을 벌이는 것보다는 이미 구축된 사업의 개조 또는 강화가 몇 배나 더 비용효율적인 것으로 조사되었다.

본 연구의 자료가 국방부 개발계획 일체를 철저하게 검토할 수 있을 정도로 충분치 않았거니와, 본 연구에서는 해지를 권고하는 사업을 강조하지도 않았다. 그보다는 우리가 열거한 구체적인 권고사항이 본 연구에 제시된 투자 포트폴리오 구조 내의 주요 사례들이라고 이해해야 한다. 본 연구에서는 예산동결 또는 감축 시기에 국방부 지도부가 우위를 유지할 수 있도록 형평성을 확보하려면 이러한 포트폴리오 구조가 필요할 것으로 믿는다.

본 연구는 2030년의 상황에 대한 평가를 근거로 하여 전략적 상황이 어떤 범위에 걸쳐 있는지, 또는 위협 시나리오가 어떠한 것인지를 고찰한 다음, 이 맥락에서부터 2030년에 요구되는 능력을 설명하였다. 이 같은 하향식 미래 전망 방법은 향후 투자가 요망되는 각각의 기술영역 선정에 필요한 요구조건을 의미하는 상향식 기술 평가와 연결시켰다. 여기서 상향식 기술 평가란 투자가 요망되는 각 기술영역의 선정에 필요한 요건이다. 본 연구는 권고안을 구체화하는 데 있어서 2030년 작전능력 지원을 위해서는 2020년대 초반까지는 기술이 성숙되어야 한다는 인식하에 현재의 방위사업을 확대하거나 또는 신 영역을 추구해야 한다고 판단되는 기술에 대해 중점적으로 다루었다. 이 과정에서 도출된 결과를 국방부의 종합적인 기술투자 목록으로 간주해서는 안 된다. 그보다는 현행 사업계획의 보완을 목적으로



하는 동시에 투자 우선순위가 높은 상위 4대 부문이라고 보는 것이 타당하다.

본 연구는 ‘균등화에 대처’, ‘비용부과 전략을 통한 우위 달성’, ‘군 효율강화를 통한 우위 달성’, ‘신기술의 기습공격에 대비’라는 4개 영역을 다루고 있다. 각 영역을 언급하면서 그에 맞는 투자 제안도 함께 곁들였다. 사람들이 주목하지 않는 몇 가지 관심영역을 강조했는데, 이 부문은 국방부가 느끼는 잠재적 중요도에 걸맞은 투자, 노력, 집중이 이루어지지 못한 영역이다. 이를 측정하는 데는 국방부 내·외부에서 현재 이루어지고 있는 관련 활동을 근거로 하였다. 국방부 지도부는 이 같은 권고안에 가장 적절하게 대응하여 결정을 내리도록 가용자원, 총괄전략, 계속 진행 중인 활동과 균형을 이루어야 할 것이다.

2030년의 우위를 확보하기 위해 본 연구는 2030년에 현실적으로 가용한 기술의 평가에 있어서 2020년까지 성숙화가 완료될 수 있는 연구에 대해서만 고찰했다. 물론 실제로는 연구, 개발, 배치라는 것이 모두 연속적인 일련의 과정이다. 따라서 2030년 및 그 이후의 세계를 진실하게 준비하려면 이러한 연구를 정기적으로 반복할 필요가 있다.

균등화에 대처

균등화에 대처한다는 접근방식은 구체적으로 2030년에 기술적으로 균등화된 세계에서 예상되는 도전에 대처하려는 의도이다. 최근의 전쟁에서 미국이 의존해 온 능력 중 상당부분이 앞으로는 정교해진 기술력과 강화된 경제력으로 무장한 적대 세력에게 취약점을 노출할 수도 있다. 이 부문의 투자는 미래 위협에 직면하여 핵심 작전능력의 강화, 또는 적대 세력의 향후 대응책을 사전 예상하여 이를 능가하는 신규 능력 달성을 위한 신기술, 기법의 개발에 초점을 맞추어야 한다. 균등화 대처를 위한 투자 포트폴리오를 구성하려면 적대 세력의 가용 기술을 예측하는 이슈 탐색(Horizon Scanning)¹⁾ 및 미국이 갖고 있는 능력을 격퇴 또는 무력화시키는 기술의 효과검증이라는 분석적 기초가 요구된다.

1) 미래 예측 방법 중 하나로 다양한 데이터 스캐닝을 통하여 잠재적 미래 이슈를 발굴하는 방법



비용부와 전략을 통한 우위 달성

지금까지 미국의 능력 우위 추구는 기술적으로 복잡한 고가 장비라는 결과로 이어졌다. 이로써 능력의 우위는 달성했지만 비용과 복잡성으로 인해 도입할 수 있는 체계의 수가 줄어들었다. 또 어떤 경우에는 적대 세력이 급조폭발물과 같은 저비용의 체계를 배치하여 최소의 노력으로 미 군사력과 전술 효과에 도전할 수 있었다. 이러한 기법은 비용이 적게 들기 때문에 저비용 체계를 대량으로 제작, 운용하고 또한 대량으로 손상되더라도 아무런 문제가 되지 않는다.

작전 유연성을 크게 확대하는 대량 도입 저가 시스템의 설계, 제작과 같은 접근법을 활용한다면, 적의 대응 비용보다 미국이 배치할 때 더 낮은 비용이 소요되는 능력을 개발할 수 있을 것이다. 따라서 미국은 이러한 비용우위를 미국의 이점으로 전환시킬 수 있다.

군 효율강화를 통한 우위 달성

본 연구는 국방부가 전문성이 뛰어난 미군의 효과를 강화하는 방식을 탐구함으로써 우위 달성 방안의 폭을 넓히길 추천한다. 미국이 지속적으로 확보할 것으로 예상되는 우위 중 하나가 지원군으로만 구성된 미국의 전문성 및 적응력이기 때문에, 병력 효과 강화를 위한 투자는 또 하나의 생산성 높은 우위달성 방안이다. 본 연구는 군 강화를 위한 세 가지 방안을 제안한다. 첫째, 각개병사가 소지하는 부하(負荷)를 줄일 수 있는 능력이 더 뛰어난 장비 개발, 둘째, 전투원의 회복력 및 성과 향상, 셋째, 교육 및 훈련의 개선이다.

신기술의 기습공격에 대비

본 연구는 신기술의 기습공격에 대비할 수 있는 몇 가지 방법을 추천한다. 그러기 위해서는 세계 기술개발을 감시할 수 있는 치밀한 이슈 검색과 더불어 미국의 능력과 전술에 대응하여 적대 세력이 사용할 가능성이 있는 신기술을 탐구하기 위한 적극적인 평가 팀 결성 및 실험에서 출발해야 한다. 이러한 맥락에서 빅데이터(Big Data) 및 신규 데이터 분석을



활용하는 것이 기습공격에 대한 대응능력을 키우고 주요 대량 파괴 무기 관련 신개발에 대응하는 방법으로 조사되었다.

또한 본 연구는 획기적인 신기술 개발에 대비하는 데서 얻는 이점에 대해서도 조사했다. 이 같은 분야 중에는 양자컴퓨팅(Quantum Computing)²⁾, 첨단 제조, 합성생물학 등이 있다. 아울러 본 연구는 실험과 관련 있는 모범사례에 대해 광범위한 검토를 수행하였으며, 이는 미국의 새로운 능력 개발 및 배치에 소요되는 시간을 절감하고 나아가 신기술의 기습 공격 잠재성을 경감시키는 데 결정적으로 중요한 도구라고 판단했다. 이 밖에도 각 기술의 검토 과정에 실험계획을 포함시켰다.

●○ 권고안 1

USD AT&L은 국방부 내 기술투자 포트폴리오 고려 시, 4대 신규 항목을 분류체계로 널리 사용해야 한다. 4대 항목은 '균등화에 대처', '비용부과 전략을 통한 우위 달성', '군 효율강화를 통한 우위 달성', '신기술의 기습공격에 대비'이다.

균등화에 대처하기 위한 R&D 투자 권고안

균등화 대처 투자와 관련하여 본 연구는 미 군사우위 유지를 위해 의존도가 가장 높은 능력에 초점을 맞추었다. 미국의 능력을 보전하기 위해서는 각 능력에 대해 잠재적 적대 세력의 위협에 대응하는 연구개발(R&D) 투자가 요망된다. 균등화 대처를 위한 3대 투자 항목으로는 우주 방위, 정밀 항법 및 시간, 사이버 보안을 들 수 있다.

2) 슈퍼컴퓨터가 몇백만 년이 되어도 풀지 못할 어려운 연산을 짧은 시간에 해낼 것으로 기대되는 슈퍼컴퓨터의 한 종류이다.



위성 보안

위성시스템은 감시, 통신, 항법, 시간 등의 능력을 통해 미국이 전천후 관측, 고도로 통합된 네트워크 작전, 정밀 무기 투하 분야를 주도하게 해 준 핵심적인 요소이다. 우주는 비단 군사부문뿐 아니라 타 부문에서도 미국에 중요한 가치를 부여하는데, 구체적으로 민간통신 기반구조의 핵심인 일기예보의 기반이 되는 것은 물론, 농업에서부터 수송, 오락에 이르기까지 각종 산업분야에서 공통적인 핵심 도구로 사용된다.

우주에 대한 접근 및 우주기술이 갈수록 저렴하고 광범위해지면서 많은 나라들이 우주시스템 요소의 기만, 교란, 거부, 저하, 파괴를 위한 체계와 기술의 도입에 나서고 있다. 그러므로 국방부는 기술 균등화 세계에서 미래의 우주기반 위협에 대응하기 위해 더 많은 주의를 기울여야 한다. 본 연구는 대부분의 우주개발 사업이 우주시스템 획득사업의 막대한 비용과 복잡성으로 인해 자체방어에는 미처 신경을 쓰지 못하고 있음을 발견했다.

●○ 권고안 2

국방부 획득, 기술 및 군수담당 차관과 미 국가정보국장은 기술기반의 우주안보사업을 추진한다. 이는 특정 획득사업, 고위 보고와는 선을 그어야 하며, 투자규모는 매년 2,500만~5,000만 달러 정도이다.

본 연구는 우주안보사업이 기존의 잠수함보안사업(Submarine Security Program)을 모델로 하여 구축되기를 희망한다. 즉, 특정 임무 환경 내의 위협을 조사하고, 물리법칙 내에서 가능한 것과 첨단기법으로 실현 가능한 것을 분석적으로 파악하며, 각종 위협의 검증 및 특성 규명을 위한 현장 시험의 수행, 그리고 적대 세력이 실현 가능한 위협의 대응책을 제안하는 것이다. 잠수함보안사업은 1970년대에 구축된 해군본부(OCNO) 주도 사업으로, 일상적인 획득사업과는 별개로 전담 부속 연구소를 지정하여 이 곳에서 수십 년에 걸쳐 자원을 투입하여 임무를 수행하였다.

위치, 항법, 시간 서비스용 저온원자 감지기술

GPS가 제공하는 우주기반 위치·항법·시간(PNT)의 절대적인 가치는 이미 널리 알려진 사실이다. GPS는 현행 군 작전능력의 핵심적인 요소일 뿐 아니라, 항공기와 휴대폰에 위치정보 제공 및 유비쿼터스(Ubiquitous) 환경에서 모든 통신, 컴퓨터 시스템에 대해 시간기준을 제공함으로써 거의 모든 경제 요소에 스며들어 있다.



본 연구는 신호 거부나 저하, 특히 재밍(Jamming) 또는 위장(Spoofing)에 의한 GPS 취약성 경감을 위해 국방부가 어떤 노력을 기울이는지 그 현황을 조사하였다. 본 연구는 국방부가 이 분야에 관한 한 상당한 관심을 기울이고 있으며 투자를 위해 다양한 대안을 검토 중임을 확인할 수 있었다. 따라서 GPS 강화전략에 적정 자원이 제공되도록 격려하는 것 외에는 별다른 권고안이 필요하지 않은 것으로 생각된다.

본 연구는 GPS 신호가 없는 상태, 또는 신호가 현격하게 저하된 상태에서 정밀 위치, 항법, 시간 서비스 제공을 위한 신기술인 극저온 원자를 이용한 감지 방식에 대해 심도 있는 평가를 실시했다. 본 연구는 시계, 자이로스코프, 가속도계, 자기계 및 관련 센서에 사용될 저온원자 기술의 실현 가능성이 입증되었으며 저온원자 계측기의 예상 정밀도는 기존에 나와 있는 다른 감지 방식에 비해 10배나 더 높다는 결론을 내렸다.

● 권고안 3

DARPA는 저전력, 소형, 저비용 구성품 기술성숙을 목표로 저온원자 부품에 투자를 확대하여 첨단 관성측정장치(IMU) 생산사업을 지원한다.

이 부문 투자를 기반으로 공군과 해군(각 군별 R&D 조직을 통해)은 60분 동안 20m의 정밀도를 독자적으로 유지 가능한 저비용, 고생산성 저온원자 관성측정장치의 개발 및 시연사업에 상호 협력할 것을 제언한다.

사이버공격에 대한 본원적 자기방어능력을 갖춘 네트워크

기술에 대한 접근속도가 갈수록 빨라지는 세계에서 사이버공격으로부터 군과 민간 기반 구조의 방어라는 과제는 이미 많은 기관에서 폭넓게 연구한 바 있다. 본 연구는 종전의 연구를 반복 또는 확대하기보다는 사이버 방어에 대한 새로운 접근법을 고찰하고자 노력했다. 따라서 범 세계적 해법보다는 적대 세력의 공격 성공이 매우 어렵도록 네트워크 기반구조의 핵심 부분을 보호하는 접근법에 초점을 맞추었다.

운 좋게도 이 단순한 접근법이 도시지역 수도, 동력시스템의 집중 원격감시 제어시스템(SCADA)³⁾을 상당수 방어할 수 있음을 알 수 있었다. 미국의 동력망은 국가시스템 중 가장

3) SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)시스템은 통신경로상의 이날로그 또는 디지털 신호를 사용하여 원격장치의 상태정보 데이터를 원격 소장치(Remote terminal Unit)로 수집, 수신, 기록, 표시하여 중앙제어시스템이 원격장치를 감시 및 제어하는 시스템



중요한 체계 중의 하나로, 군과 민간의 모든 업무에 빠지지 않고 이용된다. 사이버공격에 대한 자기 방어적 접근법은 방위 임무 지휘체계 및 항공교통관제시스템에도 적합할 것이다. 본 연구는 본원적 자기방어 방식을 놓고 레드팀(Red Team)을 통해 예비검토를 실시함으로써 본격적인 조사에 들어갈 수 있다고 결론을 내렸다.

●○ 권고안 4

USD(AT&L)는 DARPA 주도하에 사이버공격에 대한 본원적 자기방어능력을 갖춘 네트워크를 시연하는 목적으로 자기방어능력을 갖춘 사이버 보안 시범사업 2건을 추진하도록 DARPA에게 과업을 부여한다.

비용부과 전략을 통한 우위 달성 부문의 R&D 투자 권고안

본 연구는 능력우위 유지에 필요한 성능은 우수하지만 복잡하고 비용이 많이 드는 시스템 개발을 보완하기 위해, 국방부가 미국의 전력 배치 비용 대비 적대 세력이 이에 대응하는 비용이 더 많이 소요되는 능력을 개발함으로써 미국 우위의 비용균형에 변화를 주는 방법을 고려할 것을 권한다. 이 범주에 해당되는 투자 포트폴리오 개념 세 가지를 제시한다. 그 중 두 가지는 저비용 시스템의 설계, 개발을 강조하는 것으로, 비록 개별 장비에 비해서는 능력이 약간 떨어지더라도 대량으로 도입이 가능한 시스템이다. 세 번째 투자 개념은 미군의 작전 유연성을 대폭 키우는 동시에 적대 세력에게는 위협을 안겨 줌으로써 적의 방어비용을 상승시킬 수 있는 방법이다.



재래식 저비용 대륙간 무기의 효과

적의 능력이 점차 향상됨에 따라 최근까지 미국이 그들의 국토에 아무런 어려움 없이 구사할 수 있었던 접근성의 확보가 앞으로는 더 이상 어렵게 되었다. 국방부가 반접근 및 지역거부 능력에 관심을 갖는 것도 이 문제가 계기가 되었다. 원거리에서 적국 방공망으로 침투 가능한 기존 폭격기 및 미사일은 비용이 많이 들고 그 수에 제한이 있어 결정적인 전략적 결과를 달성하기 위해 유보할 수도 있다. 본 연구는 적 방어망을 압도하거나 또는 적의 큰 투자를 유발하는 능력을 대량 도입하는 방안을 추진함에 있어서 기존의 기술을 사용하여 저비용 장거리 원격 무기를 개발하는 것이 가능하다는 점을 고찰하였다.

본 연구는 현재의 기술로도 대당 200만 달러 미만으로 다음과 같은 성능을 보유한 장거리 재래식 무기를 충분히 개발할 수 있다고 결론을 내렸다.

- 사거리 5,500km(3,000해리), 비행시간 약 10시간
- 정확도 약 3m의 정밀공격 달성
- 폭발 세열 운동에너지무기 효과 및 관통능력
- 무정전(Uninterruptible) 상황인식 능력 유지
- 능력이 저하된 GPS 또는 전자전 환경에서도 작동 가능

상기 시스템의 비용 부과 효과를 위해 가장 중요한 것은 개발 과정에 단위사업 비용을 철저히 통제하는 것이다. 흔히 볼 수 있듯이 시스템에 요구사항을 추가하려는 경향, 이로 인해 복잡성과 비용이 상승하는 상황을 저지하기 위해서는 요건변경을 엄중히 단속하는 새로운 관리규율이 필수적인 성공요소이다.

●○ 권고안 5

USD(AT&L)는 1발당 단가가 200만 달러 미만인 저비용 재래식 무기개념을 평가, 설계, 개발한다. 이 무기는 정찰 및 공격임무를 지원하고, 최대 5,500km(3,000해리) 사거리 내에 있는 주요 무기, 센서, 시설 및 기반시설 표적을 타격할 수 있어야 한다.



장기운항, 자율적, 네트워크형 무인 잠수정

잠재적 적대 세력이 첨단 디젤전기 잠수함을 운용하는 등 연안방어 투자를 늘림에 따라 해상 환경에서도 반접근 지역거부의 도전이 거세진다. 이 같은 위협에 대한 미국의 기본적인 반격 능력은 비용면에서 10배나 비싼 플랫폼인 핵공격 잠수함이라는 점이다.

이 문제의 해결을 위해 본 연구는 장기운항, 저비용 무인 잠수정에 첨단 디젤전기 추진기술을 사용하면 가능성이 있을지를 평가했다. 이런 개념의 무인 잠수정은 척당 단가가 1,000만~2,000만 달러면 획득이 가능하므로 오늘날 유인 디젤전기 잠수함의 1척당 2억 달러에 비해 훨씬 저비용이다.

장기운항 저비용 무인 잠수정 체계의 일차적인 작전개념이 연안수역 및 지역해역 내에서 지속적으로 운용이 가능한 충분한 거리와 해저체류 능력을 갖춘 자율배치, 네트워크화된 잠수정 그룹을 구성하는 것이다. 이 체계는 적대 세력의 디젤전기 잠수함 및 센서 그리드(Sensor Grid), 해안기지 감시체계와 같은 수중 반접근 시스템의 능력을 저하시키거나 혼란, 압도할 수 있는 위장 및 음향 재밍 능력을 보유한다. 네트워크 작전은 여러 잠수정을 통합할 수 있는 잠재력이 있으므로 유인 잠수함 또한 무인 잠수정 함대가 제공하는 보호조치에 힘입어 더 복잡한 임무도 수행할 수 있을 것이다.

상기 개념의 관건은 비용 목표를 척당 단가 1,000만~2,000만 달러 선에서 유효한 작전 능력을 갖춘 시스템을 설계하는 것이다. 해군의 해양학자와 실험실에서 지도제작 및 측량용으로 개발한 저비용 무인 잠수정은 참고로 삼을 만한 좋은 기준자료이다. 저비용 재래식 무기와 마찬가지로 저비용 무인 잠수정 체계 또한 예산감축 환경에서 희망 기능을 달성할 수 있는 범위로 국한해야 할 것이다.

● 권고안 6

해군참모총장은 해군전투개발사령부(Naval Warfare Development Command)에 음향 위장, 재밍, 허위표적발생 능력을 갖춘 네트워크형 무인 잠수정 플랫폼을 개발하는 과업을 부여한다.

- 비용목표는 척당 1,000만~2,000만 달러를 권한다.
- 이 사업은 작전개념 연구를 위해 기존 무인 잠수정 플랫폼을 사용하여 실험해야 한다.
- 비용 타당성을 입증하기 위한 초도 시제품을 먼저 제작해야 한다.



첨단 수직 이착륙기

첨단 수직 이착륙기는 작전의 유연성을 대폭 개선시킨다면 적대 세력이 매우 광범위한 지역에서 또는 다양한 전술의 미군과 교전하도록 만들어 비용을 지출하도록 유도할 수 있다. 육군의 현행 헬기를 개조한다면 이 전략을 시행할 수 있는 좋은 기회가 될 것이다.

헬기는 공중기갑 무기체계와 수송지원임무를 통해 국가에 크게 공헌해 왔다. 하지만 헬기는 운항거리 제한, 낮은 속도, 저고도 작전한계로 말미암아 원거리 안전구역에 병력을 주둔시키지 못하고 전방 작전기지에 주둔시켜야 하므로 작전 운용의 폭이 제한되었다. 원격 주둔은 전방 군수지원의 부담을 줄이고 작전거리를 늘릴 수 있기 때문에 미군을 상대로 한 방어에 많은 비용이 들도록 유도할 수 있다.

본 연구는 첨단 로터 설계, 최적화된 기체 공기역학, 경량화 구조, 고효율 엔진과 같은 주요 구성품 기술의 최신 현황을 검토한 끝에 이들 기술은 성숙도가 매우 높아 X-PLANE 사업을 충분히 진행할 수 있다는 결론을 내렸다. 시제기 사업에서는 거리를 5배로 과감히 늘리고 속도 및 작전고도는 2.5배 향상시키는 것을 목표로 하는 것이 좋다.

● 권고안 7

DARPA는 수직이착륙 X-PLANE 사업을 첨단 수직이착륙 능력 획득의 출발점으로 활용한다. 이로써 획기적인 전술과 결합하여 작전 유연성을 대폭 향상시킬 수 있을 것이다.

군 효율강화를 통한 우위 달성 부문의 R&D 투자 권고안

지원군으로만 구성된 미 군사력의 전문성 및 능력 강화는 미국에 엄청난 우위를 가능하게 하는 중요한 요인이다. 본 연구는 육군, 해군, 공군 개별 병사의 효율성 강화를 위한 세 가지 방안을 제시했다. 첫째, 경량 장비 개발, 둘째, 전투원의 회복력 및 성과, 셋째, 교육 및 훈련이다. 각 항목별로 구체적인 권고안이 마련되어 있다.

병사 군장을 가볍게하는 방사성핵종(radionuclide) 배터리

현재 특수부대원 및 보병의 군장은 일상적으로 100lbs를 초과한다. 이 중 20~30lbs는 순수한 전원함과 배터리 무게이다. 장비 동력에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있으나 에너지 밀도의 측면에서 전기화학적 배터리($3\sim 5\text{kJ}/\text{cm}^3$) 및 화석연료($20\sim 35\text{kJ}/\text{cm}^3$)는 근본적으로 그 용량에 한계가 있어 이에 대처하기에는 부족하고 또한 현재의 에너지 기술로도 이를 획기적으로 개선하기가 어렵다.

이 방면에 대한 고찰을 꺼리는 경향이 있긴 하나, 방사성핵종(radionuclide)⁴⁾ 에너지원은 $100,000\text{kJ}/\text{cm}^3$ 단위의 에너지 밀도를 갖고 있으며 전원함 수명면에서도 획기적인 성능을 낼 수 있다. 더욱이 보병이 휴대하는 중량을 대폭 경감할 수 있으며 군수지원 요구가 간소화됨에 따라 비용도 절감된다. 전투원 장비의 전원으로 요구되는 것보다 방사성 물질을 적게 함유하긴 하지만 이 에너지원은 의료진단시스템 및 유도등과 같은 분야에서 오늘날 상업적으로 이용되고 있다.

본 연구는 원자력 전지 개발사업의 현황을 검토한 결과, 이 기술을 군사용으로 안전하게 쓸 수 있음을 확신했다. 원자력 전지는 야간투시장비와 같은 미래병사 장비가 전체 수명주기 동안 사용 가능한 에너지원이 내장될 수 있기 때문에 장비의 개념을 완전히 바꿔 놓을 획기적인 품목이다. 배터리 교체 시 발생하는 전원서지(power surge)의 보호 장치가 필요 없어 시스템 설계를 단순화시킬 수 있다. 배터리 운반 및 교체에서 해방되기 때문에 병사의 군장을 경감시키고 전지교체와 관련한 집중방해의 우려가 없으며, 배터리가 방전되는 문제에서 벗어날 수 있다.

●○ 권고안 8

USD(AT&L)는 DARPA에 지시하여 1~2개의 응용연구팀에 자금을 지원하여 가벼우면서 저렴하고, 안전하며, 휴대가 가능한 원자력 전지의 개발 및 시연을 수행한다.

- 원자력 전지는 3~5년 연속 사용이 가능하고 용량은 대략 5W정도가 되어야 한다.
- 기술개발과 병행하여 USD(AT&L)는 실무단을 소집하여 전환계획을 수립하고 원자력 전원을 수용할 수 있도록 정책, 규제 및 관련 쟁점에 대처해야 한다.

4) 방사능이 있는 동위원소를 방사성 동위원소라고 하며 이런 불안정한 원자핵을 가진 원자를 방사성핵종(Radionuclide)라고 한다.



전투원의 회복력과 성과

인간 생물학을 이해하고 화합물과 생물학적 유기체가 건강 및 성과에 미치는 영향을 파악하는 작업이 빠르게 진행 중이다. 그런데 이 분야의 새로운 지식 습득은 미 국립보건원 및 광범위한 학계 등 대부분이 국방부 외부에서 진행되고 있다. 연구결과는 고도의 스트레스 및 고 부담 환경에서 성과가 요구되는 병사의 회복력 및 효과성 개선에 유익하게 활용될 수 있다.

예를 들어, 우울증, 자살, 외상 후 스트레스 장애(PTSD), 외상성 뇌손상 발생 건수 증가를 해결하는 방법 중 하나로 오메가-3 지방산의 식이요법을 통해 최적의 뇌 집증을 도와주도록 만드는 접근법이 있다. 군 병력은 일반적으로 핵심 오메가-3 지방산이 최적이지 아닌 차선의 수준을 가지고 있기 때문에, 음식 또는 보조제가 스트레스 의존성, 외상성 뇌손상, 정신건강 장애에 미치는 영향을 정량화하기 위해서는 폭넓은 시도(intervention trial)가 필요하다.

본 연구는 한 기록을 통해 병사들이 별다른 감시를 받지 않거나 아예 아무런 감독 없이 건강 보조식품을 복용 중이며, 이런 관행이 어떤 결과를 가져오는지도 불명확하다는 걱정스러운 사실을 발견했다. 긍정적인 또 다른 기록에서는 비타민 D, 키톤 에스테르(Keytone Ester), 크레아틴(Creatine) 등과 같은 일부 보조제가 유효하다는 증거가 있었으나, 공식적으로 실제 국방 관련 환경에서 시험한 사례는 적었다.

● 권고안 9

연구 및 엔지니어링 국방부 차관(ASD(R&E))은 전투원 회복력 및 성과향상 목적의 기능식품, 의약품, 보조제 요법의 가치를 판단하기 위해 종합적인 연구, 정식 시험, 운용실험 사업에 대해 감독을 실시한다. 더 나아가 ASD (R&E)는 국방부 기초과학국 및 DARPA가 전투원의 신체 및 인지 성과의 활용과 확대를 목표로 인간중심의 기술체계에 중점을 둔 연구를 강화하도록 힘을 기울인다.

- 상기 과제를 수행하기 위해 ASD(R&E)는 미 국방부 전투원 성과최적화 건강과학 자문위원회 (Department of Defense Human Performance Optimization Health Science Advisory Committee)를 비롯한 국방부 외부의 관련 연방기관의 지식을 활용해야 한다.
- 아울러 USD(AT&L)는 기회 인식 능력을 향상시키고 이를 활용한 군의 차세대 훈련 능력의 창출을 목표로 국방부의 생명과학 분야 재능 개발을 위해 필요한 조치를 취할 필요가 있다.



산업용 시뮬레이션 및 교육에 사용되는 신기술을 활용한 효과적인 훈련은 부대와 전투원의 성과를 크게 향상시키는 동시에 군 부대가 교육, 훈련을 위해 국립훈련소로 이동할 필요를 대폭 줄여 경비도 절감할 수 있다.

대규모 교육, 훈련이 담당하는 역할이 상존하기 때문에 본 연구는 전투훈련센터가 아래에 열거한 성과 증진 기술을 개발할 수 있을 것으로 믿는다.

- 저 비용으로 반복
- 국가차원의 시험장으로 이동할 필요 없이 가급적 지역 내 시험장소를 활용
- 훈련 상황을 기록하기 위해 운용 자산의 계기장비를 사용
- 역동적인 시나리오를 보유한 전자 도서관(digital libraries)
- 실제기술 및 합성기술을 활용하는 능력
- 현실감 있는 환경에서 최적화된 훈련

●○ 권고안 10

ASD(R&E)는 군 부처와 협력하여 통합훈련환경을 이용한 실험 활동을 시행한다. 마찬가지로 각 군도 민간 업계에서 검증된 훈련기법을 군의 훈련과정에 채택할 수 있도록 관련 절차를 도입해야 한다.

신기술 기습공격 부문의 R&D 투자 추천안

투자 포트폴리오 중에서 이 부문은 ‘대량살상무기 위협의 양상변화’, 즉 잠재적 기습공격의 핵심내용에 초점을 맞추고 있다. 아울러 기술의 성숙시기가 2030년 이후가 될 것으로 예상되는 획기적인 기술에 대한 대응방안도 제시한다.



핵확산 방지

본 연구는 신기술을 검토하는 과정에서 핵무기, 생물 및 화학무기 등 모든 양상의 대량살상무기 위협을 상당히 바꿔놓을 잠재력이 있는 진전을 발견했다. 세계가 기술 균등화 추세에 있기 때문에 지금까지는 정교한 기술을 보유한 국가의 특권으로 인식되었던 대량살상무기 제조 장벽이 일반적으로 점차 낮아지고 있다. 오늘날 적대국들은 생물학, 화학무기뿐 아니라 핵 물질 생산 기술까지 사용하고 있다. 핵 제조기술도 이제는 많이 알려졌기 때문이다. 새로운 제조기법은 핵무기에 대한 우려와 함께 그간 사용되던 대량살상무기 생산개념을 통째로 바꾸어 놓을 수 있다.

대량살상무기가 전 세계에 확산됨에 따라, 이의 생산 및 선행 지표, 즉 지시와 경고를 탐지하는 문제는 갈수록 어려워진다. 대량살상무기가 탐지된다는 것은 관련 처리능력에 대한 우려가 나타날 수 있는데, 사전 탐지를 위해서는 수많은 이산적인 데이터에서 일정 패턴을 발견함으로써 정보를 추출하는 자료 분석 기술을 적용해야만 한다. 오늘날 빅데이터(Big data) 분석 분야의 연구노력 중 상당수가 상업적 활용을 위해 이루어지고 있기 때문에, 국방부는 이러한 방법들을 더욱 효과적으로 활용할 필요가 있다.

●○ 권고안 11

국방부와 국가핵안보국(National Nuclear Security Agency)은 핵확산 위험의 문제를 다루기 위해서는 첨단 기술을 적용해서 평가해야 한다.

- 이 평가의 결과를 기초로 USD(AT&L), 국방부 정책처관(USD Policy), 국가핵안보국(NNSA), 국무부 및 정보 커뮤니티는 변형된 형태에 의한 대량살상무기 생산의 징후 및 경고를 탐지할 수 있는 전략시스템에 관한 목표와 요건을 개발해야 한다.
- 상기 평가그룹이 개발한 목표와 요건을 사용하여 국방위협감축국(Defense Threat Reduction Agency)은 독자적인 관점에서 위협 평가를 실시할 공동협력팀을 주도해야 한다. 정부기관을 총망라해서 이 분야 전문가를 집결시키는 한편, 민간 부분에서도 정보 데이터베이스 접근과 관련한 빅데이터 분석 전문가들을 초빙해야 한다.



이슈 탐색과 위험 회피

본 연구는 2030년 내에 군 능력으로 이행할 항목 중에서 아직은 미숙한 기술을 몇 가지 확인했다. 이는 주로 국방부의 기존 사업과 효과적인 이슈 탐색 및 실체 평가 노력을 근거로 판단한 것이다. ASD(R&E)의 이슈 탐색 기능에는 학계, 업계를 포함한 국방부 외부 동맹국 국방 관련 기관의 활동까지 광범위하게 포함된다.

이슈 탐색은 현재로는 미숙한 상태이나 향후 예측기간 중에는 변화의 잠재력이 있는 기술을 파악하는 데 가장 유용한 접근법이다. ‘가능성’이 문제가 되는 것이 아니라, ‘언제’가 문제가 되는 경우에는 헤지(Hedge, 위험회피)전략을 추천한다. 재무 분야에서 ‘헤지’란 잠재적 손실을 줄이기 위한 투자이다. 기술에서 ‘헤지’는 신기술의 기습공격 잠재성을 경감시키기 위한 투자이다.

본 연구는 위험회피를 보장하는 분야로서, 적층가공(Additive Manufacturing), 합성생물학(Synthetic Biology), 양자컴퓨팅 등의 세 가지를 찾아냈다. 이들 기술연구에 동기를 부여하는 것은 군사적 용도 외에도 가치있는 글로벌 연구투자과 강력한 추진력이라는 공통되는 특징이 있다. 중점적인 투자를 권하는 것은 아니지만, 그렇다고 해서 이를 무시하여 획기적인 기술의 등장에 대비하지 않는다면 그것은 실수를 범하는 일이 될 것이다.

●○ 권고안 12

USD(AT&L)는 신기술의 지속적 탐색 및 새롭게 부상하는 방위문제의 평가 활동을 계속 지원해야 한다.

- 신기술이 국방부 공동 자금을 필요로 할 만큼 성숙되었는지 판단한다는 목표를 갖고, 업계 및 타 정부조직과 협력하여 확인된 신기술의 현황 및 구체적 마일스톤을 감시하는 사업이 필요하다.
- 국방부는 감시활동과 병행하여 추후 기술이 성숙되었을 때 능력우위를 창출하는 방법을 탐구하기 위해 개념의 적용에 관한 연구를 수행해야 한다.
- 충격 잠재력이 큰 기술을 확인했을 때 국방부 고위층에 확실히 경각심을 불러일으킬 수 있는 장치를 구축하고 이를 계속 유지해야 한다.



기습공격의 회피 및 기회창출을 위한 실험 활용

효과적인 실험은 신기술을 도입할 기회를 제공하고 미래 방어능력의 혁신을 촉진하는 요소이다. 본 연구팀은 이 같은 실험의 활용이야말로 민간 정보기술의 폭발적 성장시대인 1990년대 초 국방부 전략의 핵심이었음을 확인하였다. 이 접근방식의 저변에는 신기술을 탐구, 발견, 분석, 이해하려는 욕구와 신기술을 통해 군 능력 및 정책을 강화하려는 의지가 깔려 있었다. 그러나 시간이 흐르면서 국방부의 환경은 갈수록 위험 회피적으로 변모하여 실험은 각본에 의한 시연, 시험, 훈련으로 치우쳐 버렸다. 이제 국방부가 전쟁종식 및 예산 삭감이란 도전에 직면했기 때문에 본 연구는 지금 나와 있는 모범적인 실험 실무를 채택하여 실험을 활성화시킬 것을 추천한다.

● 권고안 13

USD(AT&L)는 튼튼한 실험프로그램을 활성화시켜야 한다. 신기술을 각 개발 마일스톤에서 시연하는 것에 그치지 말고, 실험프로그램을 통해 신기술 잠재력을 발견·분석할 수 있어야 한다. 이와 병행하여 국방획득업무 담당 고위관리는 훈련 및 시뮬레이션 기반 실험영역에 있는 도구와 기반시설 공유를 활성화시킬 수 있는 프로세스를 개발해야 한다.

제 1 장

서 론

- 2030년의 세계
- 2030년 전략환경 및 상황 평가
- 투자원칙
- 본 보고서의 권고안

2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략



Ⅰ 제1장 서론

2012년 3월, 미 국방부 획득, 기술 및 군수담당 차관(USD AT&L)은 당 국방과학위원회에 ‘2030년까지 개발 또는 배치를 목표로 차세대 군사능력 우위를 실현시킬 신기술에 대한 연구’를 수행해 줄 것을 요청했다.

본 연구의 결과는 다음의 세 가지로 설명될 수 있다. 첫째, 2014~2020년 기간에 걸쳐 응용기술 및 기술시연 분야에서 국방부의 연구 개발 투자를 안내하기 위한 권고안이다. 둘째, 본 위원회가 파악한 기술에 대한 실제 적용 및 능력의 사례 제시이다. 셋째, 일부 엄선된 유망기술에 대한 실험 또는 개념 입증이다. 실험은 작전능력 강화를 목표로 기존 시스템에 대한 블록 업그레이드(Block Upgrade)를 통해 혁신을 활성화하고 신규진출 기회를 제공하며 신개발 시스템과 작전개념을 달성하는 진입로가 된다.

상기 책임을 완수하기 위해 본 위원회는 과학, 기술 분야 국가 지도자로 구성된 연구회를 결성했다. 본 연구는 2030년의 우위를 향한 주요 투자부문을 확인하는 데 중점을 두고 수개월에 걸쳐 국방부에 요구되는 능력, 세계적인 기술, 실험설계 원리를 탐구했다.

2030년의 세계

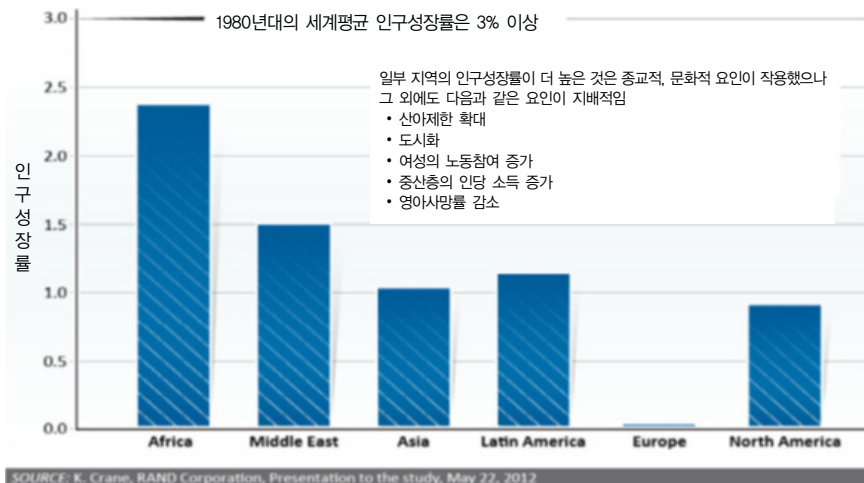
2030년의 군사우위를 가능하게 해 줄 기술과 혁신을 알아보기 위해 본 연구는 2030년 시점의 세계를 예측하도록 많은 노력을 기울였다. 이를 위해 현재부터 2030년에 이르는 글로벌 동향에 대한 조사를 실시했다. 예상되는 가장 두드러진 추세로는 인구, 가용 자원, 경제적 리더십, 기술개발 분야의 커다란 변화이다. 미래를 예측한다는 것은 매우 어려운 과제인 동시에, 갈수록 불확실성이 커지는 시대에는 그 중요성도 더욱 커진다 하겠다.¹⁾

인구 동향

2010년에 출생한 사람은 2030년에 20세에 이른다는데가 가장 근원적인 인구통계학적 사실이다. 그 외의 전망 및 암시는 더 복잡한 문제로서 시간이 경과함에 따라 바뀔 수 있다.²⁾ 현재 세계인구는 약 70억 명이며, 2030년까지 83억 명에 달할 것으로 추정된다.³⁾ 이 성장률은 전 세계에 걸쳐 연령, 부의 정도, 지역에 따라 상당히 다르게 나타날 것이다.⁴⁾ 그림 1에서 보는 바와 같이 전반적으로 유럽은 성장세가 둔화되거나 줄어드는데 비해 아프리카, 중동은 급격히 증가하는 추세이다.

또한 이 같은 변화가 세계적인 중산층 증가로 이어져 식량, 식수, 에너지와 같은 자원의 수요 증가를 가져올 것으로 예견된다.⁵⁾ 그림 2에 나타난 것처럼, 많은 국가에서 전통적인 두뇌 유출을 방어 또는 권장하기 위해 만든 이민법은 이런 쟁점을 총괄적으로 관리하는 동시에 일종의 마찰요인으로도 작용하게 될 것이다.⁶⁾⁷⁾

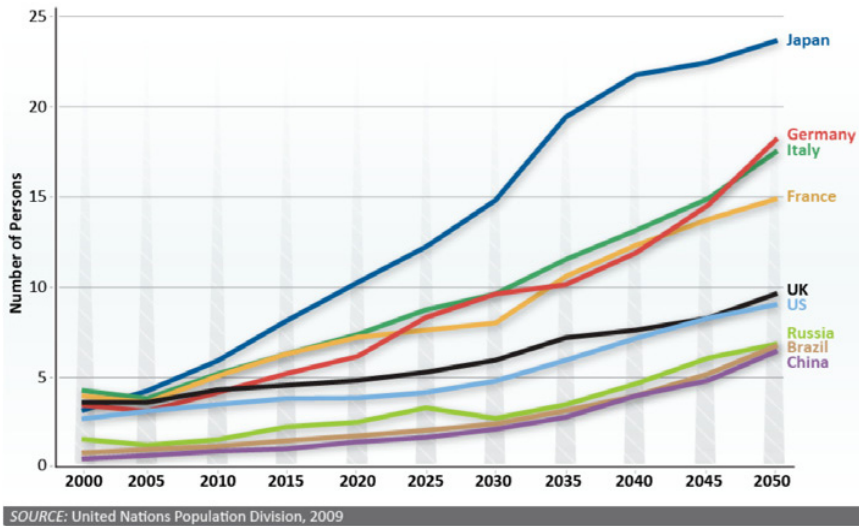
그림 1 2012년의 세계인구 변화



- 1) P.E. Tetlock, Expert Political Judgement: How good is it? How can we know? (Princeton대학교 출판부, 2005)
- 2) R.J. Danzig, Driving in the Dark: Ten propositions about prediction and national security (Center for a New American Security, 2011)
- 3) World Bank Data Catalog, Total Population (2012)
- 4) U.S. National Intelligence Council, Global Trends 2030: Alternative Worlds (2012)
- 5) D. Rodhe, The Swelling Middle, (Davos 2012, Reuters)
- 6) GE Data Visualization, Our Aging World
- 7) RAND Corporation, The Fall and Rise of Working Age Population, How Demographics Will Change the World Through 2050 (2012)

노동연령의 인구가 줄어들면서 노령인구의 비율이 전례 없이 늘어날 것으로 보인다. 노년층의 증가는 인류 역사상 처음 접하는 새로운 현상이며 지금까지 인구를 설명할 때 사용되던 인구 피라미드를 역전시켰다.

그림 2 근로 연령 성인 100명 당 85세 이상 인구



노령인구가 건강보험에 미치는 어려움과 더불어, 근로인구의 변화는 경제 복지에까지 영향을 미칠 수 있다. 경제성장률이 떨어지는 선진국의 경우 외국인 근로자 유입 확대와 같은 국가적 분열을 초래할 우려가 있는 해법을 채택해야 할지도 모른다. 전 세계적으로 모바일로 무장한 숙련된 인력의 기회가 확대됨에 따라 각국은 정치, 사회, 문화 등 각 체제에서 도전에 직면할 것이다. 언어 및 문화적 장벽이 대규모 이민자 사회의 통합을 어렵게 할 경우에는 사회적 결속력이 붕괴됨에 따라 내부갈등이 노출될 것이다. 예를 들어, 이민인구가 자신의 출생국가와 연루된 부분까지 보호를 요구할 경우 대외적인 갈등으로 비화될 수 있다.

이민 현상은 종종 도시화가 뒤따르기 마련이다.⁸⁾ 도시화는 자원 배분을 악화시킨다. 무엇보다도 인구증가가 자원부족으로 이어지기 때문이다.

8) United Nations, World Urbanization Prospects (2009)

자원 가용도와 기후변화

자원에 대한 압력은 청정 식수, 값싼 식량, 실효성 있는 에너지원의 가용성 문제로 확대된다.⁹⁾ 이 중에서도 물이 가장 큰 스트레스 요인이 될 것으로 보인다. 국가정보당국은 전 세계 연간 물 수요가 현재 지속 가능한 물 공급량보다 40% 더 많은 수준에 이르며, OECD는 2030년에 이르면 세계인구의 약 절반은 심각한 물 기근에 시달릴 것으로 예측하고 있다.¹⁰⁾

물 경쟁은 식량생산에 영향을 미칠 전망이다. 식량생산 중심이 이동함에 따라 가격에도 여파가 미칠 것이다. 인구증가 및 도시화 가속에 따라 필요한 곳에 식량을 분배하는데 드는 에너지가 더 많이 요구되고 비용도 따라서 상승한다. 경제복지가 향상되면서 식단이 바뀌고, 이는 농업생산의 우선순위를 변화시킨다. 특히 육류제품에 대한 수요가 증가한다.

끝으로, 인구가 선진국 수준으로 상승하는 비율이 늘어남에 따라 에너지 수요가 45% 이상 대폭 증가할 전망이다. 에너지 자원의 발굴과 분배 또한 계속해서 활발하게 진행될 것이다. 미국에서 수압파쇄 공법으로 천연가스 생산량이 비약적으로 증가했는데, 이는 2009년까지만 해도 전혀 예측하지 못한 일이었다. 사실 당시만 해도 에너지 전망이 매우 불투명했다. 에너지원이 풍부하다는 것은 미국 경제에 활력을 불러 일으키나, 최신 에너지의 자본화는 생산된 재화를 상대적 에너지 가격우위의 결과물로 분배하는 능력에 달려 있다. 농업, 에너지, 제조업 생산 제품을 판매하려면 글로벌 코먼(Global Common)에 손쉽게 접근할 능력이 있어야 가능하며, 미국이 비교우위를 위해 노력하는 과정에서 전 세계 분배 매커니즘을 미국의 적대 세력이 표적으로 삼을 태세가 완비되어 있다.

9) Transatlantic Academy, The Global Resource Nexus—The Struggles for Land, Energy, Water, and Minerals (2012)

10) Food and Agriculture Organization of the United Nations, The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems at Risk (2011)

경제적 리더십

중국과 인도 두 경제 대국은 글로벌 리더십을 놓고 경쟁을 벌이는 와중에서도 서방에 대해 세계경제의 성공과 안정을 위해서는 돈독한 지역적 협력관계를 포용할 것을 요구하고 있어, 세계의 경제동향은 다극화된 경제환경으로 움직이고 있다.¹¹⁾ 제조능력의 역외 운용은 임금구조와 세율면에서 유리하고 환경규제 및 집행이 느슨하며 가용자원이 유리한 민자유치에서 비롯된다. 이 같은 변화는 제조시설의 손실로 인한 삶의 질 저하를 유발하며, 더 나아가 설계 및 시험 능력의 해외이전과 같은 저변기술의 상실로까지 악화된다. 최근의 재정, 정치, 경제위기는 현행 국방기술의 근간을 이루는 혁신시스템의 지속가능성에 관하여 심각한 불안정을 유발시킨 바 있다.

글로벌 기술개발

전 세계가 정보, 교육, 재료, 도구, 제조능력에 폭넓게 접근이 가능함에 따라 기술의 발견 및 개발 속도는 더욱 가속화되었다.¹²⁾ 이제 기술동향은 틈새기술 해법 제시라는 측면에서 비전통적인 주체들이 이를 활용하고 심지어 주도적인 역할을 담당하는 단계에 와 있다. 개인과 소규모 그룹들도 크라우드 소스(Crowd Source), 원격 전문 기술(Remote Expertise)에 손쉽게 접근하여 지방의 소규모 제조시설을 이용한 경비절감을 달성하고 글로벌 시장 접근성이 용이해지면서 이들도 지역 또는 세계적 문제에 대해 새로운 솔루션을 제시하고자 노력 중이다. 이 같은 추세로 인해 에너지 절약과 생산, 수질정화, 담수화, 농업생산에 있어서 좀 더 비용이 낮은 효과적 접근방식을 동원함으로써 날로 심화되는 자원압박 문제를 어느 정도 완화시킬 수 있을 것이다.

글로벌 기술개발의 효과는 심지어 이러한 지식이 무기 생산 및 군사능력 개발에 사용될 수도 있기 때문에 예전에는 기술적 도전상대로 여기지 않던 국가, 조직, 개인으로부터 예기치 못한 새로운 위협을 당할 수 있다. 역사적으로 기술은 군사능력 발전에

11) A Subramanian, Eclipse: Living in the Shadows of China's Economic Dominance (Peterson Institute for International Economics, 2011)

12) Envisioning Technology, Envisioning Emerging Technology for 2012 and Beyond (2012)

공헌해 왔다. 즉, 총은 활을 이겼고, 미사일은 대포를 물리쳤으며, 위성통신은 구전효과를 압도했다. 하지만 정교하고 복잡한 기술을 빚어내는 데는 그 비용도 만만치 않다. 그뿐만 아니라 장기적 군수지원, 고가의 플랫폼, 장비를 요하는 군사적 행동은 적이 악용 할 수 있는 취약점을 노출했는데, 이라크와 아프가니스탄에서 기술적으로 정교하지 못한 적대 세력이 비용 및 기술투자 대비 훨씬 큰 피해를 우군에게 안겨줬던 급조폭발물(IED)은 그 좋은 예라 하겠다. 2030년이면 기술개발의 확산 및 상호연결성이 더욱 확대되기 때문에, 이와 유사한 비대칭 전력에 의한 파괴력이 전 세계적 범위로 확산될 가능성이 크다.

2030년에 이르러 단독으로, 또는 신규 연구영역의 확립을 통해 교란 잠재력이 클 것으로 예상되는 신기술 분야는 다음과 같다. 첫째, 데이터의 대용량 저장, 조작 및 분석, 그리고 이와 더불어 상당 수준의 사이버 능력 및 취약성의 변동, 둘째, 양자 정보 과학, 셋째, 생명과학, 넷째, 동력 및 에너지 부문의 연구이다. 예를 들어, 갈수록 데이터 이용이 쉬워지고 이에 대한 접근, 관리, 분석 능력이 발전하여 안정기의 예측 모델 및 효과적 개입 가능성이 커지면서, 개인과 단체의 행동을 감시하는 능력이 발달하게 될 것이다.

국방예산 감축이라는 제약적 상황에서 오늘날의 과제는 적대 세력의 동료 및 그 반대 세력 모두에 대해 유의하며 획기적인 우위를 확보할 수 있는 기술에 투자하는 것이다. 그러한 투자를 평가하는 데 있어서 미국은 물론 전 세계에서 진행되는 현재 및 장래의 군사적 열세, 향후 분쟁 및 세계적 스트레스 요인, 광범위한 주제에서 새로 떠오르는 연구개발, 예상되는 비군사적 부문의 상용기술의 발전 등을 모두 고려해야 한다.

2030년 전략환경 및 상황 평가

2030년에 예상되는 위협환경 중에서 단 한 가지 확실한 것은, 위협이 불확실하고 역동적이며 종래의 억제 및 우위전략에 많은 어려움을 가져다준다는 점이다. 이러한 추세에 대응하다 보면 필연적으로 글로벌 코먼(Global Common)이라는 복잡한 갈등으로 확대

될 것이다. 다시 말해, 단독 소유가 아닌 공동의 자산의 다툼이 대기, 바다, 육지에서 한 걸음 나아가 우주, 심해, 특히 사이버공간이라는 새로운 공동영역으로 이동할 것이다.

미국의 세계적 위상에 전개되는 양상

향후 20년간 세계 추세는 미국에 있어 온갖 상황이 복합적으로 전개될 것이다. 인구통계학적 어려움이 존재하긴 하나, 전 세계적으로 예측되는 수준에 비해서는 그리 심각하지 않을 것으로 보인다. 왜냐하면 미국은 노령인구와 청년인구 둘 다 팽창하는 국면에 있기 때문이다. 미국은 이민인구에 의한 화려한 문화사를 보유한 나라로서, 많은 사람들이 인구노령화의 영향을 최소화하고 혁신을 촉진시키는 데는 이민이 큰 기여를 한다고 인식하고 있다. 천연자원의 가용성 또한 계속해서 양호한 수준을 유지할 것이다. 천연가스 생산 붐이 일어나고 있어 에너지 자급자족에 도움이 될 것으로 전망된다. 그리고 청정 식수 및 농업생산은 비교적 강세를 나타낼 것으로 짐작되나, 예기치 못한 자연재해 또는 심각한 관리부실로 인하여 기회가 사라질 수도 있다.

기술동향 역시 전망이 엇갈린다. 특히 출원건수, 연구개발투자, 노벨상 수상자 수 등의 여러 지표를 통해 미국의 과학기술 투자는 상당한 결실을 거두었다. 이러한 성공은 전 세계 다른 국가들이 미국의 모델을 모방하고, 중국, 인도를 비롯한 많은 나라가 과학기술에 대한 자원 투입량을 늘리고 힘을 쏟는 계기가 되었다. 장기적으로 이는 미국의 위상에 영향을 미칠 수도 있다. 현재의 과학, 기술, 엔지니어링, 수학교육, R&D 자금지원 추세는 미국을 비롯한 글로벌 경제구조의 판도를 바꿔 놓을 수 있다.¹³⁾¹⁴⁾

세계가 정보, 지식, 자본, 재료, 제조공정에 보다 쉽게 접근할 수 있게 됨에 따라 미국이 개발해 놓은 기술은 이제 더 이상 전 세계 다른 나라에서 사실상의 표준으로 인정받을 수 없을 뿐더러, 미국은 타국가가 개발한 첨단 기술에 접근할 수 있다고 예단하기 어려운 상황이 되었다. 이러한 추세가 군사우위에 미치는 영향은 명백하다. 즉, 미국의 적대 세력들이라고 해서 기술적으로 정교하지 못하다고 치부할 수 없게 된 것이다. 2030

13) Battelle, 2012 Global R&D Funding Forecast (2011)

14) National Bureau of Statistics of China, 2011 National Science and Technology Funding (2012)

년이면 모든 국가가 컴퓨팅 및 프로세싱, 통신시스템, 위성영상, 항법지원, 센서시스템, 바이오 기술, 제약, 기타 기술 도구와 같은 광범위한 능력에서 기반기술을 도입할 수 있는 능력과 접근성의 확보가 가능할 것이다.

2030년의 전략적 상황

본 연구는 미국이 향후 20년간 직면할 수 있는 전략적 상황(Strategic Context) 또는 위협 시나리오(Threat Scenario)의 범위를 고찰하기 위하여 2030년 글로벌 환경 평가(Assessment of the Global Environment in 2030)를 사용하였다. 이어서 2030년에 요구되는 능력을 알아보기 위해 이들 가상 시나리오를 주요 특성에 따라 열거했다. 그런 다음, 우리가 원하는 획기적 능력을 정해서 여러 분야 전문가로부터 현황을 조사한 후, 그 같은 기술 구현에 필요한 능력들을 모아 하나의 완성도로 그려냈다. 그것이 2030년 우위 확보에 요구되는 구체적인 능력 및 기술에 관한 목록이다.

표 1 전략적 상황 및 희망 능력

2030 전략적 상황	희망 전략 능력
<ul style="list-style-type: none"> • 국토방어 • 민족국가 수준의 동료 군사경쟁국들 또는 군사경쟁국과 가까운 동료국가 • 지역적 적대 세력들 • 안보 협력국가 및 동맹국 • 주권정부로서의 책임을 상실한 국가 또는 상실 중인 국가 • 비국가적 위협 • 초국가적 조직범죄 • 초국가적 기업 • 코먼(Common)에 대한 우호적 접근 • 개인적으로 활동하는 세력 • 인도적 지원 및 재난구호 	<ul style="list-style-type: none"> • 우주 자산 방어 능력, 또는 기존 우주 능력을 사용하지 않고 작전할 수 있는 능력 • 사이버공격에 대비한 본원적 자기방어 시스템 • 육·해·공에서 치명적 능력과 생존성이 높은 소규모 병력을 전력화하는 능력 • 전 세계 다중영역의 상황인식 • 저비용 능력의 신속한 채택 및 생산 • 대량살상무기의 치밀한 추적 및 방어 • 우수한 성능의 자율시스템 • 병사 적응 성과의 향상 • 첨단 제조능력

2030년의 전략적 상황 및 희망 능력은 표 1에 요약되었고 명세는 부록 A에 기술되어 있다. 이들 사례를 보면, 복잡한 2030년 가상 시나리오마다 광범위한 잠재위협이 뒤따르

는 것을 알 수 있다. 새로 부상하는 그 같은 위협에 국방부가 신속하고 비용 대비 효율적으로 대응하기 위해서는 새로운 능력을 찾아내야 한다. 새로운 능력을 확보하려면 신기술의 개발, 개방형 아키텍처의 형성, 기존 능력의 블록 업그레이드 시행 등의 방안을 활용해야 한다.

신기술

본 연구는 많은 신기술을 광범위하게 평가했다. 일차적인 목표는 향후 20년 내에 성숙될 기술개발을 평가하고, 이 중 어느 것이 유용한 군사능력에 핵심영향을 미칠 것인지 판단하였고, 국방부가 이를 성숙시키기 위해 취해야 할 구체적인 행동을 권고하는 형식으로 구성했다. 그렇다고 해서 철저한 과정을 엄격히 지켜서 관측을 실시한 것은 아니다. 그보다는 국방과학기술 분야에 깊이 있고 포괄적인 경험을 겸비하고 국가안보에 변함없는 관심을 공유한 그룹 간의 논의를 통해 도출한 것이다. 본 연구의 의도는 종합적인 계획을 제시하고자 한 것이 아니므로 이 같은 검토 절차의 한계 내에서 평가되어야 할 것이다.

상기 연구의 과정에서 처음에 고려한 수많은 기술을 차별화시키고자 아래 세 가지 기준에 관심을 집중시켰다.

1. 국방부 임무와의 연관성
2. 임무 진행일정에 큰 영향을 미치는 요인
3. 현재 국방부의 관심 또는 예산에서 주목받지 못하는 분야

기준 1과 2의 원칙은 모든 첨단기술이 나름 호소력을 갖고 있지만 국방부는 부처 핵심 임무의 차별화를 가져다 줄 기술에 집중할 필요가 있다는 인식이 반영되어 있다. 이것은 은연 중에 우리의 머릿속에 자리 잡고 있는 관점이 반영된 것이다. 기준 3은 국방부가 이미 주요업무로 지원 중인 분야를 우리가 또 다시 권하지 않게 하려는 의도로 제시한 것이다. 또한 오늘날 상당부분의 세계적 기술진보가 국방부의 주도적인 통제나 자금지원 없이 달성되었다는 인식도 깔려 있다. 분명하게 밝힐 수 있는 것은, 국방부 자체투자

의 효율성을 제고하고 보완하기 위해서는 세계적인 기술투자의 열매를 수확하는 일을 국방부가 더욱 주도적으로 수행해야 한다는 것이다.

요약해서 말하자면, 본 연구가 논의하는 바는 일차적으로 적대 세력 및 민간 기술투자의 두 영역 모두에 걸쳐 국방부에 대한 기술적 기습공격을 약화시키는 것이고, 한편으로 가장 중요한 사안에 자원을 집중한다는 원칙을 지키고자 노력하였다.

표 2는 앞서 논의한 세 가지 기준을 참고하여 몇 가지 기술영역을 요약 정리하였다. 본 연구가 진행되는 과정에서 판단에 따라 일부 기술에 대해서는 더 많은 조사를 실시하였다. 그 결과, 현행 사업들이 적절하게 다른 사업을 포함하고 있다는 결론을 내린 반면, 일부의 경우에는 현재의 기술 현황이 너무 불확실하여 이번에 강력한 투자추천을 할 수가 없었다. 2030년 이후에 결실을 볼 것으로 예상되는 기술에 대한 요약은 부록 B에 언급하였다. 이들 영역에 대한 심도 있는 연구는 국방부 통제범위 밖에서 수행될 것이라는 예상 때문에 2030년 이후 기술의 성공 가능성이 불확실하다는 심증이 더 굳어졌다. 그 같은 경우에는 애써 자원투입을 하지 않고도 국방부의 이익을 보호할 수 있는 위험회피 전략을 추천한다.

표 2 본 연구에서 검토한 신기술의 사례

기술	개량 능력	국방부와의 관련성	혁신성	관심 소홀 여부	연구 방법
전투원 회복력 및 성과	인간 회복력 및 성과	예	예	예	조사
초정밀 항법 및 시간	우주 능력	예	예	예	조사
소형 고에너지 밀도, 장수명 저전압 동력	치명적 능력, 생존성이 높은 소규모 병력(육·해·공군)	예	예	예	조사
빅데이터 분석	대량살상무기의 굳건한 추적 및 방어	예	예	예	조사
센서	전 세계 다중영역의 상황인식	예	예	아니오	취급
합성생물학	저비용 능력의 신속한 채택 및 생산	예	예	아니오	위험회피
첨단 제조능력	신속한 채택, 군수지원 경감	예	예	아니오	위험회피
양자컴퓨팅	사이버공격에 대비한 본원적 자기방어시스템	예	예	아니오	위험회피

투자원칙

이 같은 노력의 결과, 새롭게 부상하는 체계 중에서 미국이 필요로 하는 주제 네 가지를 도출했다.

1. 세계적 균등화에 대처
2. 비용부과 전략을 통한 우위 달성
3. 군 효율강화를 통한 우위 달성
4. 신기술의 기습공격에 대비

이들 4대 주제는 향후 글로벌 기술 가용성 및 국방예산 제한을 주요 특징으로 하는 2030년 시점에 군사우위를 달성하기 위한 투자전략의 근간을 이룬다. 이로써 현재 주로 사용되고 있는 고비용의 기술능력 및 정교함에 초점을 맞추는 투자방식을 보완할 수 있을 것이다.

균등화에 대처

장기간 유지되어 오던 미국의 군사우위는 기술 균등화 세계의 도래와 함께 위협에 직면했다. 적대 세력들이 일부 틈새기술에서 미국과 대등한 기술능력을 이미 보유 중이거나 조만간 보유할 것이라는 증거가 많이 있다. 기술 균등화가 반드시 미국이 군사적으로 경쟁이 불가능함을 의미하지는 않으나, 그보다는 분쟁에 참여하는 비용이 훨씬 높아진다는 뜻이다. 본 연구는 적대 세력에게 균등화를 허용하는 대신 미국이 경쟁우위를 유지하는 분야에 투자를 결정해야 한다는 결론을 내렸다. 그 같은 투자 전략의 실례로서 세 가지 핵심능력을 찾아냈는데, 첫째, 위성보안, 둘째, 위치·항법·시간 서비스용 저온원자 센서, 셋째, 사이버공격에 대한 본원적 자기방어능력을 갖춘 네트워크이다.

우주탐사는 접근거부 지역의 감지, 통신, 항법 등 분야에서 미국의 국가안보를 위한 경쟁우위를 가져다주었다. 아울러 상용시장도 대폭 팽창하는 계기가 되었다. 이러한 결

과가 나오기까지는 우주를 전세계 공동영역의 일부로 취급한 것이 커다란 기여를 했다. 아울러 전략적 임무를 명확하게 지정함으로써 최종 행동지침이 되어 준 것도 한몫했다. 예를 들어, 구소련이 미국에 가한 조기경보위성에 대한 공격은 분명한 전략적 공격으로 간주되었다. 미국 국가자산을 전술임무 지원에 사용하는 빈도가 높아지고 우주 능력을 보유한 국가가 늘어남에 따라, 전략과 전술, 지역과 글로벌의 경계가 모호해졌으며, 2030년 시점의 우주능력에 대한 자유로운 접근에 대해 의문이 들게 만든다.

미국이 사이버공간 개척을 위해 네트워크 상용화에 의존하는 점에 대해서는 많은 기록이 나와 있으며, 사이버공간의 상실은 미국의 능력에 중대한 손실이 될 것이다. 사이버 능력을 보유할 경우 가치로 따질 수 없을 정도의 상황인식, 신속한 의사결정, 효과적인 전력 적용이 가능해진다.

우주기반 GPS는 정밀위치, 항법, 시간을 제공하며, 전천후 정밀무기를 비롯하여 미 군사력에 많은 이점을 안겨준다. 정밀 시간 및 위치에 접근이 가능할 때 다양한 군 작전에서 핵심적인 요소를 확보할 수 있다.

비용부과 전략을 통한 우위 달성

미국의 우위 달성을 위해 미국과 적대 세력 간의 상대우위를 조정하는 데는 여러 가지 방법이 있다. 그 중 하나는 적대 세력의 자원이 향상되지 못하도록 비용부과 전략을 통하여 그들의 자원을 다른 곳으로 돌리는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이 작전이 통하려면 미 군사력은 적대 세력이 동등하거나 더 높은 비용의 능력으로 대응하도록 그에 걸맞은 충분한 물량과 능력을 투입해야 한다. 간단히 말해, 물량은 그 자체가 하나의 품질이다. 특히 물량에 추가하여 작전 유연성이 강화되었을 때는 품질이 더 높아진다. 저비용으로 대량생산이 가능한 반면 적대 세력이 이에 대응하려면 많은 비용이 드는 설계, 제조, 통제, 작전 등 기술진보의 우위를 활용할 수 있는 집중적인 투자가 요망된다.

군 효율강화를 통한 우위 달성

세 번째 방법은 미군의 효율강화를 통한 우위 달성이다. 지원군으로만 구성된 미군의 자질은 적절한 기술투자가 가미된다면 상당한 이점이며, 아울러 계속해서 유지가 가능한 자산이다. 최대 30lbs에 달하는 배터리는 오늘날의 보병에게 큰 부담으로 다가오며, 지구력과 회복력에 매우 부정적인 영향을 미친다. 따라서 배터리 용량에 손실이 없으면서 병사의 군장무게를 획기적으로 줄이는 장치가 있다면 이는 매우 엄청난 이점으로 작용할 것이다. 또한 요즘 전장에 투입되는 병사 개인의 회복력 및 성과는 지급받는 영양 및 보조식품에 많은 영향을 받는다. 이 분야의 연구에 의하면, 인지능력과 신체적 성과 모두 향상시킬 수 있는 간편한 물질이 있다고 한다. 인간과 기계 간의 인터페이스 성능을 개선하는 전투원 중심의 시스템 기술은 많은 이점이 있다고 확인된 영역이다.

미 군사력이 오늘날과 같은 효율성을 달성하는 데는 엄격하고 실질적인 훈련에 따른 미군의 전문성과 능력이 크게 기여했다. 다만 현재의 훈련은 처리인원이 제한적인 전용 훈련장에서 실시되고 있어 새로운 시나리오에 신속하게 적응하는 능력이 떨어지고 비용도 많이 든다. 미군의 요구에 민간 게임 기술을 고안하여 채택한다면 비용은 절감되고 처리용량은 늘어나게 되어 신규 위협에 대한 적응력을 강화하는 방안이 될 수 있을 것이다. 제대로 구성만 한다면, 2030년에 예상할 수 있는 역동적인 글로벌 환경에서 이 같은 미래 훈련환경은 지식 및 노하우의 유지와 전파에 핵심적인 역할을 담당할 것으로 전망된다.

신기술의 기습공격에 대비

기술투자는 아무리 계획과 실행을 잘 하더라도 능력의 개발과 취약성 간에 격차가 발생하기 쉽다. 예를 들어, 개인 병사에게 범 세계적인 통신 및 편성 활동을 가능하게 만드는 능력은 그 자체가 테러 공격을 조정, 수행하는 능력이 될 수 있다. 기술의 진보 또한 대량살상무기의 제조와 활용의 길을 확대시킨다.

신기술 발전을 향해 신속히 이행하는 데 필요한 인식 및 능력을 유지하려면 이슈 탐색 및 위험회피 전략이 필요하다. 똑같이 중요한 점은 격차를 확인하고 효과적으로 신속히 해법을 찾을 수 있는 혁신적인 실험 및 훈련이다.

오늘날 세계적으로 생성, 소비되는 정보량이 전례 없이 많다는 사실은 다행한 일일지 모른다.¹⁵⁾ 미래에는 데이터를 생성하여 가용할 수 있게 만드는 단순한 일이 누구에게도 유리하게 적용되지 않는다. 오직 엄청난 양의 데이터를 분석, 결론을 도출할 수 있는 자가 경쟁력을 가진다.¹⁶⁾ 국방부는 신기술의 기습공격에 대비하고 미국의 자산을 보호하려면 이 같은 환경에서 경쟁해야 한다.

미래의 예산 제약 시대에는 가능성 있는 관련 기술이나, 능력에 대해 전부 자금을 지원하는 현행 접근법이 도전을 받을 확률이 높다.¹⁷⁾ 본 연구는 신기술의 기습공격에 대비할 수 있는 몇 가지 과정을 추천한다. 그러기 위해서는 세계의 기술개발을 감시할 수 있는 탄탄한 수평적 정보검색 및 미국의 능력과 전술에 대응하여 적대 세력이 사용할 가능성이 있는 신기술을 탐구하기 위한 적극적인 평가팀 결성과 실험에서 출발해야 한다. 이러한 맥락에서 빅데이터와 신규 데이터 분석을 활용하는 것이 기습공격을 경감시키고 대량살상무기 관련 신개발에 대응하는 접근방식이다. 미국의 적대 세력들이 틈새 무기 개발 및 신 전략 능력에서 우위를 확보할 가능성이 크며, 기존 공급망 중 일부 주요 분야도 마찬가지이다. 미국은 전 세계적인 개발의 속도 및 신기술 사용의 두 부문 모두 기습 공격에 대비하기 위해 발 빠르게 적응할 필요가 있다.

마지막으로, 실험을 강화하는 것은 능력의 기습공격이 발생했을 때, 이에 대한 이해를 높여 철저한 준비를 할 수 있는 지름길이다. 효과적인 실험의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않는다. 지난 십 년간의 전쟁에서 얻은 큰 교훈이라면, 전투준비가 완료되었다고 칭찬받은 기술 중 상당수가 실제로는 실전 배치되기 전에 엄청난 개발과정을 거쳤다는 사실이다.

●○ 권고안 1

USD AT&L은 국방부 내 기술투자 포트폴리오 고려 시, 4대 신규 항목을 분류체계로 널리 사용해야 한다. 4대 항목은 ‘균등화에 대처’, ‘비용부과 전략을 통한 우위 달성’, ‘군 효율강화를 통한 우위 달성’, ‘신기술의 기습공격에 대비’이다.

15) Google의 CEO인 E. Schmidt는 2010년 8월 4일 ‘Technomy Conference’에서, “매 이틀마다 우리가 생성해 내는 정보량은 문명의 여명기에서 2003년까지 생성된 양과 맞먹는다.”고 언급했다.

16) J. Jonas, Defense Science Board에 발표한 프레젠테이션, 2012년 5월 24일

17) Department of Defense, Sustaining U.S. Global Leadership: Priorities for 21st Century Defense (2012)



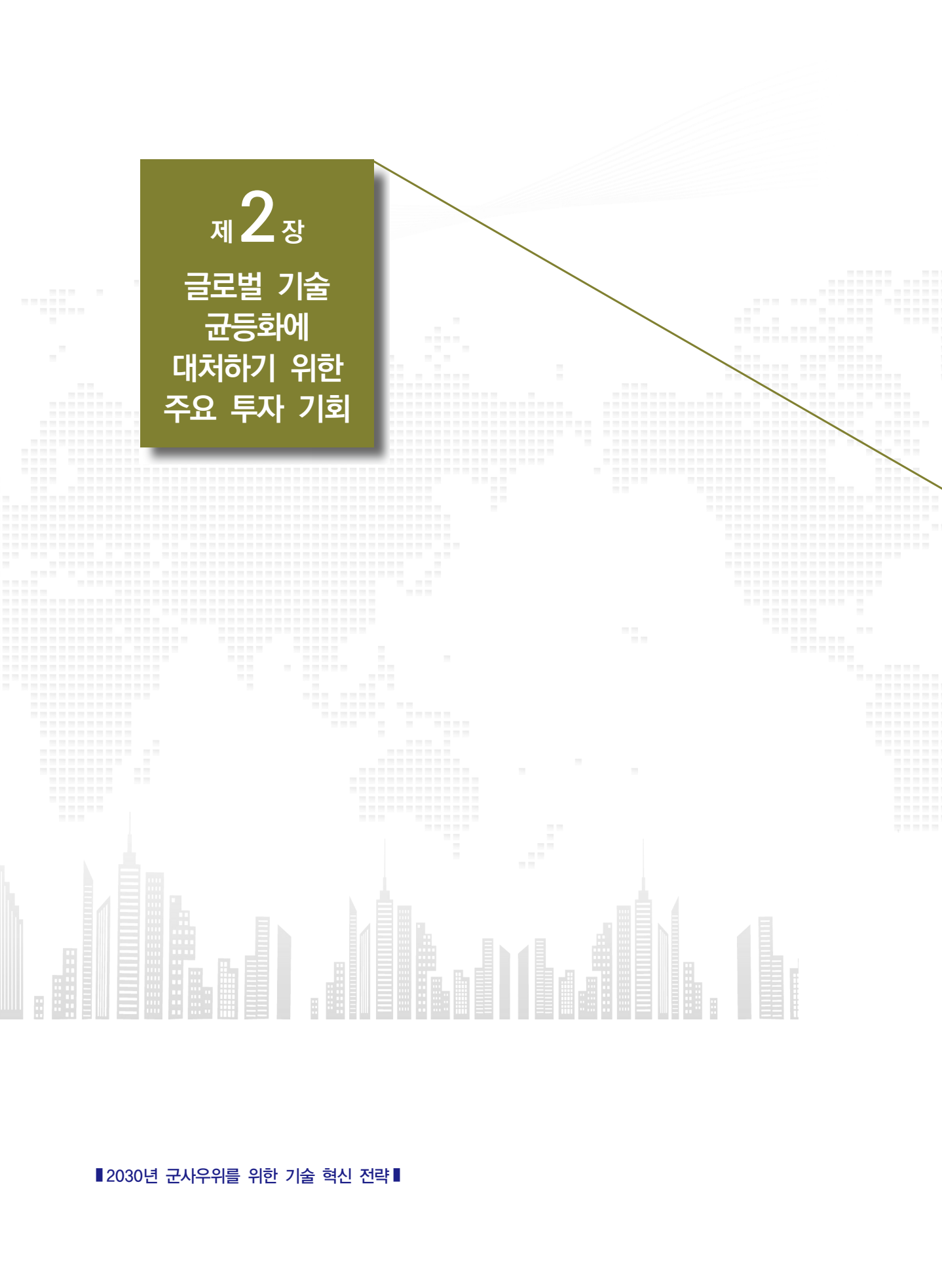
본 보고서의 권고안

본 보고서의 나머지 장은 주된 연구결과물인 기술 투자 권고안에 대한 상세한 설명이다.

제2장에서 5장까지는 본 보고서의 근간을 이루는 전략적 능력목표의 관점에서 내용을 분류한 다음, 우리가 추천하는 투자영역을 구체적으로 설명한다. 각각의 개념은 필수 자원 및 예비 사업구조와 함께 자세히 설명되어 있는데, 여기엔 상기 능력을 배치체계 및 개발사업으로 통합하는 실험과 시연도 포함된다.

끝으로 부록에서는 각 장을 보충하는 의미에서 2030년에 요구되는 전략적 능력, 2030년 이후의 기술, 그리고 실험과 관련된 모범실무에 관한 심층적 배경을 제공하는 자료를 첨부했다.





제 2 장
글로벌 기술
균등화에
대처하기 위한
주요 투자 기회

- 위성 보안
- 위치, 항법, 시간 서비스용 저온원자 감지기술
- 사이버공격에 대한 본원적 자기방어능력을 갖춘 네트워크

2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략



II 제2장 글로벌 기술 균등화에 대처하기 위한 주요 투자 기회

사이버와 우주, 이 두 능력의 융합은 한 분야에서 경쟁우위를 상실하면 다른 분야에 심각한 영향을 미친다는 점을 여실히 보여주고 있다. 이들 분야에서 글로벌 기술 균등화에 대처하는 것이 2030년 세계의 1차적인 중대 사안이다.

위성 보안

우주 능력의 이점 및 의존도

우주는 미국이 우위를 확보하기 위해 경쟁한 제 4의 영역이다. 첫 번째가 지상, 두 번째는 해상, 세 번째는 공중, 그리고 이제는 우주인 것이다. 지금까지 군사적 목적으로 우주를 활용하는 일은 일부 국가가 특수, 제한된 분야의 능력을 사용하여 확보가 가능했다. 사상 최초로 우주에서 군사적 능력을 달성한 국가는 구소련과 미국이었다. 그 뒤를 이어 중국, 일본, EU의 여러 국가가 합류했다. 지금은 이스라엘과 인도가 우주에서 독자적인 작전 능력을 개발했으며, 아마도 향후 10년 이내에 더 많은 국가가 동참할 것으로 보인다.

우주는 군사부문에 국한하지 않고 미국에 중요한 가치를 부여한다. 현재의 우주 시스템 상당수가 미국의 군사우위에 결정적으로 중요한 요소인 동시에, 우주는 민간 통신 기반구조의 핵심적인 부분으로서 일기예보의 기반이 되는 것은 물론, 농업에서부터 수송, 오락에 이르기까지 전혀 이질적인 산업분야에서도 공통적인 핵심 도구로 사용된다. 한마디로 말해 우주는 미국 경제력의 핵심요소이다.

현재 미국의 적대 세력들은 우주에 그다지 의존하지 않고 있으나, 미국의 의존도를 주시하고 있다. 미국이 개발해 온 전략적, 기술적 군사 및 정보능력은 우주 능력을 많이 활용한 것이다. 향후 미국에 군사적으로 대항하려는 국가라면 이러한 능력을 계산에 넣고 가능한 대응방법을 찾아야 한다. 2030년의 기술 균등화에 대처하기 위해 국방부의 우주방위 사업은 더 강한 통합능력, 더 지속적인 자금지원, 더 심층적인 기초기술이 요구된다.

지금까지 세계 각국이 군사적 용도로 사용한 우주능력은 주로 감시, 통신, 항법, 시간 측정에 국한되었다. 이들 우주자산의 대부분은 우주는 외부의 공격에 안전하다고 인식된 냉전시대에 개발된 것이다. 실제로 많은 조약을 통해 군사 활동을 제한 또는 금지하고 있음에도, 우주자산을 위협하는 지상무기가 오늘날 상존한다. 다만 어느 국가도 아직 적대적 목적으로 이를 사용하려는 의도를 내비치지 않고 있다.

현재 작전상의 행위나 현행 조약과는 무관하게, 군사계획가들은 우주에서의 군사적 교전이 육·해·공의 다른 전쟁영역에서 발견할 수 있는 것과 동일한 공격 및 방어 계열의 능력을 포함한 방향으로 확대될 것으로 보고 있다. 다시 말해, 우주자산은 명시적 또는 묵시적으로 공격 받을 것이며, 육·해·공 플랫폼에 의해서만이 아니라 우주 플랫폼에 의해서도 공격을 받을 수 있다. 그 같은 공격에 대응하려면 국방부는 우주의 도움을 받지 않는 형태의 방어, 재편성, 작전 등을 고심해야 한다. 만약 위성이 공격을 당할 경우, 이를 인식하여 적절하게 때로는 자주적으로 대응할 수 있어야 한다. 위성공격에 대비한 방어의 핵심은 위성 그 자체가 아니라 위성군의 아키텍처에 목표를 두는 것도 좋은 방법이다. 예를 들어, 우주에 떠 있는 수천 개의 목표물을 파괴하는 것이 대형 위성 몇 개를 파괴하는 것보다 더 어려울 것이다.

끝으로, 우주자산은 지상기지 지원 인프라가 없으면 별 소용이 없다. 우주기반 시스템 중 가장 취약한 부분이 그것을 지원하는 지상부문이라면 그때는 전혀 다른 상황이 발생할 수 있는 것이다. 효과적인 우주자산 복구를 위해서는 지상 지원기지 및 발사시설 모두 생존성이 확보되어야 한다.

우주 및 우주기술에 대한 접근성이 갈수록 향상되기 때문에 많은 나라들은 우주시스템 요소를 기만, 교란, 거부, 저하 또는 타격이 가능한 시스템 및 기술을 획득하고 있다.

그 중에서도 우려가 되는 것은 군과 민간의 각종 장치에 정밀한 위치, 항법, 시간을 제공하는 GPS이다.

잠재적 적대 세력의 우주대응 능력에 따른 결과는 원상회복이 가능한 것과 그렇지 못한 것으로 나눌 수 있다. 위성통신 재밍 및 사이버공격은 복구가 가능한 반면, 대 위성 공격무기(ASAT Weapon) 및 고에너지 레이저는 복구가 불가능하다. 위성시스템은 기상, 우주파편과 같은 자연적 위협 및 환경적 위협에 취약하다. 또한 궤도 위치, 전자기 스펙트럼 및 우발적인 신호 간섭 등과 같은 제한적 자원에 대한 경쟁에서도 취약하다. 비록 해치려는 의도가 없더라도 우주작전에 미치는 잠재적 충격 때문에 이러한 자연적, 환경적 위협은 갈수록 우려를 자아내고 있다.

우주방어사업

미국은 우주시스템의 중요성과 이에 대한 도전을 고심해야 한다는 점을 모두 인식했다. 정책을 위해 관리에서부터 기술투자까지 우주자산 방어에 관한 각종 쟁점을 다루어야 한다. 본 제안서는 개괄적인 우주안보 및 방어사업 중에서 기술투자 부문에 초점을 맞추어졌다. 즉, 물리적 제약 및 관련 기술 분야의 첨단수준을 감안할 때 발생 가능성이 높은 실제적 도전을 다루는 데 필요한 투자를 위주로 한다.

구체적 권고안은 USD AT&L 및 국가정보국장이 주요사업에 있어서 언제나 첨단 위협, 대응책, 복원력 있는 장기 우주시스템 아키텍처에 중점을 둔 기술기반의 우주안보사업에 착수해야 한다는 것이다.

이 같은 사업 수행 시에는 기존 잠수함보안사업의 모형을 참조하기를 추천한다. 1970년대 이래 추진되었던 잠수함보안사업에서는 탄도미사일 잠수함에 대한 잠재적 위협을 특정 임무 환경에 국한하여 조사를 벌였다. 동시에, 물리법칙의 관점에서 가능한 위협과 첨단기술수준의 관점에서 실제 발생할 수 있는 위협을 분석적으로 결정하였다. 즉 위협의 검증 및 특성 파악을 위한 현장 시험, 마지막으로 적국이 구현할 우려가 있는 위협에 대한 대응책을 제시하였다. 모든 정보기관에서 상기 활동에 대해 제보를 해 주었는데 이 작업은 적국이 실제적으로 위협 능력을 배치 또는 개발했다는 정보를 찾으려는 것이

아니라 가능성에 초점을 맞춘 것이다.

잠수함보안사업은 당시 국방연구개발감독관(Director of Defense Research and Engineering, DDR&E)인 John Foster 박사에 의해 처음 도입되었다. 사업을 주관한 곳은 해군본부(OCNO)로, 일상적인 획득업무와는 달랐다. 전담 자원을 배속시켜 10년 넘게 부속 실험실에서 진행하였다. 따라서 새로 확인되거나 또는 가설이 제기된 탄도미사일 잠수함 위협을 해결할 수 있는(또한 해결하기 위해) 해당 분야의 많은 지식이 축적되고 핵심 전문가 집단이 구성되었다. 물리법칙의 관점에서 구현이 불가능했던(현재도 불가능한) 위협은 제쳐놓았다. 예전의 기술수준으로는 불가능했으나 현재의 첨단수준으로는 가능성이 있는 위협은 더욱 철저히 조사했다. 해상 시험을 통해 효과를 검증한 다음에는 대응책을 제시했다. 주목할 점은 대응방식이 본질적으로 기술에 의한 것(예, 하드웨어 또는 소프트웨어 솔루션) 또는 작전에 의한 것으로 나눌 수 있다는 것이다. 전반적인 과정을 통해 현실적인 작전 가능성을 확보하고자 기술자와 실제 작전하는 해군 간에 긴밀한 유대관계가 형성되었다.

수년간 노력 정도는 다르지만, 이 과제에 전념한 수백 명의 엔지니어, 과학자, 기술자에게 일반적으로 수천 만 달러의 자금이 지원되었다.

당시 공군사업은 새로 부상하던 레이더 저시인성 즉, 스텔스 비행체 기술을 1979년에 연구하기 시작했다. 이 사업은 스텔스 기술의 실현가능성 및 효과를 평가하기 위해 초기 측정활동을 벌였다. 또한 실현 가능성이 있는 다양한 조치, 대응책으로 스텔스 기술에 대항하는 방법을 평가하기 위한 기술분석가팀을 결성했다. 그 결과, 매우 극한적인 환경에서 공중 비행체의 생존성 평가를 위해 측정 기반의 접근방법이 도출되었다. 이 사업은 미 공군 전체에 걸쳐 상당한 규모로 연구가 계속 진행되었다.

사업의 특징

우주방어사업(Space Protection Program)은 국방부 내에 사업을 감독할 사무국을 두고 시작하는 것이 좋다. 이 사무국은 우주시스템 획득을 담당해서는 안 되며 실험실에서 업무를 수행할 때와 마찬가지로 사업을 지원할 작전부대 및 정보부서도 두어야 한다.

일단 사업이 발족되면 전투 지휘부는 방어에 필요한 모든 임무환경을 확인하고 사업 조건을 구축해야 한다.

기술사업에는 체계적으로 잠재위협을 식별하고, 전 세계적인 기술수준 및 실행수준의 이해와 전달하는 임무가 부과될 것이다. 이에 따라 본질적으로 작전에 의한 것이든 아니면 기술에 의한 것이든 대응책을 개발한 다음, 작전지휘부와 긴밀히 협조하여 현장시험을 통해 이들 대응책을 검증하게 된다.

사업 전반에 걸쳐 모든 당사자는 사업이 장기적으로 존속한다는 가정하에서 활동함으로써, 향후 사용에 대비해 축적된 정보의 가용성이 높아야 하며, 이 주제 관련 전문가 집단이 유지되어야 한다.

●○ 권고안 2

국방부 획득, 기술 및 군수담당 차관과 미 국가정보국장은 특정 획득사업, 고위층 보고와는 별도로 기술기반의 우주안보사업을 추진한다. 투자규모는 매년 2,500만~5,000만 달러 정도이다.

사업에서 중점을 두어야 할 과제는 다음과 같다.

- 잠수함보안사업 및 공군의 Red Team사업을 모델로 삼는다.
- 획득활동, 분쟁, 적대 세력 활동에는 관여하지 않고 독립성을 유지해야 한다.
- 첨단 위협, 대응책(Countermeasure), 대응책 대책(Counter-countermeasure) 및 복원력 있는 장기 우주시스템 아키텍처에 중점을 둔다.
- 물리법칙 및 첨단기술수준을 근거로 하여 위협의 타당성을 평가한다.
- 임무성능에 미치는 영향을 평가한다.
- 유력한 대응책을 개발한다.
- 지속성을 유지하고 장기적 역량을 개발한다.
- 위협 확인 및 잠재적 대응책 시험을 위한 실험에 대해 규정하고 평가한다.

위치, 항법, 시간 서비스용 저온원자 감지기술

위치, 항법, 시간(PNT) 서비스는 우주기반 자산을 이용하여 수십 년에 걸쳐 발전해 오면서 폭넓게 활용되어 왔다. 우주기반 위치, 항법, 시간 서비스는 다중 사용자 서비스의 글로벌 공익사업으로 성장하여 이제는 국가안보, 경제성장, 수송안전, 국토안보에 없어서는 안 될 존재이자 전 세계 경제 인프라의 필수요소가 되었다. GPS는 미국이 우주기반 위치, 항법, 시간 서비스를 활용하는 것으로, 이는 모든 부문에서 미국의 주요 기반구조를 구성하는 핵심요소이다. 하지만 국가안보 및 경제는 신뢰성 있는 위치정보에 갈수록 의존도가 높아져 정보의 간섭, 재밍, 위장에 대한 취약성이 날로 증가한다. 정밀한 위성기반 항법에 힘입어 확보된 미국의 우위가 향후 기술 균등화 시대에는 위협을 받을 가능성이 매우 커지고 있다.

고의적 및 우발적 무선 주파수 간섭에 피해를 입는 고도 경쟁적 환경에서는 정밀 위치, 항법, 시간의 방어가 핵심 사안이다. 국방부는 GPS 서비스에 가해지는 위협으로부터 군 플랫폼 취약성을 경감시키기 위해 다음과 같은 조치를 취할 수 있다.

- GPS에서 방출하는 파형 및 동력을 변경시켜 기존 및 향후의 위협을 폭넓게 경감시킨다.
- GPS 안테나 및 수신기를 비교적 간단히 개조하여 신호수신 개선, 적응력 향상, 간섭 및 재밍에 대한 민감도를 감소하도록 개선한다.
- Iridium 위성군과 같은 타 위성군에 중계기(Transponder)를 추가하여 GPS 위성군의 복원력을 높인다.
- 러시아의 GLONASS, 유럽의 Galileo 등 다른 국가들은 글로벌 항법위성시스템을 이미 개발했거나 개발 중이다. 몇 년 내에 위성 신호의 종류가 900개가 넘을 것이며, 이 중 미국이 제공하는 것은 100종에 불과하다. 무선허법신호 중 상당수가 미 군용체계에 통합이 가능하다. 실제로 그것들은 Topcon G3과 같이 상용 다중 시스템 사용자 장비를 이미 사용하고 있다.
- 지상기반구조 기반의 시간계측 및 분배사업은 육·해·공 이동식 대체 기반의 무선표지(Beacon), 유기적인 플랫폼 항법 및 시간계측을 통해 가능하다.

위에서 언급한 각 영역들은 모두 활용도를 최대한 높여야 한다. 다만 상황에 따라서 이들 방식이 적합한 서비스 범위를 제공하지 않으므로 대체기술이 필요하다. 그 같은 상황에 해당하는 것은 장기운항 무인 잠수정, 장기체공 무인기, 도시환경의 소규모 부대 작전, 장시간 비행임무 등을 들 수 있다.

정밀 시간계측을 위해 양자광학에 기반을 둔 원자시계에 대한 고 정확성의 발전이 2030년 국가 핵심 기반구조에서 소요되는 요건을 충족시킬 것으로 보인다. DARPA에서 현재 두 가지 사업을 원활히 진행 중이다.¹⁾²⁾ 극소형 마이크로칩 원자시계 (CSAC)사업은 30mW 용량, 15cm³짜리 장치 기준으로 주파수 표류를 50ms/월 이하로 줄였다. IMPACT (Integrated Micro Primary Atomic Clock)사업은 50mW 용량, 5cm³ 패키지를 기준으로 주파수 표류를 3자릿수까지 줄이려는 계획이다.³⁾ 이 개발사업이 성공할 경우, 가볍고 동력이 얼마 들지 않는 소형 시스템에서 품질 저하 없는 정밀한 시간을 며칠 동안 구현할 수 있다. 2030년까지 정밀 시간 성능을 보장하기 위해서는 미국의 국방임무에서 이 정도의 개발 및 상용화 속도를 계속 유지하는 것이 필수적이다.

항법의 정확도 및 정밀도 달성

항법의 정확도에 요구되는 등급은 임무의 지속기간과 항법 정밀도에 따라 달라질 수 있다. 전술, 항법 및 전략적 등급시스템의 범위는 그림 3에 나타난 바와 같이 성능, 신뢰성 대비 비용 측면에서 균형을 이룬다.

예를 들어 스마트폰에 사용되는 상용 가속도계를 표시했는데, 이 같은 1달러짜리 센서는 매우 저렴하긴 하나 스마트폰용 위치 및 항법에는 적합하지 않다. 이 경우는 GPS 수신기를 이용한다.

GPS를 이용하면 모든 시스템은 양호한 성과를 거둘 수 있긴 하나 GPS 신호가 거부당

1) R. Lutwack, "The Chip-Scale Atomic Clock-Relevant Developments" (2009), IEEE Frequency Control Symposium, pp 573-577

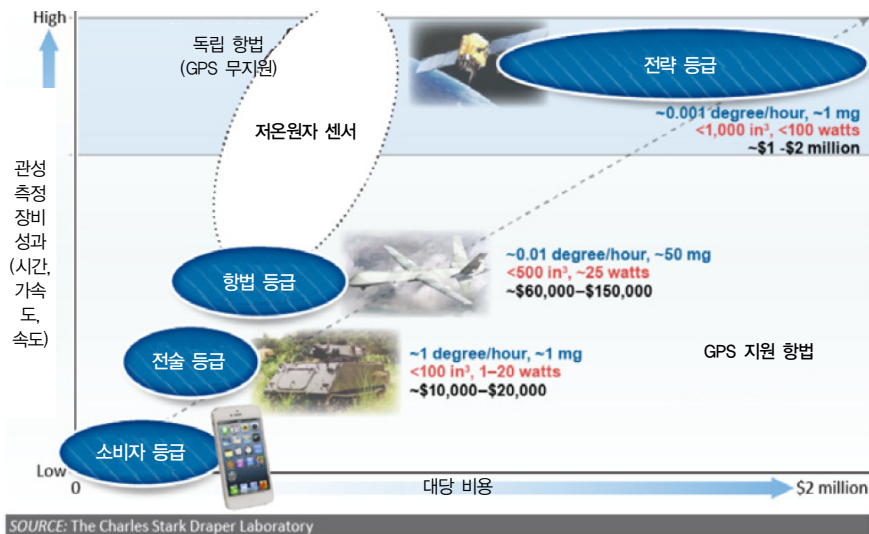
2) 이 기술은 미국 Symmetricom사의 원자시계 'SA.45s'에 적용되었다. SA.45s의 제원은 120mw, 35g, 16 cm³에 단가는 약 US\$ 2,000이다.

3) Defense Advanced Research Projects Agency, Integrated Micro Primary Atomic Clock Broad Agency Announcement (DARPA-BAA-08-32, 2008년 4월 21일)

할 경우 정밀도가 현격하게 저하된다. 즉, 주파수 표류가 항법용 등급에서 최대 1해리/hr (1.8km/h) 이나, 전술용 등급 시스템에서는 100해리/hr(185km/h) 이상 저하된다.

전술 및 항법 등급의 시스템에는 대체로 Kalman 필터 추정 특성을 이용한 관성 센서, GPS, 기타 항법 센서 기술이 내장되어 있다. 광범위한 임무를 위해서 GPS 무지원 환경에서 수행되는 작전은 유기적인 플랫폼-등급의 시간계측 및 항법 솔루션이 필요하다. 이 같은 상황에서는 고정밀 관성계기를 활용하는 전략 등급 관성 항법장치를 도입해야 한다. 관성 측정장비는 대당 100만~200만 달러에 달하는 고비용이어서 현재 이런 계기는 가장 까다로운 핵심 임무에서만 사용된다. 고도로 정밀한 저비용 관성 센서는 이 같은 상황을 근원적으로 변화시킬 것이다.

그림 3 관성측정장비의 현재 성과 및 비용 분포



군용 정밀 항법장치 적용은 두 가지 기술적 문제, 즉 항법 솔루션과 항법 센서 기술을 연산하는 적분 알고리즘 해법에 의해 성공이 달려있다. 알고리즘 및 아키텍처 개발을 위한 노력은 DARPA의 ASPN(All Sources Positioning and Navigation)사업에 포함하여 2030년까지 다중 센서 항법시스템의 신속한 통합 및 재구성을 위한 기술성숙 능력을 제공하기 위해 사업화되었다.⁴⁾ 시각에 기초한 항법시스템 역시 성숙되기 시작했으나, 환

경 상황도를 개발하고 동시에 그 상황도에 있는 사용자의 위치를 추적할 수 있는 튼튼한 알고리즘 부족으로 인해 그 효용에는 한계가 있다. 상기 기술이 성숙함에 따라 구글 어스(Google Earth)와 같이 활용할 수 있는 넓은 크기와 지리 참조 영상이 항법시스템에 내장될 것이다.

양자 센서 기술

항법 센서 기술에서 GPS 무지원 항법장치에 대한 유망 연구개발 분야는 양자 센서 및 원자 간섭 측정법 분야가 있다. 이들 신형 센서는 레이저 냉각에 의한 극저온 원자운(Cloud of Atom)과 호스트 플랫폼의 가속도 및 각 회전각(angular rotation)을 신호로 표시할 수 있는 궤적 측정법을 활용한다.

양자 센서의 확장성은 전술적 등급에서부터 전략적 등급의 성능에 이르는 여러 용도에 적용할 수 있는 길이 열렸다. 지난 10년 동안 관성항법 장치용 양자 센서 간섭계의 개발은 현저히 발전을 했고, 지금은 전략 등급 센서에 교란기술로서 독이 되어 나타났다. 구성품의 기술 진보로 전략 등급의 저온원자 관성 측정장치를 대당 단가 약 25,000 달러에 생산이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 양자 센서 기술은 장기운항 잠수 및 체공 임무와 같은 획기적인 능력을 제공하는 잠재성을 가졌다.

저온원자 간섭계는 일회용 검증 질량(proof mass)으로 수백만 개의 알칼리 원자운을 사용한다. 간섭계를 생성하기 위해 초진공 상태에서 원자의 온도를 약 1,000만분의 1 Kelvin까지 냉각시켜서 레이저와 자기장을 결합하여 가둔다. 충분한 숫자의 원자가 냉각되어 포집되었을 때 레이저와 자기장을 끄면 원자운이 진공 챔버 속에서 자유롭게 움직이게 된다. 이어서 1ms씩 간격을 두고 레이저 펄스를 3회 연속으로 조사하여 원자의 위치 변화를 측정한다.

레이저 빔은 광학 간섭계(그림 4a)에서 빔 분할기(Beam Splitter) #1을 통과하고 두 개의 경로로 분리된다. 이 두 개의 경로는 적색과 녹색의 빔 형적으로 나타난다. 각 경로의

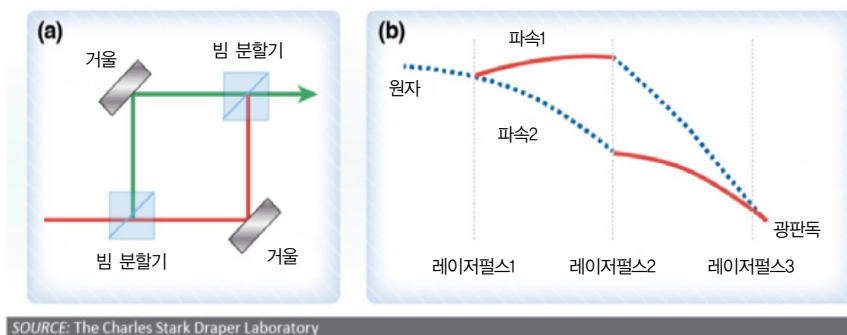
4) Defense Advanced Research Projects Agency, All Sources Positioning and Navigation Phase 2 Broad Agency Announcement (DARPA-BAA-12-45, 2012년 6월 11일)

거울에서 반사된 후 이들 빔은 두 번째 빔 분할기를 통해 재차 겹쳐진다. 빔은 서로 간섭하는데, 완벽한 정적 구성(static configuration)이라면 두 번째 빔 분할기의 결과에서 측정된 간섭 패턴 역시 정적일 것이다. 하지만 이 때 전체 기구를 회전시키면 적색 빔 경로의 빛은 녹색 빔 경로와는 다른 거리를 통과하게 되고, 회전에 의해 총 출력 강도가 변화하는 결과가 나타난다.

원자 간섭계에서 레이저 광의 정확하게 구성된 펄스는 원자운을 서로 다른 궤적으로 이동하는 두 개의 양자 파동 패킷(그림 4b의 라벨 1과 라벨 2)으로 분할한다. 원자 간섭계 배열순서에서 첫 번째와 세 번째 레이저 펄스는 광학 간섭계에서 첫 번째와 두 번째 분할기와 같은 역할을 하고, 두 번째 레이저 펄스는 거울 역할을 한다. 상기 방식으로 레이저 펄스는 정확한 횡수로 원자운을 기록한다. 여기서 나온 측정값을 비교하면 원자 간섭계의 원자운 패턴이 도출되고 원자운의 이동 형태도 규명할 수 있다. 펄스 간의 타이밍을 정확히 제어할 수 있기 때문에 이 정보는 관성입력 데이터로 직접 변환이 가능하다.

원자 간섭계는 가속과 회전 두 가지를 모두 측정하여 전략 등급을 뛰어 넘는 성능을 얻을 수 있으며, 부피도 타 계기에 비해 훨씬 작다. 더욱이 그 작동이 원자 전이에 안정적인 광파장과 자연적인 환경으로부터 격리된 원자 검증 질량에 의해 달라짐으로 장기 치우침이 없는 대단히 양호한 안정성을 갖추고 있다. 그러한 성과수준은 양질의 광학 및 전자 구성품을 사용하고 정확한 횡수의 측정을 실시해야만 달성할 수 있다. 레이저 펄스의 주파수, 강도, 편광, 위상, 지속시간은 고성능 측정을 위해서는 철저히 제어해야 한다.

그림 4 (a)광학 간섭계와 (b)저온 원자 간섭계의 비교



SOURCE: The Charles Stark Draper Laboratory

오늘날 몇 종류의 고성능 원자 간섭계에 대한 시연을 펼친 바 있다. 실험실 계측 장비로 측정한 바에 따르면 ARW(Angle Random Walk)가 $3 \times 10^{-6} / \sqrt{\text{hr}}$ 미만인 자이로스코프(Gyroscope)와 지구물리 정확도가 10-9g(여기서 g는 지구 중력)인 가속도계를 시연해 보였다. 이 같은 성공적인 시연은 고체 레이저, 진공 포장법, 고성능 전자장치 등 핵심기술이 발전한 덕분이다.

그 기술은 장치의 용적을 증가시켜서 똑같은 기본 설계로 전략 성능 이상의 결과가 나오도록 하는 확장성을 보여준다. 이러한 기술은 원자시계, 원자자기계 등 원자 기반의 센서에 주목할 가치가 있다. 더욱이 원자 센서에 적용된 기술과 기법 중에서 상당수는 양자컴퓨터, 양자암호화 장치분야의 난해한 문제를 해결하는 데 유용하게 사용될 수 있다.

이 같은 기술을 적용하기 위해 정밀 관성항법체계(Precision Inertial Navigation System, PINS) 및 HiDRA(High Dynamic Range Atomic) 센서의 두 가지 사업이 DARPA 주도하에 진행이 되고 있다. 하지만 위에서 언급한 사업을 위해서는 상당한 과제가 남아 있고, 아울러 정부 투자가 최대로 회수될 수 있도록 향후 여러 사업을 상호 조율하는 노력을 아끼지 않아야 할 것이다.⁵⁾

기술의 영향

저온원자 관성 측정장치는 대량으로 생산할 경우 크기, 동력, 중량을 대폭 줄이는 동시에 전술등급 비용으로 전략등급 이상의 성능을 낼 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 이러한 발전은 무기체계의 임무정확도에 대한 패러다임을 바꿀 수 있으며, 현재 실현 불가능한 임무도 대거 실현이 가능하다.

본 연구는 소형 광학, 초소형 광학, 소형 레이저 및 진공 기술의 발달과 더불어, 저온 원자 관성 센서 한 대에 소요되는 핵심장치 구성품의 단가는 약 1만 달러 정도가 들 것으로 예상된다. 자동화된 센서 특성 평가 및 교정방법을 사용하여 완전하게 개발이 된다면, 전략 등급 관성측정장치 1대의 단가는 약 2만 5,000달러까지 내려갈 수 있을 것이다.

5) M.A. Suriano, "Robust Technology to Augment or Replace the U.S. Reliance on the Global Positioning System," Research Report, Air War College, 2011년 2월 16일

이는 현재의 전술등급시스템 가격과 동등한 수준이다.

장치의 단가를 그 정도 선으로 맞추려면 반드시 대량생산이 수반되어야 할 것이다. 공군 미사일사업 및 해군 항법시스템에 소요되는 전략 등급 장치는 약 1,000대 정도이다. 크루즈 미사일사업에도 약 5,000대, 그리고 군용 및 민간 항공기, 무인기에는 약 15,000대가 소요될 것이다. 장시간 및 장거리용 임무수행에 필요한 체계 또한 약 10,000대 시장 규모가 될 것이며, 현재 예측이 안 되는 민간용도의 시장도 추가로 생길 수 있다. 이를 모두 합치면 2만~3만 대에 육박하므로, 생산성 있는 저온원자 관성센서에 요구되는 약 3억 달러의 개발 투자비를 투입할 가치가 있는 물량이라 하겠다.

전략 등급 항법정밀도로 실현할 수 있는 주요 임무에는 GPS 무지원 환경에서 수행하는 장기운용 작전을 들 수 있다. 현재 DARPA의 관성 센서 통합 마이크로칩(Chip Scale Combinatorial Atomic Navigator, C-SCAN)사업은 GPS 정지시간 최대 20분 상태에서 아이폰의 약 절반 크기인 패키지 용적 20cm^3 기준으로 20m 정밀도를 달성하도록 추구한다.⁶⁾ 표 3에서는 그 같은 체계의 오차변수와 함께 GPS 무지원 상태에서 60분간 운용이 가능한 적극적인 시스템의 오차변수를 나타냈다. 두 가지 성능규격 모두 현재 전략 등급 체계의 능력을 뛰어 넘는 것으로, 공학적 및 기술적으로 상당한 어려움을 수반하는 것이다. 두 경우 모두 가장 어려운 사양은 자이로스코프 ARW(Angle Random Walk)이다.

표 3 임무시간 60분에 20m 정밀도 달성을 위한 요건

	임무시간 20분 ^a	임무시간 60분 ^b
가속도계 바이어스	3ug	0.3ug
가속도계 속도 랜덤 워크(Random Walk)	$50\text{ug}/\text{Hz}^{1/2}$	$10\text{ug}/\text{Hz}^{1/2}$
자이로스코프 편차	1,460udeg/hr	55udeg/hr
자이로스코프 각도 랜덤 워크(Random Walk)	$630\text{ug}/\text{hr}^{1/2}$	$40\text{ug}/\text{hr}^{1/2}$

^a C-SCAN(Chip Scale Combinatorial Atomic Navigator) 사업의 목표치

^b 일반적인 반접근, 지역거부 임무의 경우

6) Chip Scale Combinatorial Atomic Navigator Broad Agency Announcement (DARPA-BAA-12-44, 2012년 4월 16일)

임무시간 20분의 자이로스코프 성능사양 목표를 달성하는 것은 어렵긴 하지만 실현 가능성이 있으며, 패키지 용적 $20\text{cm}^3(1.2\text{in}^3)$ 라는 제약이 있을 경우 임무시간 60분은 상당한 난제가 된다. 다만 용적 제약을 $1\ell^3(\sim 64\text{in}^3)$ 로 완화한다면 문제가 좀 쉬워진다. ARW와 장치 크기 사이에 균형을 유지함으로써 저온원자 센서의 성능 범위는 실현이 가능할 것이며, 진공 셀(Vacuum Cell) 및 센서 광학장치를 다른 크기로 새롭게 만드는 데 같은 구성품 기술을 사용할 수 있다. 따라서 이 전략은 항법시스템 범위에서 전략 등급 이상의 성능을 제공할 것이다.

기술영역 발전

생산성이 있고 저비용인 저온원자 관성측정장치를 개발하기 위해서는 잠재적인 일이 남아있다. 특히 아래 네 가지 기술영역에서 기술적 진전이 필요하다.

1. 레이저원

소형, 저동력, 고성능, 고강도 레이저는 광학적 조작 및 판독과 마찬가지로 원자의 냉각 및 포집을 이행하는 것이 요구된다. 실현 가능한 사업목표는 현재 $2,000\text{cm}^3$ 에 달하는 용적을 1/1,000로 축소하고, 소모동력 100W를 1/500로 감축하는 한편, 좁은 관의 수직공진 표면방사 레이저 또는 그 외 단공진기(Short Cavity) 레이저 기술을 사용하여 광출력 100mW를 유지하는 것이다.

2. 저동력 진공기술

저온원자 센서 작동은 저온원자와 배후 가스분자 간의 충돌을 막기 위해 10-8torr 수준의 저진공을 요구한다. 실현 가능한 사업목표는 현재 중량이 10kg이고 부피가 $2,500\text{cm}^3$ 인 펌프를 줄여서 100mW 진공시스템으로 만드는 것인데, 이것은 금속 칩 접착기면에 부착된 저헬륨 투과 유리(Low Helium-Permeable Glass)를 사용하여 센서의 크기나 동력에 영향을 미치지 않도록 하는 것이다.

3. 소형 및 초소형 광학장치

고효율 특성을 가진 소형 광학시스템, 최소 광행차, 우수한 동위상면 순도 등 적합한 특성에

가진 광학 빔이 요구된다. 실현 가능한 사업목표는 내장 장치 안정성을 위한 일체식 구조방법을 이용하여 현재의 1,000cm³인 탁상형 광학장치 형상을 10cm³미만으로 줄이는 것이다.

4. 고효율 전자광학 시스템

광주파수를 효율적으로 변환시키고 5ms 미만의 짧은 광펄스를 생성하는 장치로서 원자 냉각, 포집, 관성측정 시퀀스(Sequence)하는 것이 요구된다. 실현 가능한 사업목표는 현재 20cm³인 장치 용적을 10배 줄이고, 크리스탈 기반 장치의 1W짜리 소비전력은 100배 줄이는 것이다.

●○ 권고안 3

DARPA는 저동력, 소형, 저비용 구성품을 개발하고 성숙시켜 첨단 관성측정장치 개발사업을 지원한다는 목표로 핵심 저온원자 구성품에 대한 투자를 확대하고 집중한다.

- 연간 4,000만 달러씩 투자하는 5년 계획의 사업을 추천한다.
- 상기 투자와 병행하여 관성측정장치 하드웨어 개발사업을 추천한다. 이 사업에서는 획기적인 항법능력을 산출하기 위해 비용절감과 생산성에 초점을 맞춰야 한다.
- 공군과 해군(R&D 조직 동원)은 60분간 무지원 20m 정밀도를 유지할 수 있는 저비용/고생산성 저온원자 관성측정장치 개발 및 시범사업에 공동으로 노력해야 한다.
- 장치의 크기, 중량, 동력은 적용 가능한 임무, 시나리오, 작전개념을 고려한 시스템 엔지니어링에 근거하여 선정해야 한다.
- 경험에 의하면, 이 정도의 복잡한 하드웨어 개발사업은 현재의 개념증명단계에서 첨단설계의 생산단계로 전환하는 데 일반적으로 1억 달러의 자금과 7~10년의 개발기간이 요구된다.
- 상기 사업이 임무 소요를 제대로 반영하기 위해서는 착수 3년 시점에서 시제품이 시험 및 실험에 활용되어야 한다.

사이버공격에 대한 본원적 자기방어능력을 갖춘 네트워크

현재로서는 악의적 침입 및 잠재적 손상 또는 도난으로부터 사이버시스템을 완벽히 보호할 수 있는 방법은 없다. 관심과 투자가 집중된다면 향후 10년 내에 새로운 기술 및 규약이 부상하고, 아울러 이 문제를 대폭 줄일 수 있는 해결책이 개발될 수도 있을 것이다. 하지만 본 연구는 몇 가지 시스템에 한해 중점적으로 검토, 분류하여 단기적 솔

루션을 제시하였다. 따라서 디지털 프로세서, 데이터 저장장치 및 사이버공격에 대하여 본원적 자기방어능력이 있는 네트워크에 포함된 시스템 아키텍처에 대한 단기 시범사업을 제안한다.

본 연구가 제안한 방법은 방어를 쉽게 하는 독특한 특성들을 가진 핵심 기반시스템 몇 가지를 이용한 것이다. 이러한 시스템의 예를 들자면, 동력망, 도시 상수도 공급망, 항공 교통관제 등의 관제시스템, 국방통신 및 임무지휘시스템이 있다. 이들 시스템의 신뢰성과 가용성은 국가안보에 매우 중요하며 적당한 데이터 전송률과 100만분의 1초 단위 고유 입출력 지연을 견딜 수 있는 능력으로 시스템이 덜 복잡한 장점이 있다.

본 연구에서 제안한 솔루션은 소프트웨어 운용체제 작동을 감시하는 하드웨어 칩을 사용한다. 이로써 운영체제 소프트웨어가 변경되지 않는지 정기적으로 확인이 가능하다. 운영체제 소프트웨어의 악의적 변경은 사이버 침입에 있어서 1차적 공격벡터(Attack Vector)이기 때문에 제안한 방법으로 보호된 시스템을 손상하려면 매우 어렵고, 많은 비용이 들것이다. 신뢰있는 시스템을 만들고 주기적으로 갱신한다면 공격자들이 움직이는 표적을 상대하는 것과 같다. 본 제안한 접근법은 내부와 외부 공격자들 모두 다 성공적으로 사이버시스템 공격을 하려면 많은 난관과 엄청난 자원을 들게 할 것이다.

국가 핵심 기반시설 보호

미국의 기반시설이 사이버공격에 취약하다는 것은 잘 알려진 사실이다. 동력망 관제 시스템, 인터넷 및 통신시스템, 재무시스템, 항공교통관제 네트워크가 그 예이다. 오늘날 이들 시스템 대부분은 방어 억제라는 수단이 사용되며, 공격적 억제는 일부 경우에 한해 선택사항이 되고 있다. 기반시설에 대한 최적의 방어능력은 공격의 자체식별(Self-Identification) 및 실시간 대응일 것이다. 하지만 공격의 식별 및 효과적 대응이란 시스템 가동만큼 신속한 행동, 또는 그 보다 더 빠른 행동을 요구한다.

본 연구가 제안한 방법은 취약한 시스템을 모두 다루지는 않는다. 예를 들어 재무시스템과 상용 인터넷 흐름(Internet Traffic)은 초고속 통신속도 및 상용 인터넷과의 끊김 없는 연결성을 필요로 한다. 이러한 시스템을 운영하는 기업은 사이버 위협을 포함한 수많

은 취약성에 대해 대비책을 세워야 하고, 경쟁력을 유지하여야 한다. 또한 모든 위험에 대응 가능한 복원력 있는 시스템에 여유 있게 투자할 여건이 못 된다. 사업을 추진할 때 기업은 필수 솔루션을 찾아서 정부의 개입에 따른 관료적 업무지연 없이 시행하려는 의욕이 높다. 하지만 현재의 상황은 많은 민간기업이 그 정도 수준의 능력에 투자할 위급함을 못 느끼는 것이 사실이다.

만일 상기 시스템 다수가 은행, 통신, 전기 등 핵심 민간시스템 전반에 걸쳐 동시에 작동을 멈춘다면 국가안보가 위협받을 수 있다. 오늘날 민간부문에서 개별적으로 보호 불가능한 각자의 시스템을 지키기 위해 이러한 능력에 선택적으로 투자하는 문제가 국가의 정책쟁점으로 떠올랐다. 정부 또한 비용 효율적인 기술개발을 지원할 수 있어야 한다. 본 제안은 그 같은 기술로 한 걸음 나아가려는 것이다.

네트워크 및 무기체계 보호

국가안보 네트워크와 데이터베이스가 사이버공격을 받고 있다는 사실이 꾸준히 탐지되고 있다.⁷⁾ 대부분의 공격은 돈을 목적으로 하거나 약간의 혼란을 일으키려는 의도로 낮은 수준이지만, 미국의 적대 세력으로 활동하는 민족국가의 소행인 경우도 적지 않다. 탄력적인 전투관리의 핵심요소는 사이버공격이나 전자전 공격을 견뎌내고 적절한 수준으로 대응할 수 있는 능력이다. 이는 핵심 기반구조나 국토방위에 운영에 관련된 시스템에 대해서 특히 중요하다.

본 태스크포스는 시스템의 제한된 등급에 핵심기능을 보호할 수 있는 솔루션이 있다고 본다. 그러한 능력은 시스템에 대한 침입을 실시간으로 차단하고 운영체제가 원래의 구성으로 계속 임무수행이 가능하게 해 줄 것이다. 이들 시스템은 운용자에게 공격 신호에 대해 통보하고 시스템 및 데이터베이스를 안정된 상태로 복원하여야 한다. 다른 군사적 능력과 마찬가지로 상기 접근법은 대응책과 더 나아가 대응책 대책이 생길 것이다. 하지만 이 솔루션은 신뢰성이 확보된 하드웨어를 기반으로 하기 때문에, 각 표적 사이트에 물리적으로 접근하여 시스템을 손상시켜야 한다. 네트워크 보호 능력이 적절하게 시

7) Defense Science Board, Resilient Military Systems and the Advanced Cyber Threat (2013)



행만 된다면 이는 대규모 공격을 예방할 뿐 아니라 사이버전이 시작되기 전에 전투를 회피할 수 있을 것이다.

보호 가능한 핵심 시스템의 예

보호 가능한 핵심 시스템으로 도입하기가 좀 더 용이한 것으로는 상대적으로 저속 데이터 통신속도가 요구되는 것이다. 그것은 네트워크를 통해 실행하는 코드보다는 단순히 데이터만 전송하고, 장치에 물리적으로 접속하여 일대일 프로토콜을 통해서 소프트웨어 업데이트가 이루어지는 것들이다. 예를 들어 전기동력망 제어시스템의 경우, 매우 낮은 통신 속도가 요구되며, 데이터가 여러 개의 고정 포맷(Fixed Format)을 가지기 때문에 수신 패킷이 시스템에 유해하지 않은 유효데이터인지 확인 검사할 수 있다. 국방부가 운용하는 동력망도 이처럼 소프트웨어 업데이트 실행 시 물리적인 일대일 접근 요건을 부과할 수 있다. 반대로 Link-11, Link-16, 상용위성과 같은 시스템은 고속의 통신 속도가 요구되고, 네트워크를 통해 데이터 및 실행코드 모두 전송할 수 있는 능력이 요구된다.

시스템에 사이버 탄력성을 강화했을 때 거둘 수 있는 결과는 두 가지 요인으로 고려하여 평가될 수 있다. 첫째, 이러한 부가적인 제약에 의해서 시스템 운영이 영향을 받는 정도, 둘째, 손상이 전체 임무에 영향을 미치는지 아니면 임무의 일부에 영향을 미치는지의 여부이다. 잠재적 영향이 큰 경우는 제안한 보안체제로 제약을 가했을 때보다 쉽게 제재를 받는 광범위하게 사용되는 시스템들이다. 이 방법이 적합한 핵심 시스템으로는 발전, 송전, 배전 시스템으로 구성된 미국의 동력망이 있다. 이 밖에도 항공 교통관제, 용수공급 및 석유화학처리 센터 등을 들 수 있다. 일부 국방지휘체계도 적용 대상이다.

그림 5와 표 4는 손상되었을 때 각종 시스템 보호의 난이도 및 영향의 정도에 따라 표시한 것이다. 본 연구는 음영을 칠한 지역에서 제안된 방식으로부터 가장 많은 이점을 얻는 시스템으로 확인되었다.

그림 5 방어작전에 있어 중요도가 큰 일부 핵심 시스템에 대한 보안강화의 잠재적 영향 및 난이도

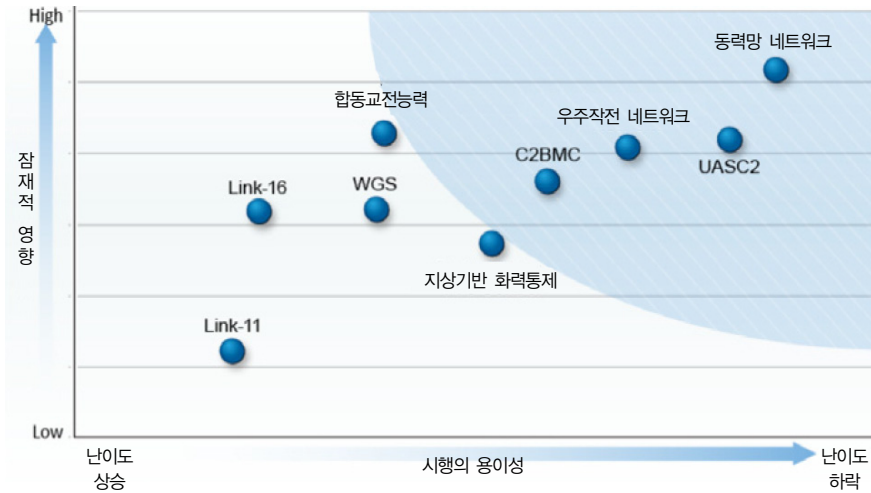


표 4 보안강화 대상 네트워크

대상 시스템	설 명
전기동력망 (Electric Grid Network)	미국의 전기시설망은 독립 사업자들이 발전소와 송전시설을 소유하고 운영하는 복합 네트워크이다. 국내 전기소비는 증가와 더불어 기반시설 노후화에 따라 전문가들이 국가 전기체계의 현황과 건전성을 심각하게 조사해야 할 상황이다. 일부 방어기지는 자체 전원공급망이 갖춰져 있으나, 많은 방어기지에는 일부 핵심 시스템 지원에 임시발전기를 사용한다. 미국의 모든 방어기지는 전기동력망에 의존하고 있는 실정이다.
무인항공체계 지휘통제 (UASC2)	무인항공체계(UAS) 임무지휘는 소프트웨어와 인터페이스이다. 정부는 UAS 체계구조에 대한 소스코드를 보유하고 개방과 문서화된 인터페이스를 갖고 있어, 최신 혁신 아이디어 및 어플리케이션 제공을 위해 벤더(Vendor)에게 채택 및 경쟁하도록 소스를 활용하게 하고 있다.
합동 우주작전 네트워크 (Joint Space Operations Network, JSON)	우주 합동기능구성사령부(Joint Functional Component Command for Space)는 JSON을 통해 지구 궤도의 모든 인공물체를 탐지, 추적, 식별한다. 이 목표물을 감시하기 위해 우주감찰 네트워크, 전 세계 29개 레이더 네트워크 및 광학망원경, 군용·민간이 임무를 수행한다.
지휘 통제 전투관리 통신 (Command, Control, Battle Management and Communications, C2BMC)	C2BMC는 탄도미사일방어체계의 중추 시스템이다. C2BMC는 각 미사일 방어요소, 시스템, 작전을 전 세계적으로 연결, 통합, 동기화시킨다. C2BMC의 운용 소프트웨어 및 네트워크를 통해 C2BMC사업은 이중연결성(redundant connectivity)을 제공하고 세계 각지 전투지휘관에게 현장 작전 및 지속능력을 부여한다.

대상 시스템	설 명
글로벌 광대역 위성 (Wideband Global Satellite) 통신시스템	글로벌 광대역 위성(WGS)통신시스템은 미 국방부 고성능 위성통신시스템이다. 각 위성은 초당 2.1~3.6GB의 데이터를 전송함으로써, 종전의 DSCS (Defense Satellite Communication System)-III 위성 대비 10배나 빠른 속도의 통신능력을 제공한다.
합동교전능력 (cooperative engagement capability)	합동교전능력은 고품질 상황인식 및 통합 화력통제 능력을 제공하는 실시간 센서 네트워크시스템이다. 이 시스템은 단일 분산방어능력의 제공을 위해 전투병력센서를 네트워크화시킴으로써 함정, 항공기의 방어능력을 강화하기 위해 설계되었다. 또한 통합화력통제로 고성능 순항미사일 및 유인항공기에 대응할 수 있게 한다.
지상기반 화력통제 (Ground-based Fire Control)	지상기반 화력통제는 다중센서를 이용하여 탄도미사일 탐지, 추적, 타격이 가능한 통신시스템 및 지상기반 요격미사일을 운용한다.
Link-16	Link-16은 국방부의 주요 지휘 통제 정보 전송데이터링크로 핵심 합동해석 능력 및 상황인식능력을 제공한다. 전송데이터링크 운용국가는 미 해군, 합동군, 일부 NATO 국가, 일본 등이다. Link-16은 합동전술정보분배체계 (Joint Tactical Information Distribution System)를 통신 구성품으로 사용한다.
Link-11	Link-11은 공중, 지상기반, 함정 전송데이터시스템 간의 디지털 정보교환을 위해 네트워크화된 통신기법 및 표준 메시지 포맷을 사용한다. Link-11은 고주파 및 극초단파수 대역을 통해 함정, 항공기, 해안지역을 연결하는 전송데이터시스템 기반의 고속 컴퓨터 간 디지털 무선통신을 제공한다.

기술 및 프로토콜 요소

본 연구가 제안한 솔루션은 통신 속도가 초당 메가 바이트 정도로 상대적으로 낮으면서 소프트웨어 운영체제에 잦은 업데이트가 필요치 않은 시스템에 적용이 가능하다. 이 개념은 일상적으로 시스템 운용을 감시하는 보조프로세서 이른바 황금표준(Gold Standard) 운영체제 소프트웨어를 결합시키는 것이다. 메인 프로세서의 운영체제 소프트웨어가 보조프로세서의 그것과 일치되지 않을 경우, 보조프로세서는 메인 프로세서에 원래의 황금표준 운영체제를 다시 로드하고 정상작동을 재개한 다음, 메인 프로세서 소프트웨어가 손상되었음을 운용자에게 알려준다. 이 같은 점검 및 재시동이 초당 수천 회씩 일어나므로 적대 세력이 악의적으로 시스템 접근에 성공하기가 매우 어렵다.

추가적인 방어기법을 적용하면 시스템 방어태세를 더 한층 강화할 수 있다. 데이터링크를 암호화시키고, 예를 들어 암호화된 링크를 일일이 검사하여 실행코드를 제거하기 위해 차단하는 것이다. 검사에 불합격하는 패킷은 그 즉시 폐기되어 버린다. 주의할 점은, 이 방법은 1ms 정도의 시간 지연을 동반할 수 있으므로 시스템이 이 정도의 지연을 허용해야 한다.

그 같은 시스템의 프로세서들은 실행 프로그램의 격리 제어를 지원하도록 설계함으로써 프로그램 한 가지가 다른 프로그램의 실행에 영향을 미치지 못하게 하는 것이다. 끝으로, 암호화 키는 프로세서 레지스터 또는 메모리에서 인식되지 못하도록 허용하지 않는 곳에 보관하여야 한다.

이런 기능은 TPM(Trusted Platform Module)을 사용하고, 하드웨어 가상화(Hardware Virtualization)를 지원하는 요즘 상용 처리장치 및 칩셋에서 이용이 가능하다.

하드웨어 및 소프트웨어 환경 보안

고도의 보안을 달성하려면 반대급부로 원격 제어의 효율을 포기해야 한다. 네트워크화된 시스템의 이점 중 하나는 휴대폰 어플리케이션이나 노트북 컴퓨터 바이러스 백신 소프트웨어를 위해 널리 사용되는 것처럼 전 세계 어디서든 실시간 업데이트가 가능하다는 것이다. 이는 대단히 효율이 높긴 하지만, 동시에 사이버공격으로 손상을 일으킬 수 있는 주된 원인이기도 하다. 그것들은 매우 신속하게 확산이 가능하며 소요 자원도 거의 필요치 않기 때문이다.

본 연구가 제안한 개념은 시스템의 각 처리 지점마다 물리적으로 설치된 신형 하드웨어를 요구함으로써 그 같은 패러다임을 깨고자 하는 것이다. 대용량 동력망의 경우, 시스템 업데이트에 백 개 가까운 접점이 필요하다. 따라서 이 아키텍처는 업그레이드를 통해 경제적 효율이 유실되는 것에 비해 핵심 운영이 더 중요한 시스템에만 실행하는데 있다.

핵심 소프트웨어는 신뢰성을 높이는 무결점 원칙의 방법을 사용하여 제작, 유지되어야 할 것이다. 가장 중요한 부분으로 보안 하드웨어는 보조프로세서의 제작과 설치 시

공격으로부터 안전하게 보호되어야 한다는 점이다. 공급망을 상대로 가해지는 공격을 방어하려면 보안용 핵심부품은 신뢰성이 검증된 독립 공장에서 생산되어야 한다. 아울러 연산시스템은 물리적 침입을 받지 않도록 충분한 차폐 및 변경보호장치를 써서 포장해야 한다. 끝으로, 구성품 교체 시 반드시 2인 1조로 진행하는 등, 시스템을 현장에서 설치할 때도 물리적 보안이 필요하다.

시범 사업

사이버공격에 대한 본원적 자기방어능력을 갖춘 디지털시스템에 대한 아키텍처의 평가와 개선을 위해서는 시연이 필요하다. 본 연구는 동력망의 적용과 방어통제체계용으로 두 가지 시범사업을 제안한다.

시범사업에서 가장 우려되는 점은 오검출율(False Positive Rate)이 높을 가능성이 있다. 그 같은 문제를 해결하기 위해 본 연구는 수행팀이 솔루션을 복잡하게 만들거나 또는 추가적인 제약 및 조건을 달지 말아야 한다. 시범사업의 강점은 단순함, 수행의 간편성, 그리고 용법을 검증하는 능력이다.

●○ 권고안 4

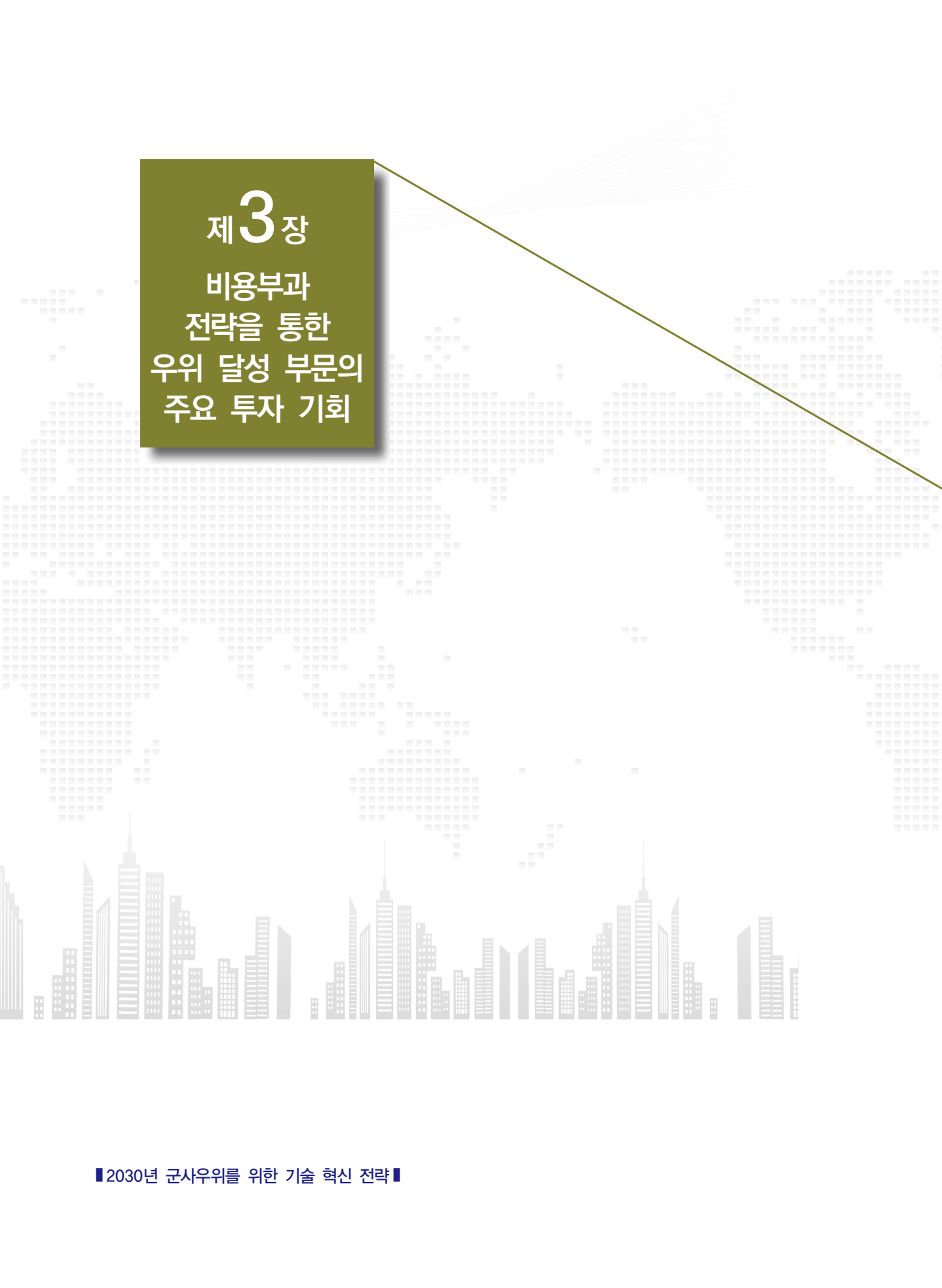
USD(AT&L)는 DARPA 주도하에 사이버공격에 대한 본원적 자기방어능력을 갖춘 네트워크를 시연하는 목적으로 자기방어능력을 갖춘 사이버 보안 시범사업 2건을 추진하도록 DARPA에게 과업을 부여한다.

- 미사일방어용 지상통제시스템은 시연을 위한 유용한 방어임무지휘체계가 될 수 있다.
- 안정적이고 장기적으로 실행 가능한 소프트웨어체계 및 제한적 저대역 요건의 SCADA시스템은 유용한 시연이 될 것이다. 방어 기반의 전기동력망의 경우는 중요한 물리적 중심점으로 분배체계 제어에 도전하는 사례이다. 국방부 내에서 동력망 용도를 시연하려면 Warner Robins 공군기지의 발전소를 이용하면 좋다. 미 에너지부 아이다호 국립연구소(Department of Energy Idaho National Laboratory) 또한 적합한 시연장소를 제공할 수 있다.

각 시험 사례는 국가안보국에 의해 주도되는 레드팀이 적대세력 공격을 대상으로 하여야 한다. 참여하는 모든 부처는 본 권고안을 도입함으로써 더 나은 시연방안을 찾기 위해 유연성을 유지해야 한다. 마지막으로, 본 태스크포스가 이 접근방법을 기술전문가들



과 논의할 당시, 전문가들은 본 연구 아이디어의 단순함으로 도출된 능력을 축소시키거나 심지어 회피하고 시스템의 형태를 확대하는 경향이 있었다. 본 접근법의 강점은 단순함에 있으므로, 이 점은 반드시 유지되어야 한다.



제 3 장
비용부과
전략을 통한
우위 달성 부문의
주요 투자 기회

- 재래식 저비용 대륙간 무기의 효과
- 장기운항, 자율적인, 네트워크형 무인 잠수정
- 첨단 수직 이착륙기

2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략



Ⅰ 제3장 비용부과 전략을 통한 우위 달성 부문의 주요 투자 기회

국방부는 능력우위를 유지하기 위해 우수한 성능, 복잡, 고비용 체계를 개발하기 때문에 비용이 많이 든다. 본 연구는 이에 대한 보완책으로 미국이 배치하는데 드는 비용보다 적어 이에 대응하는 데 드는 비용이 훨씬 많이 소요되게 능력을 개발함으로써 미국의 국익에 비용균형을 변화하기 위한 방법에 대해 생각해볼 것 권한다.

재래식 저비용 대륙간 무기의 효과

저비용 재래식 대륙간 무기에 대해 추진하는 이유는 미군이 적의 본거지 깊숙이 공격하여 바람직한 재래식 전력효과를 얻도록 하는데 있다. 즉, 현재의 항공, 함포, 또는 포병화력 자산으로는 효과적으로 달성하기 어렵기 때문이다. 이런 능력을 구축 하는 데 있어서 가장 우려되는 점은 인력과 비용의 관점에서 기대하는 효과를 산출 하는 데 소요되는 비용이다. 새로운 무기를 개발, 배치할 때는 비용이 더 많이 드는 솔루션을 위하여 설정된 것들에 추가하여 접근될 수 있는 표적과 마찬가지로 적 표적의 가치를 항상 고려해야 한다.

현재의 기술

장거리 재래식 타격 능력을 갖춘 기존 폭격기 및 미사일 체계는 비용이 높고 운용 부대수도 제한적이며, 아울러 원하는 효과를 달성하려면 매우 정밀하게 유지되어야 한다.

작전 개념

시스템은 범지구적 전략 신속타격능력을 수행하도록 설계되어야 할 것이다. 매우 저렴한 비용으로 생산이 가능한 시스템이기 때문에 동시에 다중표적 타격, 적 대응책 무력화, 유·무인체계 작전, 침투를 차단하는 무기에 대해 적정 물량을 도입할 수 있어야 한다. 고비용 체계에 비해 정밀하지 않기 때문에 반대 급부로 적에게 탐지될 확률이 높고 취약성이 커지는 점은 감안해야 할 것이다. 시스템의 일차적인 크기는 500~700kg (1,000~1,500lbs) 발사체를 제시한다.

본 연구는 몇 개의 국가시스템 체계 개념을 평가했다. 이들 개념은 2030년 이전에 전력배치 가능하다고 판단되는 모든 시스템 옵션을 포함한다.

첫 번째 옵션은 특수부대를 배치하는 것이다. 특수부대는 매우 정밀하고 고도의 유연성을 보유하고, 대단히 효과적인 폭탄 피해평가를 수행하며, 표적이 보다 정확히 규명될 때까지 시간을 지연하고, 최적 효과를 위한 공격 및 후속임무 수행 능력이 있는 부대여야 한다. 하지만 유감스럽게도 사상자 발생 위험, 공격명령에 대한 대응 지연, 보호센서 및 특수공격무기와 같은 무장에 대한 요구, 어려운 침투와 난관의 극복 등으로 이 옵션을 수용할 수가 없다. 결과적으로 특수부대 접근법은 대규모 표적에 비례하여 확장하는 개념이 불가능하다.

두 번째 옵션은 탄도미사일의 운용이다. 이것은 무인, 상대적 저비용, 즉각 대응, 신속한 임무 수행, 이동표적 타격, 매우 큰 재래식 탄두 탑재, 매설표적에 대응한 관통체 탑재, 기존 발사시설과 임무지휘소의 호환, 전방배치 의존 최소화 등이다. 하지만 유감스럽게도 탄도미사일은 발사의 모호성, 비행궤도 왜곡, 동맹국의 상공을 비행하는 문제, 1기당 비용과 같은 문제점을 안고 있다. 더욱이 그러한 무기 재진입 시 매우 짧은 시간의 상호작용으로 데이터 링크의 플라즈마 통신두절(Plasma Blackout)이 발생하여 임무의 종말단계에서 인간 상호작용에 대한 문제를 일으킨다. 미사일의 정교한 발사, 유도, 공중발사체는 탄도미사일의 가격이 높아지게 만들고, 아울러 장거리 탄도미사일 플랫폼의 수량도 전략무기협정에 의해 제한되고 있다.

세 번째 옵션은 순항미사일의 운용이다. 이것은 무인, 상대적 저비용, 인간 상호작용의 쉬운 연계성, 고기동성, 항공기 수준의 가용성, 전방 배치 가능성, 육·해·공 발사 호

환성 등이 있다. 하지만 불행하게도 순항미사일은 저속으로 비행하고, 공중방어에 의한 생존성이 떨어지며, 유효 탑재체의 사거리가 현재로는 제한적이고, 대량생산무기는 운반이 가능한 플랫폼에 대한 생산 제한정책과 같은 영향을 주는 문제점을 안고 있다.

마지막 옵션은 지향성 에너지 무기이다. 이것은 본원적으로 가장 정밀하고 신속히 대응 가능하며, 다양한 치사율을 제공하고, 동시에 센서·조사기(illuminator)·무기이다. 하지만 기술적 위험의 수준이 가장 높은 지향성 에너지 무기는 상대적으로 간단한 대응책을 만나면 효과가 떨어지며, 상당한 R&D가 요구되고, 탄약에 비해 저렴하지만 시스템 제작에 대단히 비용이 많이 든다.

상기 옵션들에 대한 평가를 근거로 본 연구는 여러 제한사항을 감안하더라도 요구 비용에 맞게 기대능력을 달성하는 데는 순항미사일이 가장 효과적인 무기라고 결정했다.

독립 변수(Independent Variable)로서의 비용

본 연구는 순항미사일을 최상의 포괄적 무기 옵션으로 선택한 후, 임무 1회당 비용, 즉 기대효과 달성에 소요되는 순항미사일 또는 미사일 1기당 비용을 중심으로 시스템 요구사항을 확정했다. 단순한 모듈식 설계는 민군겸용 부품 기술, 위험요소를 줄인 첨단 부체계 기술, 기존 기술을 활용한 설계여야 한다. 이로써 기술위험과 생산위험을 모두 감소시키고 시스템 비용상승 요인을 확인할 수 있을 것이다.

일련의 개념설계는 설정되고 평가되어야 한다. 이들 설계는 기대효과 달성에 소요되는 비용에 중점을 두어야 한다. 항상 임계치 및 목표 요건을 평가하되, 필요한 경우에 한한다. 이러한 요건들은 융통성이 많기 때문에 블록 접근법(Block Approach)이 가장 적절하다. 예를 들어, 아래에 열거한 각 기대 능력은 성공적인 시스템 개발에 요구되는 투자를 이끌어낼 수 있을 것이다.

- 발사대 : 공중, 함상, 지상
- 표적획득 시간 : 약 10시간에서 며칠까지
- 무기효과 : 폭발, 세열, 관통
- 비용 : 수량 1,000기 이상일 때 200만 달러 미만

블록 접근법은 능력의 점진적 증가와 비용체계의 지속적 개선이라는 효과를 얻을 수 있다.

본 사업의 성공을 위해서는 비용 요구의 달성을 최우선시해야 한다. 이 순항미사일이 야말로 대량으로 획득한다면 비용효과가 가장 큰 체계이다. 또한 탄약체계와 같은 개념으로 조달할 수 있다. 순항미사일 체계 솔루션의 관건은 로트(Lot) 별로 효과적이고도 효율적인 폭탄의 생산이 이루어져야 한다는 점이다.

대량생산의 이점

상대적으로 저비용의 전술 순항미사일에 기반을 두고 미국의 작전무기 개념은 ‘수량 그 자체가 품질이다’ 라는 색다른 철학에 따라 현대화시킬 수 있다. 오늘날 탄약을 대량 생산하는 것과 같이 공중무기체계도 마찬가지로 방법과 같은 비용으로 대량생산이 가능한 지를 알아보는 것은 흥미있는 일이 될 것이다.

승무원의 안전과 각 플랫폼의 생존성에 대한 우려 때문에 미군은 지금까지 기본적으로 유연하고 정교한 시스템을 생산해 왔다. 이 전략은 매우 고비용의 솔루션이라는 결과로 이어졌고, 따라서 확보된 물량도 미미하다. 본질적으로 군은 고위험을 안겨 주는 시나리오조차도 인간에 의한 작전에서 거두는 이점보다는 운용자의 안전을 선호한다. 무기의 취약성과 인간 운용자의 필요성 간의 상관관계에 대해서는 신중한 검토가 끊이지 않는다.

예를 들어 Predator와 같이 원격조종 항공체계는 그 가치가 입증되었지만, 이를 공격 임무에 투입할 경우에 원격조종 항공체계는 부수적 피해 및 작전승인 공역을 최소화하는 쪽으로 시나리오가 원천적으로 제한된다.

저비용, 장거리 무기는 지금 현재로는 훨씬 더 정교한 플랫폼이 담당하는 임무를 수행할 수 있게 될 것이다. 예를 들어, 정교한 요격기는 공격기의 접근과 퇴각을 방어할 수 있다. 기만장치(Decoy)처럼 활동하는 순항미사일은 난이도 높은 임무를 달성하고, 이들 체계의 생존성을 높여서 더 우수한 타격체계가 될 수 있게 한다. 만약 저비용의 순항미사일 몇 기가 원거리 타격 선행요소로 사용하고 방공망을 타격한다면 유인 공격기는 더

육 성공적으로 적 공역 침투가 가능하다. 또한 유인항공기와 유사한 신호를 발생시키면서 저비용 순항미사일을 대량으로 발사한다면 적의 방공망을 파괴하고, 적의 감시망을 교란시켜서 많은 표적을 타격할 뿐 아니라, 적 지휘관은 정보가 없는 상태에서 판단을 내리게 될 것이다. 이 접근법은 적이 표적 요격을 위해 대량의 센서 및 플랫폼에 투자하도록 만드는 한편, 미국 유인 항공기의 취약성을 감소시키는 효과도 거둘 것이다.

기술 및 생산 위험

저비용 군사체계의 설계 및 엔지니어링은 탄약제조에 사용되는 오래된 기존 기술과 3D 프린팅처럼 저비용 제조공법으로도 쉽게 생산이 가능함에도 불구하고 그간 큰 주목을 받지 못하고 있었다. 또 미군이 기술적으로 더욱 정교한 플랫폼을 소량으로 만들어 시범을 보이면, 적은 그에 맞는 대응책을 마련할 수 있었다. 예를 들어, 적 방공망이 있는 지역에는 스텔스 대응에 중점을 두고 전자전 대응책을 운용하며, 중앙임무지휘소를 구축하여 정교한 무기를 소량만 비치할 수 있을 것이다. 이와 같은 방법으로 미국이 단순한 플랫폼을 대량으로 운용한다면 적은 상당히 많은 자원을 투자해야 하며, 동시에 이것은 적의 작전 및 국방물자전략을 바꿔 놓을 수 있다.

생산비용은 저비용 장거리 무기체계의 타당성을 결정하게 한다. 즉, 비용은 무기 도입을 판단하는 데 결정요인이 될 것이다. 상기 순항미사일체계는 인간이 원격으로 상호작용하는 대형 재래식 탄두를 탑재한 전술무기로 고려되어야 한다. 종말유도체계는 기체, 항공구조를 사용하여 고도의 정밀도를 달성해야 하며, 이것은 적정 양력, 항력, 신호 특성을 제공하여야 하기 때문이다. 추진체계는 무기체계가 대륙간 사거리 (대신 아음속) 비행 및 적정 시간범위 내에 임무를 달성할 수 있는 저비용, 장기운항 터빈엔진 부체계를 사용해야 할 것이다. 또한 단거리 시나리오를 위해서는 상당한 지연 능력을 갖춰야 한다. 고의적인 지연을 실시할 경우에는 순항미사일처럼 감시 및 정찰 기능까지 할 수 있는 극도의 장기운항성이 있는 시스템이어야 한다. 지상, 함상, 공중발사 다양성을 평가하고 모든 성과는 공용설계를 통해 최상의 가치를 얻도록 추진해야 한다. 이 같은 다중임무 능력은 글로벌 원거리 타격능력을 유지하기 위한 모든 수단을 보장할 것이다.

이 체계에 대한 요구가 소구경 폭탄 또는 공중발사 순항미사일로 만족될 수 있는가? 단지 단가가 4만 달러에 불과한 소구경 폭탄은 폭격기뿐 아니라 다양한 전투기에서 투하할 수 있다. 하지만 이는 불행하게도 표적 100km 내에서만 가능하고, 정밀도가 떨어지며 치사율도 낮다. 공중발사 순항미사일을 기반으로 하는 재래식 대체품들은 퇴역했지만, 당시의 생산 경험은 동종 무기의 개발, 획득 위험 감소에 크게 기여할 것이다. 공중발사 순항미사일의 재래식 개량형(비용 약 100만 달러)은 사거리가 약 700km이다. 사거리가 1,500해리 이상인 핵공격용 공중발사 순항미사일은 폭발, 세열, 표적 관통체 탄두로 개조하여 최대 3,000lbs (1,360kg)까지 탑재체를 운반할 수 있다. 하지만 이를 발사할 수 있는 기종은 노후화된 B-52 폭격기뿐이며, 미사일 또한 단종되었다.

정책 쟁점

미 공군은 공중발사 순항미사일을 개조한 후 능력이 미달되는 첨단 미사일을 퇴역시킬 계획을 2007년에 발표한 바 있다. 아울러 공중발사 순항미사일도 500기 이상 감축시키고 핵미사일 528기만 잔류시켰다. 미사일 감량의 배경은 전략무기 감축협정으로, 현재 배치된 핵미사일을 2012년까지 2,200기 이하로 줄인다는 목표이다. 2012년에 미 공군은 공중발사 순항미사일의 수명주기를 2030년까지 연장하는 계획을 발표하는 한편, 이를 대체할 장거리 원격무기 개발 계약을 2015년 내로 체결할 것이라고 밝혔다.

상대적으로 무거운 탑재체를 운반할 수 있는 대륙간 정밀 순항미사일을 배치한다는 정책은 시사하는 바가 상당히 크다. 그 같은 체계의 개발이 현행 국제협약에 위배되지 않지만, 생산과 배치에는 문제가 있다. 특히 본 연구의 권고안이 수천 기의 공중발사 순항미사일을 생산하는 것이기 때문에 조약 참가국의 우려가 다분히 예상된다. 이러한 무기가 잠재적 핵투하 도구가 아님을 입증하는 전략이 개발되지 않는 한 상기 무기체계 개념은 수정이 필요할 지도 모른다. 본 체계의 배치 옵션이 성공을 거두기 위해서는 사거리, 탑재체, 또는 수량의 감축이 요구될 가능성이 있으며, 어느 한 가지가 국방부가 수용 불가능한 개념이 될 수도 있다. 그럴 경우엔 상기 재래식 무기가 운반하는 탑재체를 검증할 수 있게 조약 참가국에게 사찰을 허용하는 것도 하나의 조정안이 될 것이다.

사업관리 및 조정

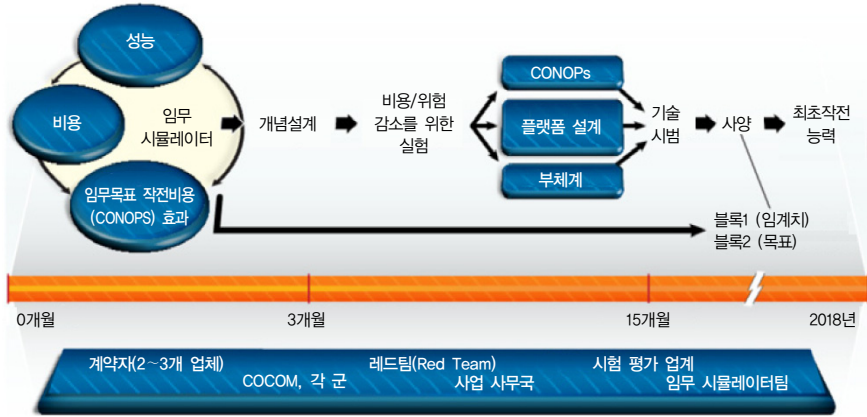
대폭적인 예산감축과 더불어 빠르게 변모하는 유비쿼터스(Ubiquitous) 미래기술은 미국의 전투력 우위 유지능력에 도전을 제기한다. 우리가 희망하는 최종상태를 달성하려면 투자비용 대비 최대 능력 확보를 목표로 비용, 성능, 임무정의, 작전개념, 적대 세력의 진보 등의 요소를 계속적으로 저울질해야 할 것이다. 이와 같은 체제로 운용하는 방법을 익히려면 통합 전투능력의 개발 및 배치에 사용되는 방법에 변화가 필요하다.

이 사업은 시스템 개발을 위한 접근법을 식별하고 대체하는 실험의 근간을 만들어야 한다. 이 접근법에서 핵심역할을 하는 것은 사업성공을 판단하는 비용목표(사업 성공의 분수령임)를 부과 받은 관리지도팀, 사업사무국, 전투지휘 및 각 군의 대표자, 계약자 2~3개 업체, 시험 업계 전문가, 임무분석 시뮬레이터 전문가, 그리고 사업타당성 및 적대 세력 능력을 담당할 레드팀 등이다.

관리팀은 그림 6의 사업 절차에 따라 비용, 능력, 임무성공 거래를 달성하는 업무를 담당한다. 초반 3개월 동안 관리팀은 계약자에게는 개념설계 및 실제 예상비용을 산출하게 하여 이를 통해 비용과 성능이 균형을 이루는지 다분야간 연구(Trade Study)를 수행하여야 한다. 이들 연구는 개발 계약자와는 독립적인 관계에 있는, 예를 들어 연방에서 자금을 지원받는 연구개발센터, 대학 부설연구소 또는 독립비영리 실험실에 의해 제공되고 유지와 운영을 담당하는 임무 시뮬레이터로 평가되어야 한다.

사업 착수 3개월 후에는 개념설계가 몇 차례 비용 및 위험 실험에 따라 판단되어야 한다. 사업 착수 약 15개월 후면 선정된 시스템설계, 부체계, 운용개념이 기술시범단계로 통합될 수 있을 것이다. 이 시점에서 엔지니어링 개발, 완전한 개발, 2018년에 최초운용능력에 대한 기본을 제공하는 전체시스템 사양을 완성해야 한다. 비용, 성능, 임무 간의 균형유지 작업은 사업기간 전반에 걸쳐 계속되고, 이와 아울러 임무 및 적대 세력 개발을 반영하여 요구성능에 맞추기 위해 조정이 계속 이루어질 것이다.

그림 6 대륙간 사거리의 재래식 저비용 효과를 위한 추천 시행계획



본 사업에 대한 책임은 기술시범단계까지는 USD(AT&L)이 주관하고, 그 이후에는 적합한 집행부처로 책임이 이관될 것이다.

●○ 권고안 5

USD(AT&L)는 1발당 단가가 200만 달러 미만인 저비용 재래식 무기개념을 평가, 설계, 개발한다. 이 무기는 정찰 및 공격임무를 지원하고, 최대 5,500km(3,000해리) 사거리 내에 있는 주요 무기, 센서, 시설 및 기반시설 표적을 타격할 수 있어야 한다.

장기운항, 자율적인, 네트워크형 무인 잠수정

장기운항, 자율적인, 네트워크형 무인 잠수정에서는 2030년의 수중위협 및 우방 경쟁국, 지역 적대 세력에 대비하는 기반시설 문제를 저비용으로 해결 가능한 능력 및 기술을 다룬다. 2030년 시점에 충족되지 않는 요구사항은 해상 환경의 반접근에 저비용으로 대응하는 문제가 될 것으로 예상된다. 적대 세력의 고성능 및 소음이 적은 첨단 디젤전기 잠수함에 대해 대응할 미국의 기본 대항능력은 핵잠수함이다. 이는 적의 디젤전기 잠수함에 비해 10배 정도의 비용이 많이 드는 플랫폼이다. 상당한 수량의 디젤전기 잠수

함을 배치할 경제능력을 보유한 우방 경쟁국 또는 지역 적대 세력에 대하여 저비용, 장기운항 무인 잠수정의 네트워크화를 위한 제안된 개념은 반접근 수중위협에 저비용으로 대응하도록 핵공격 잠수함의 능력을 지렛대로 활용할 것이다. 잠수정은 양산비용이 적의 디젤전기 잠수함에 비해 1/10 단위로 적게 들 것으로 예상된다. 효과적으로 도입이 가능하려면 해당 양산단가가 1,000만~2,000만 달러 범위에 들어야 할 것이다.

미충족 작전 요구

2030년 안보환경 동향을 고려할 때 미 해군 원정군은 20세기 디젤전기 잠수함 및 어뢰 기술과 21세기 탄도 순항미사일로 인한 취약성이 증가할 것으로 예측된다. 하위계층의 경쟁국도 마찬가지로지만 우방 경쟁국들은 2030년이면 미 기동부대 표적을 획득하는데 우주기반 및 지상 센서 네트워크를 이용하는 동시에 접근거부 및 비대칭교전우위 달성을 위한 기술을 끊임없이 응용할 것으로 보인다.

미군은 비용이 점차 증가하는 유인플랫폼 수를 줄이고 수중능력을 제공하는 로봇기술 및 자율운행장치 사용을 증가시키도록 노력해야 한다. 특히 적대적 화력 권역에서 수행되는 임무에 유인플랫폼이 노출되어 발생하는 사상자 위험을 경감시키고자 노력해야 할 것이다. 현재 미충족 작전 요구는 다양한 수중임무 지원에 소요되는 대형 탑재체, 이동거리, 운항시간, 생존성을 제공하는 수중 로봇 플랫폼을 포함한다. 수중 로봇 플랫폼은 축소된 함대 이동거리의 확대, 접전지역에서 지속적인 임무수행 등에 담당할 필요한 능력을 가져야 한다. 또한 비용 대 효과가 있는 개발이 되어야 한다. 그와 같은 저비용 잠수정을 이용한 네트워크식 접근법은 2030년의 저비용, 주요 임무능력 구현을 가능하게 할 것이다.

작전개념의 진화

20세기 디젤전기 잠수함 기술이 21세기 해군력에 대해 계속해서 실질적 도전을 제기한다는 것은 아이러니가 아닐 수 없다. 또한 동시에 저비용 저위험 추진기술이 수중 로

봇 잠수정용 장기 운항 동력 패키지에 대한 응용에 대해 간과되었다는 사실도 모순이다. 전기자동장치에 사용되는 고용량 배터리 및 고효율 모터의 기술향상에 따라 추진장치의 개념이 더욱 매력적인 대안으로 부상했다. 그 외 장기운항 수중 잠수정용 옵션으로는 연료전지 기술, 첨단 전기화학 및 방사성 감쇠 에너지원을 들 수 있다. 또한 대형 디젤전기 무인 잠수정을, 조력 에너지를 동력원으로 활용하는 초저비용 소형 무인 잠수정으로 확대하는 방안도 고려해야 한다.

단기 작전개념은 접전 연안수역 및 지역해역 내에서 지속적으로 작전과 전개가 가능하고 충분한 운항거리에서 자체전개, 네트워크화된 자율적인 잠수정이다. 반접근 전략을 격퇴시키기 위해 무인 잠수정의 탑재체는 음향에 의한 허위 표적, 기만장치를 생성하고 해저감시 및 위협을 위장하며 위협 소재를 파악할 수 있어야 한다.

운동에너지에 의한 공격을 위해서는 잠재력 및 위장기법을 사용할 경우, 우방 경쟁국 디젤전기 잠수함, 무인 잠수정, 반접근 시스템의 요소와 기능을 현격하게 저하시킬 수 있는 각종 수중체계의 활동을 유발시킬 수 있다. 이것은 해안기지의 고정식/이동식 군용 상용 통신 및 임무지휘 네트워크와 같이 수중 센서 그리드, 고정 및 이동 노드(Node)를 포함한다. 일반적으로 무인 잠수정은 유인 잠수함이 포함된 대형 전단과 조화를 이뤄 시너지 효과를 내면서 무인 잠수정 함대의 일원으로서 작전할 것이다. 무인 잠수정에 내장된 통신능력 및 탑재체 크기, 중량, 동력의 개량은 2030년 다목적 능력 실현을 가능하게 해줄 것이다.

요구 능력

디젤전기 잠수함, 무인 잠수정, 기뢰에 의한 수중위협 및 원격현장에서 이들을 배치 정열하기 위해서는 아래에 열거한 능력이 요구된다.

- 규모와 추진기관은 자체 전개, 연속작전, 신속한 재배치를 위한 장기 및 장거리 운항이 가능해야 함
- 심해 운항을 위한 항법센서
- 비밀 교신 및 수시로 광대역 정보교환이 가능한 장거리 통신시스템
- 임무단계 자율 및 전술 상황인식

- 작전지역을 적시에 관장하고, 협력활동을 펼칠 수 있도록 대량의 잠수정을 저비용으로 제작할 수 있는 능력
- 적대 세력의 감지, 항법, 통신체계에 영향을 줄 수 있는 반응성 음향 위장, 재밍, 허위표적 생성 등 다중임무영역을 지원할 수 있도록 탑재체 크기, 중량, 동력 면에서 대폭적인 개선

지원 기술

장기운항 추진기관 기술 및 관련 구성품은 전기차량 산업에서 도입할 수 있다. 예를 들어, 디젤전기 구동장치와 개량 리튬전지 기술을 결합하는 것도 가능하다. 요구 능력을 달성하려면 이들 기술을 통합하는 성숙한 기술과 무인 잠수정에 적용하는 경험이 필요할 것이다.

장거리 운항 능력의 핵심은 정밀 관성항법 장치이다. 이를 위한 대안으로는 첨단 초저주파수 표류 센서 및 심해용으로 개량한 상관속도 자동기록기(Correlation Velocity Logger)에 의한 관성장치가 있다. 첨단 센서 및 통신기술로는 적 플랫폼상 능동 및 수동 센서의 음향 영역 위장을 위한 장거리 음향 및 지원 트랜스듀서(Transducer) 기술이 포함된다.

무인 잠수정들이 임무단계에서 합동 자율성을 확보하는 기술은 매우 중요하다. 임무단계 자율적인 신뢰성과 성능은 검증이 가능해야 하며 새로운 임무, 센서, 탑재체에 곧바로 채택할 수 있어야 한다. 동시 작용하는 능동 소나용 신호처리 기술도 개발해서 잠수정 공동운용에 사용될 수 있도록 발전시켜야 한다. 플랫폼 구성품, 탑재체 구성품, 소프트웨어용 개방형 아키텍처 역시 자율성, 통제, 탑재체 신호처리를 위한 또 하나의 핵심 기술이다.

신형 센서 및 탑재체 기술이 성숙됨에 따라 신기능의 블록 업그레이드가 실현될 것이며, 시스템 비용제한의 범위 내에서 통합이 가능할 것이다.

개발 계획

유인 플랫폼을 보완하는 대형 로봇 잠수정이 2030년 내로 작전능력을 확보하려면 장비의 실험과 개발사업, 전술, 임무수행 경험 등이 필요하다. 가장 효과적인 방법은 유인 잠수함

과 네트워크를 이루어 단기적으로 대형 무인잠수 플랫폼을 진화하며 활용하는 것이다.

이를 위해 3단계 사업을 계획해 본다. 첫 번째 단계는 기존 상용 및 연구용 무인 잠수정을 사용하여 실험방식, 탑재체, 작전개념을 개발하는 것으로 시작한다. 1단계 기간에는 Proteus (Bluefin), Echo Ranger(Boeing), Seahorse(펜실베이니아 대학교 응용연구실험실) 등의 기존 플랫폼에 항전장비 및 임무 하드웨어를 통합시킨다. 그리고 원격 유인 플랫폼과 함께 네트워크화해서 무인작전 가능성을 설정하는데 이용한다. 이 때 일차적으로 주로 정립하고 입증하는 능력은 음향을 이용한 위장, 재밍, 허위표적 생성 네트워크를 활용하여 적대 세력의 디젤전기 잠수함 및 무인 잠수정의 반접근, 지역 거부 전략을 교란시키는 능력이다. 이 실험은 실제환경과 임무성공률을 증가시키기 위해 협동적 자율성(Cooperative Autonomy)을 활용하는 전술 및 소프트웨어를 개발하는데 있어서 임무센서와 네트워크 통신의 성능 확보에 중점을 두어야 한다. 실험기간을 4년으로 계획하고 마일스톤을 점검해 나가길 권한다.

1단계에서 나온 데이터는 시스템 엔지니어링 업계에 정보를 제공하고 2단계를 위한 운용거리, 속도, 수심, 탑재체 등 성과목표에 지침을 제공할 것이다. 2단계는 2020년 최초작전능력 확보를 위하여 혁신적인 임무능력을 갖는 저비용의 잠수정, 관련 항전 장비 및 탑재체 구성품을 개발하는데 1단계 실험에서 얻은 교훈을 활용하여야 한다. 이때 필요한 운항거리 및 내구력을 확보하는 데는 하이브리드 디젤전기 추진장치가 유력한 후보가 될 수 있다. 2단계에서는 한 척 또는 몇 척의 대형 표준 무인정 파생형에 대한 개념을 세우고 장비의 양산에 착수하여 작전부대의 훈련함대 및 정비보급함과 같은 지원기반구조가 되어야 한다. 2020년까지 최초작전능력을 달성한다는 목표는 주요 지역 위협에서 장기작전을 지원하는 함대도 포함되어야 한다.

3단계에서는 첫째 장기운항·다목적·자율 네트워크형 무인 잠수정이 미래에 진화할 수 있도록 구성품 기술 업그레이드와 확대된 능력을 통합시키고, 둘째, 확대된 임무를 위한 전술·기법·프로토콜을 구축하며, 셋째, 점차 진화하는 위협환경에 대처하는 무인 잠수정 함대를 포함하여 숙련된 운용병력·지원기반구조를 더 많이 구축하는 것이다. 이 함대를 활용하여 수중환경에서 비용 효율적이고 안전하게 임무를 수행하는 능력은 현재의 무인기 운용만큼 일반적이고 흔한 개념이 될 것이다.

● 권고안 6

해군참모총장은 해군전투개발사령부(NWDC)에 최초로 음향 위장, 재밍, 허위표적 생성 능력을 갖춘 저비용 무인 잠수정 플랫폼 네트워크 개발에 착수하도록 임무를 부여한다.

- NWDC는 신형 무인 잠수정 체계에 대한 작전개념 개발 및 현행기술의 활용을 위해 해군연구소 및 해군해양학과와 연계한 협력사업을 시행해야 한다. 사업목표는 단기능력 시연 및 기술 성숙 시에는 새로운 수중임무능력을 위한 블록 업그레이드 옵션을 설정한다. 이때 무인 잠수정 생산 시에는 적의 디젤전기잠수함 생산단가보다 1/10 수준에 맞출 수 있도록 엄정하게 비용목표 달성에 중점을 둔다.

첨단 수직 이착륙기

지난 30년간 육군의 수직 이착륙기 비행대는 위협환경에 대해 수많은 임무를 지원해 왔다. 공중기갑 무기지원체계와 수송지원체계가 국가에 크게 공헌해 온 것은 사실이지만, 근래 수년 동안 개량이 이루어지지 못했다. 회전익 항공기를 생산하는 미국 산업기반은 현재 손실 항공기 대체 및 복귀하는 비행대용으로 약간의 개량을 거친 기종을 국방부에 공급 중인 실정이다. 따라서 현재의 능력은 한계에 도달했으며, 갈수록 커지는 비대칭 위협에 대처하기에는 부적합하다. 현재의 수직 이착륙 유연성을 대폭 개선시키는 진화하는 기술을 잘 활용한다면 더욱 유연성 있게 미군이 광범위한 지역에서 작전할 수 있다. 그러므로 적에게 이를 방어하기 위한 개발을 하게 유도함으로써 큰 비용을 부과시킬 수 있다.

근래 수직 이착륙 분야에서 상당한 기술발전이 있었으나, 일부 부체계의 개량에만 응용됨으로써 체계 전체에 대한 효과에는 제한적이었다. 미래 신 기종 개발은 신속 대응 개념뿐 아니라 적 공격으로부터 안전한 거리의 원격 기지에서 작전능력 유지 및 군수지원을 위해서도 필요하다.

작전 요구

지난 반세기 동안 지상전은 육군, 해병대, 특수부대의 주도로 지리적으로 비교적 저개발 지역에서 수행되었다. 따라서 이러한 지역의 열악한 도로사정은 많은 군수물자를 처리하는 데 적합하지 않았다. 테러리스트, 반군, 국가 후원 작전, 동조세력에 의한 원주민이 근접 급조폭발물을 사용하거나, 또는 근래 급증하고 있는 단거리 정밀유도무기를 사용하여 원시적인 육로수송망을 교란시키기 일췌이다. 공항, 항만, 전방 작전기지, 전초, 전방지역 재급유반 등 고정기지 또한 유도/비유도 단거리 지대지 미사일 공격 및 침투인원에 이와 유사하게 노출되어 있다.

따라서 전방지역 지상작전은 필연적으로 전방 지상기반구조 방호를 위해 전투병력을 전환시키게 되며, 군수지원 및 지상병력 기동력을 위해 헬기에 의존하는 경향이 커진다. 일부 미 육군 작전의 경우, 임무수행에 소요된 총 연료의 절반은 헬기에 의해 소요되었다. 추가 방어전투부대 및 전방기지 헬기를 지원하는 임무는 그 자체가 전방 군수 지원에 큰 부담을 주는 일이다.

오늘날의 헬기는 작전거리 약 150해리, 순항속도 140kts, 안전 통행 고도 15,000ft로 능력이 제한되어 있다. 이러한 단거리, 저속, 취약한 고도와 같은 한계는 작전의 유연성을 제한시킬 뿐 아니라, 원격기지 운용을 불가능하게 만들어 전방 군수지원의 부담을 줄일 수가 없는 실정이다. 해군도 대잠전, 기뢰제거, 해상 운항 자산 간의 이동, 수색구조임무, 인도적 지원 등 수직이착륙 능력에 대한 의존도가 점차 증가하고 있다.

이와 같은 한계를 극복하기 위해 미 육군은 X-PLANE 사업에 착수했다. 합동 다목적 중형 수직이착륙기를 대체하기 위해 신 기종에 대한 최초작전능력을 2034년까지 획득한다는 계획이다. 이 사업은 작전반경을 250해리(현 능력의 1.6배)로 늘리고 순항속도를 230kts(현 능력의 1.5배) 늘리는 등 몇 가지 개량을 목표로 한다.

2012년 말, DARPA는 개념 작전반경 500해리(현 능력의 3.3배), 순항속도 300~350kts(현 능력의 2배 이상)의 획기적 기술을 도입하기 위해 능력의 다기능 기체형상을 검토하는 확장형 수직 이착륙 X-PLANE 사업계획에 착수했다.

본 연구는 현행 기술진보를 활용하여 더 많은 개량이 이루어지길 권한다. 더욱 획기적인 시스템은 작전반경 1,000해리, 총 중량 20,000~30,000lbs를 투하 가능해야 한다.

그림 7 개선 제안된 수직이착륙 X-PLANE 작전반경 지도

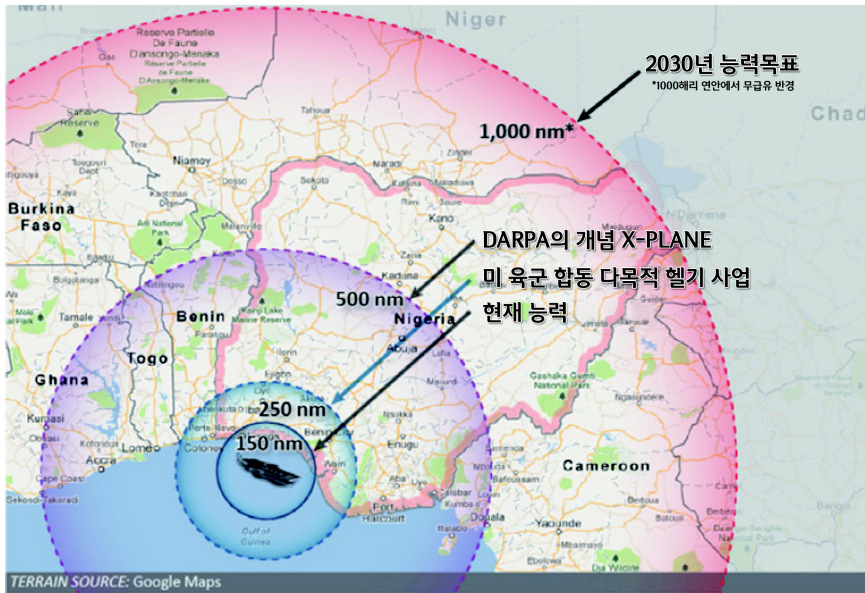


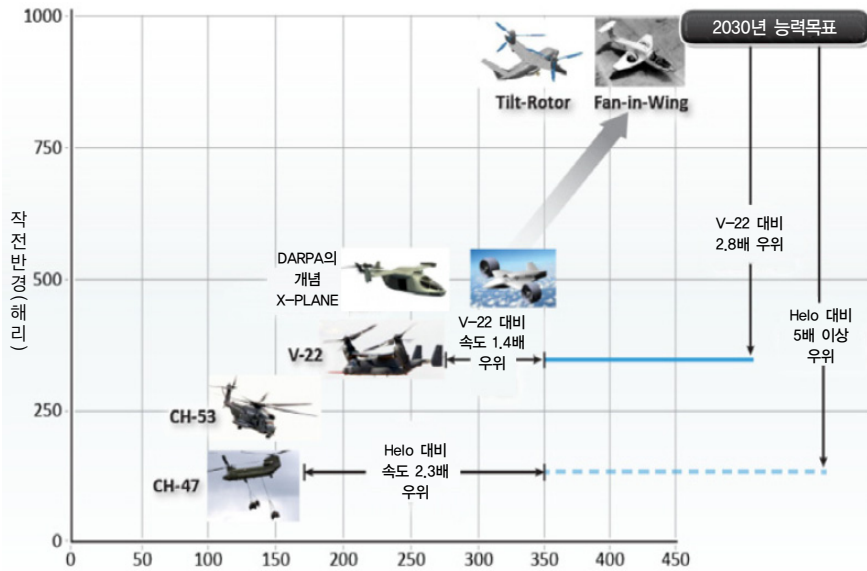
그림 7은 해안에서 100해리(185km) 떨어진 지점에 위치한 가상의 해상기지에서 개념상의 국가에 대해 각 능력을 어떻게 운용할 수 있는지 보여준다.

예상 성능

지난 7년 동안 첨단 수직이착륙 기술에 대한 설계 타당성조사에 약 1억 달러를 투자했다. 공력효율, 연료소모 및 기체 자중분율(Empty Weight Fraction)의 개선을 통해 작전반경은 5배 연장하고 항속을 2.5배 향상시키는 일은 현실적으로 달성 가능하다. 기체 형상을 개량함으로써 양항비(lift-to-drag ratio)는 3배 이상 개선하였고, 엔진 연료소모는 약 25% 절감, 자중분율은 약 10% 줄였다. 그림 8에서 알 수 있듯이 현행 수직이착륙헬기와 첨단 수직 X-PLANE을 비교하면 작전반경 및 속도에서 큰 차이가 있다.

이와 같은 성능개량으로 전구기지 끝 또는 해상에서 약 350kts의 속도로 작전반경 1,000해리(1,850km)까지 무급유 접근능력을 실현할 수 있을 것이다.

그림 8 첨단 수직이착륙기의 작전성능



이상에서 언급한 2030년 목표를 달성한다면 전략적 이점은 다음과 같다.

- 무급유 작전반경 및 비행시간 향상
- 적 공격으로부터 안전한 거리에 있는 원거리 기지 활용
- 전방 군수부담 감소
- 공중급유기 의존도 감소
- 작전 전개능력 향상 및 인접지역에 더욱 신속대응

실험 계획

저비용으로 상기 성능을 획득하기 위해 DARPA의 확장형 X-PLANE 초도사업은 타당성 있는 부체계를 기반으로 신중히 위험을 감소시킬 수 있는 접근법이다. X-PLANE 사업은 다음의 세 가지 목표를 설정해야 한다. 첫째, 2030년을 목표로 성능을 달성할 수 있도록 기술이 확장되어야 하고 둘째, 비행시험을 통해 하나 이상의 개념을 도출해야 하며, 셋째, 2020년 이전에 획득사업(Program of Record)으로 이행할 수 있도록 성능목표를 달

성하는 것이다. 계약에 대한 승인이 나면 여러 정부 기관이 이를 공동으로 발표하고 공개경쟁을 통해 혁신적인 개념들을 유치해야 한다.

국방부는 실험이야말로 능력 달성을 위한 핵심적이고 생존 가능한 전략이라는 점을 오랫동안 인식하고 있다. X-PLANE 사업은 야전실험 단계에서 수행되어야 할 전형적인 입증실험이라고 할 수 있다. 표 5는 수직이착륙 X-사업의 실험주기에서 고려해야 할 네 가지 핵심요소를 제시한다.

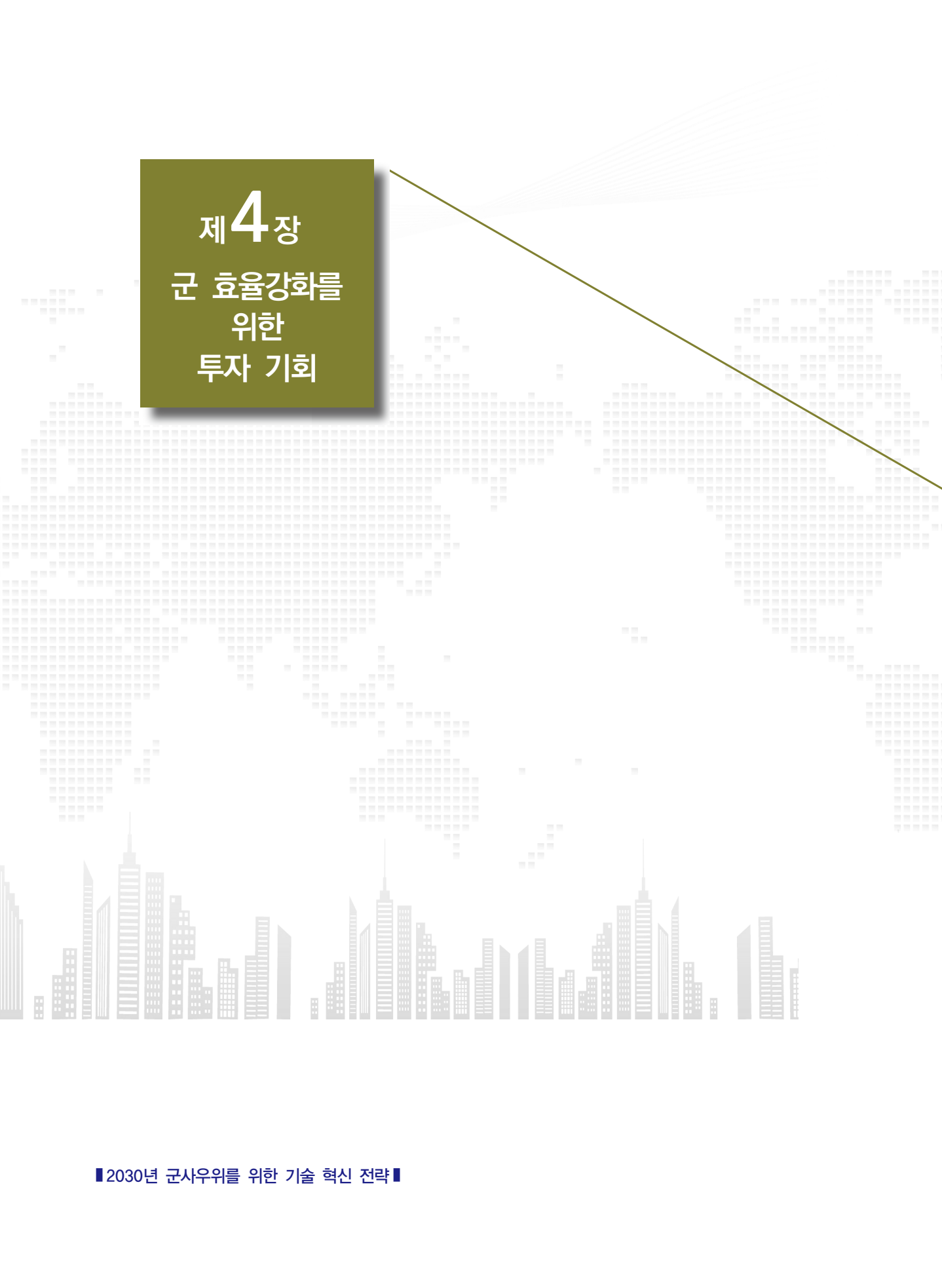
표 5 X-PLANE 개발 성공을 위한 실험

핵심요소	X-PLANE 사업활동
촉진 워크샵	획기적인 사업 요건을 확립 기술 타당성 및 성숙을 위한 ‘업계의 날(Industry Day)’ 행사 최종고객 참여 및 작전개념 확립 경쟁을 통한 정부기관의 입찰공고
	기술 및 부체계 위험요소 확인
합성 환경	모델링 및 시뮬레이션 활용으로 작전 시나리오별로 다양한 개념을 평가 모델링 및 시뮬레이션 활용으로 비행 속도·거리·탑재체에 대한 성능지수 검증 레드팀을 결성하여 개념체계에 대한 성숙도 검토
소규모 훈련 활성화	인수시험기준을 포함한 기술 및 부체계 위험영역에 대한 시험계획 개발 관련 시험 수행 실험결과를 반영한 개념 재정립 상세 시제기 설계업무로 이행 야전실험 계측방법 및 위치선정 업무로 이행
야전실험 및 훈련	수락에 대한 체계 비행시험 계획 및 기준의 검증 미 특수부대 시험장에서 미 육군 훈련 및 교리 사령부 참여 하에 시제기 비행시험 수행 시험사업의 연구결과를 반영하여 시험비행 사업을 조정

● 권고안 7

DARPA는 수직이착륙 X-PLANE 시범사업을 확장 가능한 첨단 수직이착륙 능력 획득의 출발점으로 활용한다. 이로써 획기적인 전술과 결합하여 작전 유연성을 대폭 향상시킬 수 있다.

- DARPA의 X-PLANE 사업은 수직이착륙 기술, 부체계, 기체구성, 확장성 등의 요소를 주요 요건으로 다룸으로써 X-PLANE이 특수부대 및 육군 임무에 맞는 작전효율을 확보하도록 해야 한다.
- DARPA 사업의 소요자금을 연 2,000만 달러로 증액, 5년간 진행하면서 여러 개념 중 한 가지 이상이 시험비행까지 이어질 수 있도록 해야 한다.



제4장
군 효율강화를
위한
투자 기회

- 병사 군장을 가볍게 하는 방사성핵종(radionuclide) 배터리
- 전투원의 회복력과 성과
- 차세대 훈련

2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략



Ⅰ 제4장 군 효율강화를 위한 투자 기회

미군은 지원군으로만 구성되므로 이들의 전문 직업의식과 능력을 강화하는 것이 무엇보다도 중요하다. 본 장에서는 기술향상을 통해 군 효율성을 강화할 뿐만 아니라, 사기 진작·새로운 전술 확보·훈련시간 단축 등을 통해 전투력을 획기적으로 상승시킬 수 있는 몇 가지 혁신적인 방안을 제시했다.

병사 군장을 가볍게 하는 방사성핵종(radionuclide) 배터리

오늘날 전장에서 전원 공급원은 갈수록 중요도가 커지는 성공요인으로, 이러한 추세는 앞으로도 수 년 동안 계속될 것이다. 무게·공간·군수지원 소요를 실질적으로 줄이면 서도, 저렴하고 신뢰성 있으며 안전한 전원이 여러 단계에서 절실하게 필요한 실정이다.

현재 특수작전 병사와 보병의 군장은 통상적으로 100lbs를 초과한다. 이 중 20~30lbs 이상은 순전히 전원함과 배터리 무게이다. 더욱이 저장용량의 한계로 정기적으로 배터리를 교환하거나 충전해야 하기 때문에, 임무수행에 극단적으로 지장을 받는다. 감시·정찰 센서와 모니터는 원거리나 적대 지역 또는 전략적인 장소에 많은 노력과 위험을 수반하며 배치되는 수가 많다. 불행하게도 전원 공급장치 교체를 위해 이러한 장소를 주기적으로 재방문해야 하므로 은밀하게 운용 중인 장비가 적에게 탐지될 수 있고, 더 중요하고 심각한 문제는 관련 인원에 대한 위협이다. 그러나 새로 부상하는 전원 기술은 이러한 문제를 개선시킬 가능성이 크다.

따라서 본 연구는 핵심 국방임무에 이용 가능한 전원과 개발진행 중인 전원의 효율성을 고찰하였다. 검토 시 에너지밀도·전력밀도·신뢰성·수명·가능한 임무범위·운용·생산성·비용 등의 성능변수를 중심으로 살펴보았다. 광범위한 기술분야를 고찰했는데, 우선 첨단 전기화학 배터리, 탄화수소 연료전지에서부터 방사성 동위원소 전지 및 저농축 연

료를 이용한 소형 핵분열 원자로까지 확대했다. 본 연구는 이 기술들을 관심이 있는 다음 5대 임무영역으로 구분하여 평가했다.

1. 무인·근접 감시센서용 장수명 전원
2. 특수작전 임무용으로 병사가 휴대할 수 있는 장수명 전원
3. 전방작전 기지용으로 군수지원을 현저하게 감소시킨 전원
4. 위성용 고 에너지, 고 전력밀도 전원
5. 무인 잠수정용 고 에너지, 고 전력밀도 전원

무인센서용 에너지 옵션

본 연구에서는 무인센서용 초장수명 전원을 가장 주목할 만한 임무영역으로 파악했다. 전기화학 배터리 성능향상을 위한 투자는 의심의 여지없이 계속될 것이다. 그러나 현재 배터리 기술로는 장수명·휴대형·자율형 애플리케이션에 요구되는 미래의 에너지 밀도를 충족하기 어려울 것이다. 설사 향후 전력 밀도 개선노력에 약간의 결실을 본다 하더라도, 적대적 환경에서 화학배터리는 정기적으로 교환해야 하는 위험을 안고 있기 때문에 그러한 기술은 바람직한 선택이 되지 못할 것이다.

따라서 대안으로, 현재 방사성핵종 감쇠원 기술을 사용하는 배터리는 가솔린에 비해 10만 배 높고, 전기화학 배터리에 비해서는 100만 배나 높은 에너지밀도를 낼 수 있다. 표 6에 여러 가지 연료에 따른 에너지밀도를 제시하였다.

표 6 연료별 에너지 밀도

에너지 원	에너지 밀도(kJ/cm ³)	
태양, 바람	NA(분산됨)	깨끗하고 풍부한 에너지이나 분산성으로 인해 간헐적으로 이용 가능, 가치 있는 보조 에너지원
전기화학	3-5	개인용 전원으로 기본적인 에너지원 상용시장에서 개발 주도
화석연료	20-35	가솔린=35 운반체 추진 및 동력용 기본적인 에너지원, 기본 전원
방사성 동위원소	>100,000	개발되지 않은 상당한 잠재력 보유
소형 핵분열 원자로	>10,000,000	개발되지 않은 상당한 잠재력 보유

이러한 장수명 전원은 연속·저전력 발전에 매우 적합하다. 또한 감시카메라와 같이 가끔씩만 고출력이 요구되는 장비에는 이런 배터리를 축전기 또는 초고용량 축전기(ultra-capacitor)와 함께 적용할 수 있다.

방사성 동위원소 취급 시에는 적절하게 주의해야 하지만 방사성물질의 기본적 물리학에 따르면, 저장된 에너지는 급격하게 방출되거나 순간적으로 방출되지는 않는다. 방사성 동위원소의 반감기가 길기 때문에, 에너지 방출속도는 물질의 환경에 따라 바뀌지 않고 일정하다. 방사성 동위원소가 진단의학 분야에서 광범위하게 사용되고 있는 것은 이러한 물질이 안전하게 생산되어 일상적으로 널리 보급되고 있다는 것을 보여준다. 적절한 설계 및 포장으로 전투원과 수송인원을 방사능 노출에서 안전하게 방호할 수 있을 것이다. NASA에서는 이미 이와 비슷한 동력원을 안전하게 설계·제작하여 먼 거리에 있는 우주공간 임무에 사용 중이다.

안전하고 저렴하며 가볍고 신뢰성이 높은, 그리고 아주 수명이 긴 방사성핵종 동력원에 대한 연구가 활성화되어야 한다. 현재 이 기술분야는 관심을 가진 사람이 얼마 되지 않고 자금지원도 미흡한 상태이다. 방사성핵종 배터리는 국방부나 에너지 연구 기관 등 극히 일부에서 개념설계 연구를 하고 있으며, 소규모로 자금이 지원되고 있다.

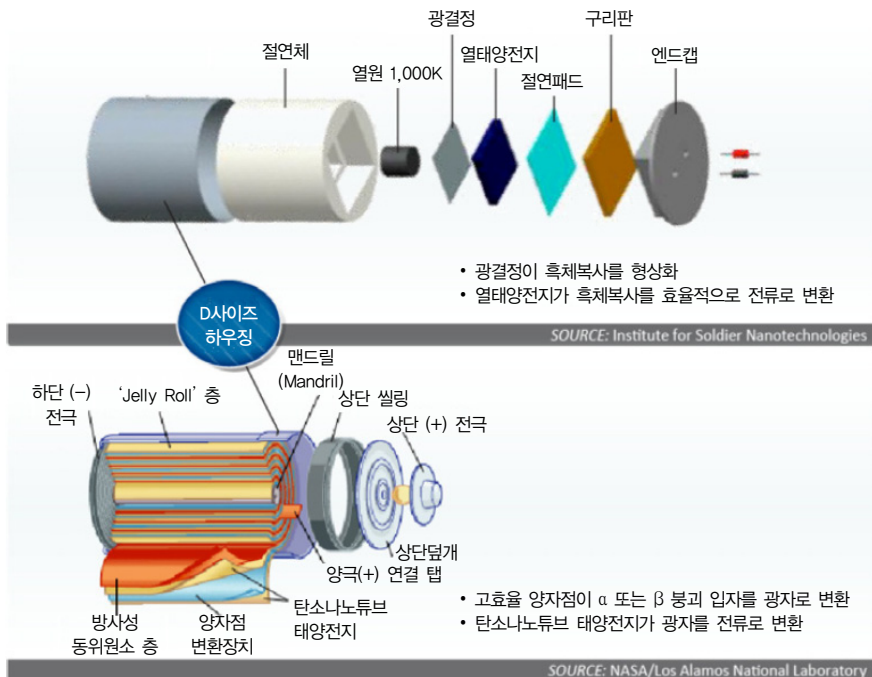
이 기술은 잠재력이 매우 크며, 향후 10년 내에 원격센서와 특수부대 임무에서 그 효과가 두드러질 것이다. 기술개발이 좀 더 진척되면 1회 충전 또는 교환 후에 몇 년 동안 사용할 수 있는 안전하고 신뢰성이 있으며 효과적인 배터리를 대량으로 배치할 수 있는 날이 2030년 이내에 도래할 것이다.

초 소규모 전원의 방사성핵종 배터리

현재 D형 화학 배터리 정도의 크기와 중량으로 수년간 연속적으로 1~5W를 낼 수 있는 방사성 동위원소로 전기를 만드는 배터리에 대해 설계개념이 몇 가지 나와 있다. 이러한 배터리는 원격센서 기지에 장기간 동력을 공급하는 데 쉽게 적용할 수 있다. 이 배터리를 특수부대에서 사용할 경우 휴대군장을 대폭 경감시킬 뿐 아니라, 수개월 동안 충전할 필요가 없다.

그림 9는 방사성핵종 배터리 개념을 두 가지로 보여준다. 그 중 하나는 Los Alamos 국립연구소와 NASA 과학자들이 개발한 배터리다. 이 배터리는 방사성 동위원소를 포함한 새로운 종류의 첨단 물질층, 알파(α)선 또는 베타(β)선의 붕괴 입자에너지를 포착하여 광자(Photon)로 변환시키는 양자점(Quantum Dot¹⁾층, 그리고 광자를 전류로 변환시켜 배터리 전극에 전기를 흐르게 하는 광전지(Photovoltaic) 탄소 나노튜브 박막 층이 'jelly-roll' 형태로 구성된다. 아메리슘(Americium)이나 플루토늄 238 같은 방사선 방출원에서 생성된 알파입자는 배터리 박막에서 쉽게 포집되고, 얇고 가벼운 금속덮개는 효과가 매우 높은 최종 차폐층 역할을 한다. 시험을 통해 검증이 필요하지만, 병사가 이 배터리를 계속 수개월 동안 휴대했을 경우에 피폭한도까지 이르지 않는 것으로 예상된다.

그림 9 원자력 배터리 설계개념



1) 양자점(Quantum Dot) : 양자역학 성질을 보여줄 수 있는 정도로 작은 나노미터(nm) 크기의 반도체 결정체

매사추세츠 공과대학(MIT)의 'Institute for Soldier Nano Technology' 과학자들은 유사한 성능을 발휘하는 또 다른 설계개념을 제안했다. 이는 그림 9와 같이 α 선이나 β 선을 방출하는 방사성 동위원소를 주입한 1cm³의 물질을 사용한다. 이 물질자체에서 생성된 열은 작은 질량체를 1000Kelvin, 외부층은 300Kelvin(25°C)로 유지할 수 있다. 이 온도에서 방출되는 흑체열복사는 광결정(photonic crystal)으로 포집되며, 열태양 전지(thermal photovoltaic cell)는 이를 가용한 전류로 변환시킨다. 배터리의 크기·중량·전기적 출력 특성은 1lbs 미만의 패키지에서 연속 전기출력 1~5W로 'jelly-roll' 형태 배터리와 비슷하다. 이 개념을 적용한 초기 시제품 설계에서는 변환효율이 25% 이상이었으나, 연구원들은 효율성과 전반적인 열관리는 좀 더 개량 가능할 것으로 보고 있다.

방사성핵종 에너지를 이용하여 매우 높은 에너지밀도의 초장수명 배터리를 실현하기 위해서는 많은 선결과제가 있다. 먼저, 전투 중 파손된 배터리에서 우발적으로 유출되는 방사성연료 영향을 최소화시키기 위해 광범위한 평가와 검증 그리고 시험을 해야 할 것이다. 그러나 의료계에서 오랫동안 방사성 동위원소를 취급·운반하였기 때문에 방사성 동위원소 배터리 개발과 이용을 저해하는 심각한 장애는 예상되지 않는다.

임베디드 전원(Embedded Power) 시스템

현재 72시간 임무에 배치되는 전투원의 완전군장에는 첨단 전지기술의 배터리가 60lbs 넘게 차지하고 있다. 무게로 인한 고통뿐 아니라 배터리팩 교체 시 임무수행에도 지장을 준다. 이는 전투원이 행군 중일 때 더욱 부담이 된다. 전력소모 절감을 위해 첨단 기술을 이용하고 개량된 운용절차를 고려할 것을 권장하고 있으나 야전 실험에 의하면 전자장비의 에너지 소비량은 갈수록 늘어나며, 특히 장비의 생존성과 치사율을 증강시키고자 할 때 더욱 그러하다.²⁾ 예를 들어, 미 육군 워게임(war game)에서 전투원들에게 고에너지 밀도의 전원을 제시하더라도 그들은 전투에 가지고 나갈 시스템 수를 늘리기 위해 원래 중량만큼의 배터리 물량을 선택하는 것으로 나타났다.

2) National Academic Press, Meeting the Energy Needs of Future Warriors (2004), p.65

전투원이 휴대하는 모든 전자장비의 전력공급을 단순화시키기 위해서는 부스바(bus-bar)를 이용하거나 임베디드 전원공급기를 고려해야 한다. 부스바 전원공급기를 채택할 경우에는 간단하게 연결하는 방법뿐만 아니라, 모든 탑재 체계에 쉽게 통합할 수 있는 방안을 강구해야 한다. 그 대안으로서, 앞서 언급한 방사성핵종 소스의 크기를 아주 작게 축소시키고 mW 수준으로 하여 전투원의 야시장비·GPS·기타 전자장비 패키지에 임베디드 부품으로 제조하는 방법을 생각할 수 있다. 이렇게 하면 전투원은 이와 같은 중요한 장비전원을 유지하는 활동을 전혀 하지 않아도 될 것이다.³⁾

마지막으로, 충전식이나 교환식 배터리와 같은 군수지원이 필요 없도록 한 이점은 아무리 강조해도 지나치지 않는다. 군수지원 문제점은 결국 생산업체까지 어려움이 확대된다. 안정된 공급망 구축을 위해 최근 이라크와 아프가니스탄 전쟁에 소요되는 전술용 배터리 생산을 위해 방위생산법 표제Ⅲ(Defense Production Act, Title Ⅲ) 후원 하에 국내업체 생산능력 확충에 자금을 지원한 사업을 시행한 바 있다.⁴⁾⁵⁾

실험계획

지상병력 작전환경에서 지금까지 핵물질을 사용한 전례가 없으므로 핵심적인 정책 시사점을 빠른 시일 내에 조사할 필요가 있다. 따라서 실험 캠페인(Experimentation Campaign)을 실시하여 임베디드 전원시스템의 기능이 확실히 안전한지, 또한 폐기가 간단하고 비용이 저렴한지 확인할 것을 권한다. 현재 검토 중인 시스템의 연료농축 수준이 다행히 매우 낮기 때문에 핵무기 등급물질의 확산은 우려할 사안이 아니다. 하지만 방사성물질을 포함하는 장치에 대한 본능적 반발을 확인하고 이에 대처해야 한다. 실험활동을 통해 해당된 기술적·사회적 쟁점을 폭넓게 짚고 넘어가는 것이 중요하다.

NASA는 여러 국가연구실과 공조하여 심 우주(deep space) 탐험용 소형 동력원 개발사업을 진행 중이다. NASA의 임무목표, 운용환경, 비용수준은 국방부와는 많이 차이가 난

3) Natick Soldier Research, Development, and Engineering Center에서 수행한 능력 훈련 및 기술 위계임

4) Mark Buffer, Title III of Defense Production Act (Presentation to NDIA Manufacturing Division, 2009)

5) The National Academies of Board on Science, Technology, and Economic Policy, Building the U.S. Battery Industry: Progress, Challenges, and Opportunities (2010)

다. 결국 국방부는 이들 획기적 전원공급장비 개발사업을 주도하는 것이 최상의 전략이다.

표 7은 야전배치 원자력 배터리 능력평가에 요구되는 초기실험 항목이다. 이는 향후 배터리 도입을 대비하여 유용한 지침역할을 할 것이다.

표 7 첨단 전원 실험활동

실험형태	실험	실험 유형
워크숍	<ul style="list-style-type: none"> • 운영자와 함께 교리·운용·훈련·물자·군수·인원·시설(DOTMLP-F)의 영향을 파악하기 위한 위게임 실시, 교체형 배터리와 임베디드 전원을 비교하여 비용이득에 초점을 맞춤 • 레드팀 워크숍을 실시하여 적 반응을 파악 	발견
온라인 모임	<ul style="list-style-type: none"> • 정부·업계·군(현역 및 예비역)을 망라하여 온라인 모임에서 상호 소통함으로써 휴대용 전원에 대한 일반대중과 현역의 인식을 파악 	발견
소규모 집중평가	<ul style="list-style-type: none"> • 모델링 및 시뮬레이션 기반 훈련을 통해 합성환경에서의 작전 및 운용 실용성 개념을 평가 • 레드팀을 통해 장비 취급과 망실 등 운용상의 어려움 평가 	가설, 시연
야전실험	<ul style="list-style-type: none"> • 대용품 또는 시제품을 이용하여 안전 시범-이 때 운용환경 스트레스 및 발사체 충격 포함 • 장기 내구성, 신뢰성 시험 실시 	시연, 가설

●○ 권고안 8

ASD (R&E)는 DARPA에 1~2개의 응용연구팀에 자금을 지원하여, 안전하고 저렴하며, 이동이 가능하고, 가벼운 원자력 배터리의 개발·시범사업을 지시한다.

상기 팀은 업계·학계·정부의 긴밀한 협력자로 구성되어야 한다. 본 연구는 연간 2,500만 달러를 지원하는 5년 사업을 추천한다. DARPA는 응용연구팀에 아래 업무를 부과해야 한다.

- 원자력 전원의 가용성과 비용을 조사하여 문제점을 제기
- 육군 및 해군의 이해당사자들과 협업하여 무인센서 및 특수부대임무의 초기요구사항을 식별
- 안전하고, 저렴하며, 이동이 가능한 경량형 배터리로 1~5W를 1~5년 연속사용이 가능한 수준을 기술목표로 정한다
- 3년차 말까지 상세 시험용 개발품 배터리를 생산한다
- 4년차 말까지 군에서 야전시험을 할 수 있도록 시제품을 수십 개 생산한다
- 5년차에는 범 국방부 차원의 배치를 목표로 비용 및 실현 가능성을 평가한다.

기술개발과 병행하여 USD(AT&L)는 실무단을 소집하여 성공적 기술 솔루션의 수용이나 배치를 지연시킬 우려가 있는 정책·규제·관련 쟁점에 대처해야 한다. 실무단과 기술팀은 원자력배터리의 광범위한 활용을 위한 생산·보급·폐기·임무능력 관련 쟁점은 물론, 종래의 수명주기활동(예를 들어 교리·운용·훈련·물자·군수·인원·시설)에 중대한 변화가 있는지를 상세히 평가해야 한다.

전투원의 회복력과 성과

비록 미군이 지속적으로 신경을 써야 할 미래기술이 어떤 것인지 분명한 것은 아니지만, 2030년에도 변치 않는 전쟁요소가 하나 있다. 그것은 다름 아닌 인간요소이다. 긍정적이든 부정적이든 인간요소는 비선형적 효과라는 특별한 면이 있다. 이는 국방부 내의 불편한 역설, 즉 전투원의 회복력과 성과향상이라는 두 가지 사실을 강조하는데, 커다란 상승 잠재력이 있는 영역인 동시에 재정삭감 및 지원축소로 타격을 받기도 하는 밀접한 상관성을 갖고 있다.

근래에 이르러 전투는 육체적으로 힘들 뿐 아니라 인간의 인지적 능력에도 부담이 늘어났다. 21세기에는 데이터 자체가 무기가 되었다. 어디에나 존재하는 데이터, 그리고 이를 활용, 도입하는 기술발전 및 전방배치로 말미암아 전투원을 비롯한 모든 지휘 구조의 인지능력에 엄청난 부담을 주고 있다.

최근 생물학·신경과학·로봇공학·나노기술의 획기적인 발달로 인해 심리·감정·인식·물리적 요인 등 전반에 걸쳐 성과를 감지·평가·개선하는 작업이 가능해졌다. 이는 몇 년 전까지만 해도 불가능했던 일이다. 본 연구는 광범위한 영역 중에서도 첫째, 영양소와 영양보충제 둘째, 전투원 중심 시스템기술이라는 두 분야에 초점을 맞추었다.

영양소 및 영양보충제

현대 전투원에게 요구되는 성과는 완전히 달라졌지만, 군이 최상의 과학기술을 활용하여 전투원의 구체적인 임무나 성과요구에 맞게 개인별로 영양소 지원을 조정, 최적화하는 노력은 충분치 못했다. 이와 관련하여 미군의 표준식단(전투원의 규정식사, 즉 전투식량(MRE)이나 야전식당에서 제공하는 식사)을 보면 분명히 알 수 있다. 전투원 개인적으로 일반의약품 영양보조식품 및 보조약품을 구입해서 성과향상을 위해 복용하는 증거가 얼마든지 있다. 이는 과학적으로나 식품 영양학적으로 별 도움이 되지 않을뿐더러 성과와 건강을 오히려 악화시키거나 해칠 수 있다. 영양소 및 영양보충제에 대한 투자가 점차 축소됨에 따라 요건이 까다로워진 현대 전투원의 인지 성과 및 신체적 성과에 걸맞

고 과학적 근거에 입각한 영양보충제가 부족하다는 것은 자칫 과거 세대에 비해 과도한 부담·스트레스·건강 악화 및 비효율로 이어질 수 있다. 국방부도 생명과학에 대한 이해가 깊어짐에 따라 전투원의 건강·성과·회복력에 최적화된 과학기반 훈련 및 영양대책에 대한 연구를 적시에 주도할 수 있게 되었다. 기초연구의 대부분은 민간부문에서 이루어지는 가운데, 그 과정에서 국방부는 전투원 회복력 및 성과개선을 위한 집중조사 및 생명과학 응용을 주도함으로써 민간연구에서 편익을 얻을 수 있을 것이다.

영양소 및 영양보충제 부문 투자로 나타나는 개선효과는 다음과 같은 분야에서 발생할 가능성이 크다.

• 물질대사의 이해

물질대사는 생명체 내에서 일어나는 모든 화학반응이라고 정의할 수 있다. 여기엔 소화작용을 비롯하여 세포 사이의 물질운반 등이 포함된다. 효과적인 물질대사는 당연히 신체적·인지적 성과를 위한 핵심요인이다. 전투원의 물질대사가 최적상태인지 파악하는 것은 작전결과에 중대한 영향을 미친다.

• 인지, 신경가소성(Neural Plasticity), 회복력의 이해

최근 신경과학의 발달로 인지·최적 정신건강 성능·회복력 메커니즘에 대한 이해가 높아지고 있다. 이러한 지식은 영양학 발전과 신경의약품 개발에 힘입어 인지 성능 및 회복력 강화 연구의 신호탄이 되었다. 신경가소성이란 시간의 흐름에 따라 식단·훈련·의약품과 같은 환경조건에 반응하여 뇌기능 및 구조가 바뀔 가능성이 있음을 말한다. 이와 관련하여 방위사업 분야에서 중요도가 높은 두 가지 예를 들자면, 뇌 손상 등의 부상으로부터 보호하거나 부상을 회복하는 부문과 인지효과 및 감정 회복력 강화를 위한 신경가소성 기반의 치료방법이 있다.

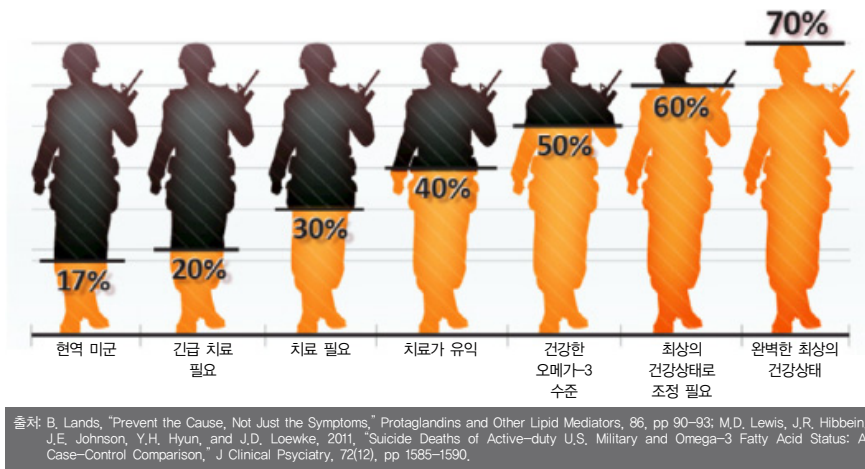
• 마이크로바이옴(microbiome⁶⁾)의 이해

장 신경계는 장내 신경조직을 총칭하는 것으로 대중지에서는 이를 '제2의 두뇌'라고 칭하기도 한다. 장 신경계에는 약 1억 개의 신경이 있는데, 이는 척수나 말초 신경계보다 더 많은 숫자이다. 1차 내장신경의 신경섬유 중 약 90%는 오직 장에서 뇌로 정보를 운반하는 역할만 담당한다. 최근 연구결과는 '장에서 촉발된 신호는 감정·의사결정·스트레스에 대한 반응·면역 반응·학습·기억·충격에 대한 인지성능 및 감정 회복력에 영향을 미친다'는 사실을 뒷받침한다.

6) 마이크로바이옴(microbiome) : 장내 미생물(인간의 몸속에 공존하는 미생물)

별도로 논의되는 경우가 많긴 하나, 인지적 성과와 신체적 성과는 대체로 불가분의 관계라는 견해가 지배적이다. 이를 실제로 적용하여 각성효과 향상 등의 인지 집행 기능에 초점을 맞춘 영양소 및 영양보충제 전략이 새로이 부상하고 있다. 특히 방위 분야에 중점을 둔 연구·평가·운용실험을 매개체로 해서 성능 회복력 향상을 위한 투자로 이어지는 것은 주목할 만한 일이다.

그림 10 혈액과 오메가-3 및 오메가-6 지방산의 비율 및 건강 위험



국방부가 집중할 사안은 신약개발이나 발견이 아니라, 그보다는 기존 약품과 영양보충제 응용에 대해 연구를 수행하길 권한다. 이 과정에서 인지 및 신체적 성과를 향상시킨다고 믿을 만한 1차적 증거를 가진 화합물, 그리고 FDA의 승인을 받거나 안전성 인정등급(GRAS⁷⁾) 취득물질에 중점을 두어야 할 것이다. 예를 들어, 오메가-3 지방산·마그네슘·비타민 D·기타 영양분을 적정수준으로 회복하면 그림 10에서 보는 바와 같이 성과를 향상시킬 뿐 아니라 장애를 입은 사람을 건강한 상태로 회복시킬 수도 있다. 그림에 나타난 전략, 그리고 그와 유사한 전략은 임무 중 또는 장기간에 걸쳐 최상의 신체적·인지적 능력을 유지하게끔 전투원에게 다양한 이점을 제공하는 용도로 사용할 수 있을 것이다.

7) GRAS : Generally Recognized As Safe

전투원 중심의 시스템 기술

그간 국방부의 연구는 주로 인간 지각과 감지능력을 대체 또는 증강시키는 기계적 센서 및 알고리즘에 의한 판단에 중점을 두었다. 하지만 앞으로는 전혀 새로운 방법으로 인간 운용자가 시스템과 팀을 이루는 상황을 연구하고, 인간-기계 연동에 의한 접근법을 강구해야 한다. 예를 들어, 컴퓨터 연산에 의한 자율성 향상만 가지고는 반 접근, 지역 거부(Anti- Access, Area Denial) 환경에서 일어나는 문제를 해결하는 데는 역부족이다.

지금 필요한 것은 인간-기계 연동시스템을 보다 더 많이 배치하는 것으로, 여기서는 운용자의 육체적·정신적 상태가 무기체계로 피드백 됨으로써 인간이 좀 더 원활하게 전체 시스템의 일부로 녹아 들어야 한다. 적응형 자동화를 통해 실시간으로 각 전투원 인지능력을 효과적으로 지원하고 임무 중 사회기술적인(sociotechnical) 팀 성과를 향상시킬 수 있을 것이다. 기술시스템을 설계할 때는 전자공학·생명공학·로봇공학·컴퓨터공학 및 관련기술과 인간의 연동에 대한 과학적 이해를 활용하여 인간의 유효성을 개선하는 데 목표를 두어야 한다. 이와 관련한 두 가지 핵심분야로는 전투원에 대한 모니터링 및 전투원 효과 향상이 있다.

기술을 활용하면 전투원에게 내재된 신체적·인지적 능력을 확대·강화하는 방향으로 개선할 수 있다. 이 분야의 업무는 로봇공학·재료공학·액추에이터·제어알고리즘·인터페이스·모델링 및 시뮬레이션·기계학습 분야의 발전을 활용하게 되는데, 유망한 기술로는 외골격과 휴머노이드 로봇의 결합 등에서 볼 수 있는 보조공학을 비롯하여 인간 성과·각성·회복력의 상관관계를 측정하는 생체지표 감시용 착용식 센서가 있다.

실험계획

스포츠계에서는 인간 성과향상 분야가 규정위반을 둘러싼 논란으로 인해 잘못 인식되는 수가 많다. 보편적인 성과향상 방법으로는 백신·카페인·야시장비·스쿠바(scuba) 탱크 등이 있다. 그 외에도 인지 및 신체성과 향상을 겨냥한 접근방식이 있는데, 이 중 상당수는 효용이 인정되고 회복력 증진에도 도움이 된다. 성과와 회복력은 이제 동전의

양면이라고 이해하는 것이 좋다.

자료에 따르면 전투원 중에서 정확한 지침이나 검증된 배합제 없이 건강보조 식품을 복용 중인 사람이 많으며(특수부대의 경우 약 90% 이상), 해외의 영양보충제 공급망은 아무런 규제를 받지 않아 공격에 취약점을 많이 노출하는 것으로 조사되었다.⁸⁾

국방부는 이러한 잠재적 취약점을 심층조사하고 전자구성품의 신뢰성에 각별히 주의를 기울여 영양소와 영양보충제 공급망에 대한 보호방안을 검토해야 한다.

● 권고안 9

ASD (R&E)는 전투원의 회복력 및 성과향상을 위한 기능식품·의약품·보조제 요법의//관리체제 가치를 판단하기 위해 연구·공식적인 시험·운용실험을 위한 종합적인 사업을 감독한다. 더 나아가 ASD (R&E)는 국방부 기초과학국 및 DARPA가 전투원의 신체 및 인지 성과의 활용과 확대를 목표로 인간중심의 기술시스템에 중점을 둔 연구를 강화하도록 장려한다.

- 군 연구소는 국립보건원(National Institute of Health)을 비롯하여 국방부가 지원하는 각종 연구사업과 연계하여 정신건강 장애로부터 회복력을 개선하는 N-3 지방산에 대해 심도 있게 연구한다.
- 군 연구소는 DARPA 및 국립보건원과 연계하여 실제 군 환경에서 키톤 에스테르(keytone ester)가 신체 및 인지 성과에 미치는 효능 및 외상에 의한 뇌손상 치료효과에 관한 연구·평가·운용실험을 수행한다.
- 군 연구소는 학계와 공조하여 엄선된 건강식품 및 의약품을 대상으로 실험실 및 실전 환경에서 연구·평가·운용 실험을 수행한다.
- 국방부 기초과학국 및 DARPA가 전투원의 신체 및 인지 성과의 활용과 확대를 목표로 인간중심의 기술체계에 중점을 둔 연구를 강화하도록 유도한다.
- 국방부 기초과학국(Defense Basic Science Office)과 DARPA는 인지·각성·회복력의 상관관계 파악 시 국립보건원에서 수행하는 미생물 군집 연구를 활용하는 것이 좋다. 본 연구는 이에 대한 투자로 연 3,000만 달러, 5년 기한의 사업을 추천한다.
- 전투원 성능향상 목표를 달성하려면 인간-기술 연동강화 시스템의 연구가 필수적이다. 본 연구는 이에 대한 투자로 연 3,000만 달러, 5년 기한의 사업을 추천한다.

상기 각 사업을 수행하기 위해서는 미 ‘국방부 전투원 성과최적화 건강과학 자문 위원회’(Department of Defense Human Performance Optimization Health Science Advisory Committee)의 지식을 적극 활용해야 한다. 아울러 군의 신규능력 창출에 생물학을 활용하기 위해서는 국방부 사업에 생명과학계 연구원들이 참여할 수 있도록 인센티브를 줘야 한다. 가장 중요한 점은 국방부가 사업착수와 함께 국립보건원(NIH⁹⁾), 질병관리본부

8) MITRE Corporation, *Human Performance* (JASON Report JSR-07-625, 2008)

9) NIH : National Institute of Health

(CDC¹⁰⁾), 국립과학재단(NSF¹¹⁾)과 같은 기존 정부기관의 전문기술을 적극 활용하려는 의지이다.

미군은 지금까지 첨단기술의 조기도입을 통해 작전우위를 확보해 왔다. 국방부가 전통적으로 물리학과 공학분야의 발전을 지원·활용한 덕분에 압도적인 능력과 뛰어난 적응력을 갖춘 글로벌 군사력이 탄생한 것이다. 하지만 국방부가 생체의학업계의 최신 기술을 수용하는 데는 그 같은 활약을 보여주지 못했다. 전투원 지원 및 능력향상이 지상과제라는 점은 육·해·공군 모두 의견을 함께 하면서도 전쟁의 인간요인 강화에 실패했다는 것은 모순이 아닐 수 없다. 더구나 군 지휘관들은 누구나 할 것 없이 병사야말로 사령부의 가장 중요한 자산이라고 늘 주장하지 않는가? 이들 지휘관 중 대다수는 긍정적인든 부정적인든 인간요인이 임무결과에 비선형 효과를 가져온다는 점을 인식하고 있다. 2030년의 전투원은 개인성과와 전체 임무결과를 개선시키는 생리학·영양학·신경과학·엔지니어링 분야의 발달을 활용할 수 있어야 한다.

차세대 훈련

훈련은 복잡한 임무수행을 위해 전투원이 역량을 학습하는 과정으로, 사격술이나 진단과 같은 개인 기량, 전차 또는 항공기 승무원의 소규모 부대작전, 워게임이나 대규모 훈련을 통해 익힌 전략기술 등을 총동원한다. 인지능력이 전략목표와 연결되는 경우가 점차 증가함에도 불구하고, 군 작전은 여전히 작전무기와 같은 머슬 메모리(Muscle Memory)를 사용한 임무에 의존하고 있는 실정이다. 여기서 문제점은 어떻게 하면 인지능력과 신체능력을 동시에 효과적으로 훈련시키느냐 하는 점이다.

1970년대에 개발된 실제상황 방어훈련센터는 훈련혁명의 시발점이 되어 미 군사력에 결정적 우위를 가져왔다. 그리고 두 번째 혁명인 합성훈련 환경은 오늘날 부대와 전투원

10) CDH : Centers for Disease Control

11) NSF : National Institute of Health

성과 두 가지 요소 모두 상당한 진전을 이루고 있다. 2030년에 대비하기 위해서는 국방부가 새로운 학습방법을 모색하고, 이 과정에 적의 잠재능력을 의식하며 방안을 찾아야 한다. 차세대 훈련에서 준비해야 할 사항은 병사와 부대를 언제 어디서나 훈련해야 한다는 것이다.

1차 훈련혁명 : 실제상황 훈련센터(Live Training Center)

1970년대 이래 국방부는 전투환경을 그대로 모사한 실제상황 훈련개념을 도입하였다. 이는 군사훈련에 일대 변혁을 일으켜 상당한 경쟁우위를 안겨 주었다. 실제상황 훈련의 주목할 만한 성공사례로 해군의 탑건(Top Gun) 프로그램을 들 수 있는데, 해군의 공대공 전투격추 교환율(Combat Exchange Ratio)이 1969년의 2:1에서 1973년에는 12.5:1로 대폭 향상됐다. 공군의 Red Flag 훈련, 육군의 국립훈련센터(National Training Center), 해병대의 Twenty-nine Palms 공·지전투센터(Air Ground Combat Center)도 비슷한 성공담을 자랑한다.

실제상황 훈련은 전투상황과 매우 흡사한 환경과 시나리오에서 인간이 실제상황 시스템을 사용하는 것이다. 실제상황 훈련장은 인간의 성과에 부담이 될 만한 위험하고 힘든 장소를 모사하기 때문에 최고의 전투시뮬레이션이라고 할 수 있다. 따라서 실제상황 훈련은 지난 40년간 미군의 군사우위에 결정적으로 기여했다.

효과적인 실제 시나리오 훈련은 시행하기가 쉽지 않으며, 원하는 결과를 달성하려면 통합해야 할 요소도 많다. 유관 시나리오·기량이 확보된 대항군·실시간 계측·엄정한 사후검토 등이 모두 훈련 프로그램이 갖추어야 할 요건이다. 그러나 인원에 대한 시간비용, 훈련장 현대화 비용, 대규모 병력의 훈련장 이동 비용, 훈련장의 인원 처리능력과 같은 부분이 제한요인으로 작용한다. 오늘날 실전 배치병력의 단 20%만이 실제상황 전투훈련센터 이용기회를 얻을 뿐이다.

더욱이 실제상황 훈련은 지난번 전투에서 얻은 교훈을 살릴 수도 있다. 현재 이라크와 아프가니스탄 배치병력의 작전경험을 활용한 실제상황 훈련은 매우 우수한 프로그램이 있지만 2030년에 예견되는 분쟁에 대비한 것은 없다. 더욱이 실제상황 훈련은 아무리

창의적이라 할지라도 본질상 고정적이고 미리 정해져 있으며, 그 시나리오는 실시간 한 방향으로 흘러갈 수밖에 없는 구조이다. 마찬가지로 훈련에서 숙달된 대항군을 운용하기 위해서도 많은 비용이 든다.

2차 훈련혁명 : 합성환경(Synthetic Environments)

국방부가 합성환경에 많은 노력을 기울인 덕분에 가상전술 훈련능력, 특히 해군과 공군의 항공부대 및 비행단에서 성능이 크게 향상되었다. 정교한 통신, 기록시스템을 탑재한 함정과 항공기는 훈련을 위한 데이터를 쉽게 생성할 수 있다. 이들 시스템 중 상당수는 분산훈련에 연결이 가능하다.

실제훈련 인원이 합성환경에서 시뮬레이션 장비를 통해 받는 훈련은 비용·용량·능력 면에서 다양한 시나리오를 추가하여 확대할 수 있는 뚜렷한 우위를 보인다. 현재 이 훈련형태의 가장 큰 제약은 인간이 환경적 상호작용을 정말로 믿고 원하는 기량을 발휘하는 수준이 되도록 만드는 데 한계가 있다는 점이다. 촉각·후각의 입력을 비롯하여 시각적 표현 개선에 많은 진척이 이루어지고는 있으나, 현재 가상훈련이 실제 상황 훈련만큼 그 목적을 달성하지 못하고 있다.

차세대 훈련 : 통합(Integration)

통합 훈련환경은 합성요소와 실제 상황요소를 결합함으로써 이에 상응하는 비용 우위와 성능우위를 꾀하는 방법이다. 실제장비 사용으로 합성환경의 현실감을 불러일으킬 수는 있으나 실제상황 훈련을 자동으로 모사하지는 않는다. 예를 들어, 실제 상황정보를 사용하여 항만에서 함정 전투작전을 수행할 수는 있으나, 이는 해상상태·주변환경이 레이더와 통신시스템에 미치는 영향·군수지원 영향·사상자 등 여러 요인을 충분히 모사할 수 없다. 그렇지만 이런 요인들은 실제 교전 중에 충분히 발생 가능한 부분이다.

신기술을 이용하여 각급 사령부 편성의 실제 요소와 비슷한 전장조건을 생성할 수 있다. 또한 차세대 훈련은 개인성과 모니터링과 실시간 피드백이 가능하므로 이를 통해

시나리오를 재생하고 분석하여 더욱 심층적인 피드백을 할 수 있다. 정찰·감시·표적 획득 센서 네트워크를 유기적으로 결합·적용하면 국립훈련소 내 고가의 전용 측정장비와 동일한 수준의 계측도 가능하다.

차세대 훈련의 확대 전장에는 모든 형태의 부대 구조가 등장할 것이다. 통합훈련을 실시하는 과정에서는 유지보수 인원·군수담당자·정보 제공을 비롯하여 기타 미 본국 지원 사항까지 모두 시험할 수 있다.¹²⁾ 전투원이 지급받는 장비는 누구나 원활히 운용할 수 있고 유지보수가 필요 없는 최신 기체가 아니다. 따라서 실제 상황에서 지급된 장비를 사용해야 한다. 만약 군수담당자가 Iron Mountain을 훈련장에 공급했다고 가정하면, 참가자는 총알이 Iron Mountain 위에 있거나 아래에 있거나를 불문하고 이를 전투원에게 전달해야 한다.

합성훈련에 신체적 훈련을 결합하면 여러 가지 이점을 얻을 수 있다. 예를 들어, 오늘날 운동선수 훈련에는 훈련상황 최적화를 위해 신체적 화학작용을 측정하는 방법이 동원되는가 하면 공간적 분리상태를 극복하기 위한 정교한 피드백 기법도 개발 되어 있다.

시나리오 개발 확대의 이점

실제상황 훈련에는 비용과 수용능력의 한계가 있기 때문에 일반적으로 시작부터 종료까지 단 1회만 통과하는 시나리오에 따라 진행되는 수가 많다. 이 같은 시나리오는 각본에 있는 상황분석에 한해서 효과가 있다. 사후 임무분석에서 초기오류가 있으면 모델링 및 시뮬레이션을 어떤 것을 선정하든 후속 훈련은 결합이 있게 마련이다. 아직 시나리오 개발이 미흡한 경우가 많기는 하나, 적군 활동·전술 변화·무기 개량 등의 신속한 탐지와 발견에는 합성환경이 도움이 된다. 실제상황 훈련에서는 제약이 많아 이와 같은 성과를 달성할 수가 없다.

가변적인 합성환경은 폭과 깊이 두 가지 면에서 시나리오를 선택할 수 있다는 점이 큰 장점이다. 만약 준비태세 등급에 따라 평가가 이루어진다면 훈련가치가 퇴색될 수

12) P.F. Gorman, *Learning to Learn: Reminiscences and Anticipation* (Paper IF1101, Conference on interservice/industry Training, Simulation, and Education, 2011)

있으며, 또한 평가시스템이 시나리오에 편견을 갖고 있다면 독창적이고 참신한 방법이라 해도 비효과적이라는 판정을 받을 수 있다. 창의성과 혁신을 촉진시키려면 훈련에 다양한 지침을 접목할 수 있어야 한다. 이라크 '사막의 폭풍' 작전에서 초반에 펼쳐진 73 Easting 탱크전은 이러한 점을 잘 보여주는 사례이다. 미국은 다행히도 전투현장을 생생히 기록함으로써 시나리오 재연에 활용할 수 있었다. 이 같은 기회를 최대한 활용하려면, 미국은 녹화 품질을 개선시켜 더욱 정교한 적, 다시 말해 정보·감시·정찰 능력이 더 뛰어난 적을 상대로 하는 합성환경을 통해 재연할 수 있어야 한다. 시나리오를 바꿔가면서 신기술에 의한 능력을 삽입하고, 문화계층 전반의 새로운 행동방안을 탐구·평가하기 위해 특정표적을 대상으로 한 크라우드 소싱(Crowd Sourcing¹³⁾)을 사용하여 실험할 수 있을 것이다.

저비용 합성환경과 실제상황 훈련을 결합하면 더 큰 가치를 창출할 수 있다. 연구 커뮤니티는 빠르게 발전하는 저비용 합성환경을 시험대로 삼아 연구하는 한편, 여기에 빅데이터 분석과 인간영역 모델링을 결합할 수도 있다. 이 같은 툴을 합성환경 프로그램용 시나리오 제작이나, 좀더 나은 획득결정에 활용하는 것이 무엇보다 중요하다.

차세대 훈련기법 개발이 국립훈련소 또는 기타 실전 훈련장에서 수행되는 실제상황 훈련을 대체하지는 못할 것이다. 제대로 설계된 차세대 훈련목표는 미국 본토 부대에서 실전 훈련능력을 모사함으로써 훈련을 증강·향상시키고 실제상황 훈련에 합성환경을 결합하는 것이다.

문제점과 기회

앞에서 기술한 실제훈련과 합성훈련의 장·단점을 표 8에 각각 열거하였다. 훈련 유형에서 가장 우수한 점을 활용하고 새로 통합된 훈련을 개선한다면 단점을 보완하고 전투원 성과를 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

13) Crowd Sourcing : 외부전문가나 일반 대중이 제품·기술개발과정에 참여하는 방법

표 8 실제 훈련환경과 합성 훈련환경의 비교

	실제상황 훈련	합성환경	2030년 기회
현재 한계점	<ul style="list-style-type: none"> 고정위치, 노후된 훈련장 이동 비용 인지 차원에 대한 평가 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> 일부 부문에 대한 불신 누적 비용 과다 	<ul style="list-style-type: none"> 실제 상황훈련과 합성환경의 장점 활용
훈련 인원수	<ul style="list-style-type: none"> 인원처리 용량 부족 	<ul style="list-style-type: none"> 항시 훈련 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 훈련 인원 대폭 증가
시나리오	<ul style="list-style-type: none"> 사전 지정·변동 불가 	<ul style="list-style-type: none"> 유연함, 동적 	<ul style="list-style-type: none"> 확대된 시나리오를 더욱 기민하게 탐구
사실감	<ul style="list-style-type: none"> 피로·공포·스트레스 유발 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 실제 전투 스트레스 요인이 거의 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 대안적 방법을 통해 전장 스트레스 요인 해결
효과	<ul style="list-style-type: none"> 실전 재현성 우수 데이터 및 분석이 기존 훈련장 측정장치에 의해 제약을 받음 	<ul style="list-style-type: none"> 신규 훈련요구에 맞춤형 대응 가능 언제 어디서나 미 본토 기반 훈련 가능 소프트웨어 측정툴 도입 용이 	<ul style="list-style-type: none"> 실 감시자산은 실제 훈련실시 및 실행 데이터 생성이 가능 빅데이터 방식을 통해 새로운 통찰력 발견
비용	<ul style="list-style-type: none"> 매우 고비용-훈련장 현대화, 대항군 인원, 이동 비용 	<ul style="list-style-type: none"> 미지수가 많음-현행 실전훈련 모사, 미 본토 부대에 장비 지급 	<ul style="list-style-type: none"> 비용 상쇄효과가 이해 및 관리됨 - 실전 및 합성환경 시험장에 대한 투명한 선택권

네트워크화된 센서 및 프로세싱 시스템의 확산과 함께 오늘날 많은 군사시설이 원래 계획한 임무를 만족하면서 미 본토 실전훈련용 계측시스템 역할도 수행하는 운용체계를 사용할 수 있게 되었다. 차세대 훈련능력은 궁극적으로 병력이 훈련을 위해 훈련장을 따로 찾을 필요가 없게 만들어 줄 것이다. 합성훈련을 위한 일종의 시험장을 조성하고 시간과 공간의 제약 없이 많은 부대훈련이 가능하도록 한다면, 이는 향후 훈련개념을 바꾸어 놓을 만한 획기적인 일이다.

합성 훈련환경의 효과성은 각 단계별로 현실감을 확보하기 전에는 한계가 있을 것이다. 현재 게임개발이나 직업 운동선수 훈련과 같은 민간 용도의 경우 인지적·신체적 현실감이 많이 개선되었다. 탄탄하게 통합된 사이버 신체검사 시스템은 육체적·정신적 건강을 감지하고 가상현실 환경에서 촉각으로 피드백을 제공할 수 있다. 민간 개발자들은 개방소스 소프트웨어 개발방식 및 클라우드 소싱을 이용하여 혁신적인 군사용 어플리케이션

이션을 내 놓는다.

훈련에서 기량을 더 올리려면 선행단계에서 달성된 성과를 단계별로 축적해야 한다. 디지털 기록은 신속한 데이터 분석기법 및 즉각적인 피드백을 가능하게 한다. 예를 들어, 조종사가 임무에서 귀환하면 그날의 경험을 다음날 임무에 피드백함으로써 더욱 향상된 기량으로 이어진다. 과거 시나리오의 디지털 캡처 역시 시간이 흐른 후 과거 전력 지식을 되살리는 데 유용하게 쓸 수 있다. 이러한 것들이 모두 효과가 있으려면 임무지원·실전교범·훈련문서·전문서적 일체에 대한 지식관리를 강화해야 한다. 지능적인 지식관리를 활용하면, 각급 사령부 제대(echelon)는 상호 연결되어 훈련 전, 훈련 중 그리고 훈련 후에도 적절한 수준의 교육을 제공할 수 있을 것이다.

훈련과 관련된 기술이 향후 20년간 얼마나 진화할지 예측하기는 어렵다. 미국이든 적대국이든 현재 10~20세인 사람은 20년 후에 더욱 급변하는 기술세계에서 살게 될 것이다. 이들이 2030년의 지휘관이요 전투원이다. 이상에서 언급한 접근방식은 예기치 않은 일을 예측할 수 있고, 또한 평가와 적응에 익숙한 지도자를 양성하는 데 유용하게 사용될 수 있다. 하지만 상급지휘관에게 시간을 내서 훈련에 참가하도록 강요할 수는 없다. 행정업무나 지금 당장의 위기가 우선이 된다면, 그 때는 훈련 시스템이 현실감이 없든 달라질게 없다.

●○ 권고안 10

ASD (R&E)는 군 부처와 협력하여 통합 훈련환경을 사용한 실험활동을 시행한다.

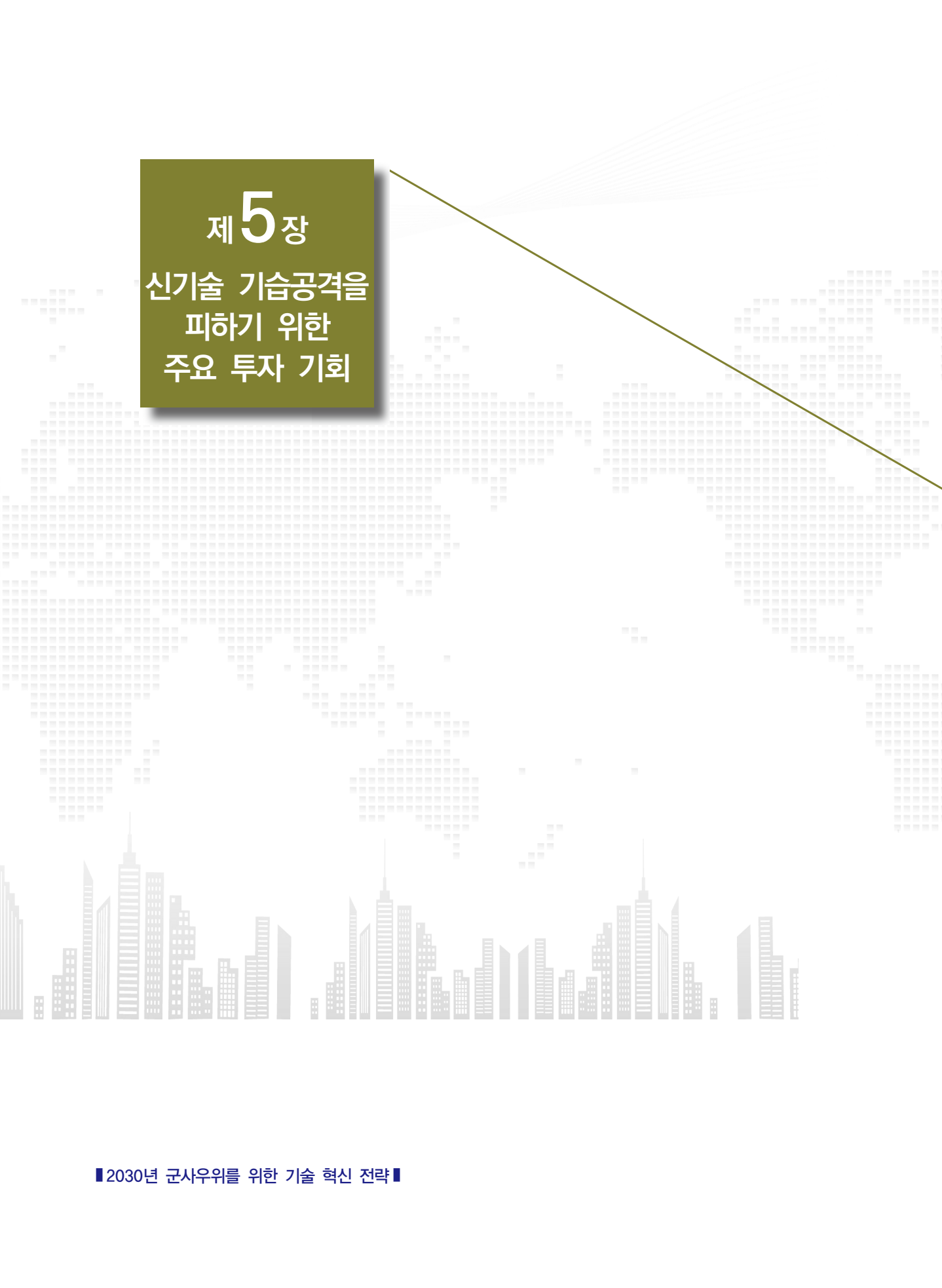
- 단기적으로는 감시·정찰 자산과 센서를 기록장치로 활용하여 지역기지 및 훈련장 내 전투훈련센터에서 훈련능력 시뮬레이션 활동을 강화한다
- 장기적으로는 부대단위 및 개인별 실제상황 훈련을 기록하기 위해 플랫폼 및 개인병사를 측정하는 데 상용기술을 활용한다.
- 미래 군 환경의 훈련시나리오에서 사용할 수 있도록 실제상황 훈련의 디지털자료집(Digital Library)을 만든다.
- 일단 프로세스에 대한 시범이 이루어지고 나면, 군의 각 부처는 민간업계에서 검증된 훈련기법을 군의 훈련과정에 채택할 수 있는 절차를 도입해야 한다.



제4장

군 효율강화를 위한 투자 기회





제 5 장
신기술 기습공격을
피하기 위한
주요 투자 기회

- 핵확산 방지
- 이슈 탐색과 위험회피
- 기습공격의 회피 및 기회창출을 위한 실험 활용

2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략





Ⅰ 제5장 신기술 기습공격을 피하기 위한 주요 투자 기회

기습공격을 피하는 것은 국방부가 수행할 일 중에서 가장 어려운 부분이지만, 또한 가장 중요한 일이기도 하다. 본 연구는 그 같은 일에서 국방부에 도움이 되는 몇 가지 분야를 식별하였다.

핵확산 방지

본 연구는 기술적 기습공격으로 인해 대량살상무기가 최고의 기회를 맞이했다고 본다. 핵확산 방지를 목표로 몇 가지 구체적 사례를 여기에 기술한다. 더 자세한 내용은 부록 C에 제시하였다.

기술 가용성의 변화

적대 세력들은 지금까지 대량살상무기 보유의지를 공공연히 드러냈다. 현대전에서 대량살상무기 사용 역사를 살펴보면 1980년대 이란과 이라크 도시 간의 전쟁으로 거슬러 올라간다. 이어서 1990년대 ‘사막의 폭풍작전’, 2000년대 이라크 북부 쿠르드족(Kurds)을 대상으로 한 전쟁, 2010년 시리아 등에서 대량살상무기를 사용했을 가능성 또는 실제로 사용되었다는 기록을 접할 수 있다. 일부 국가는 핵확산 방지조약의 틀을 벗어나 핵무기를 개발 중이며, 그 개발상황은 다양한 양상을 띠고 있다. 더욱이 핵무기 개발국과 비국가 활동세력(Non- state Actor)들은 대량살상무기를 재래식 군사행동 및 테러활동에 사용할 의도를 보이고 있다. 그러나 실제 사용으로 이어지지는 않고 있는데, 그 이유는 대

량살상무기 사용 시 보복을 받을 것이라는 위협 때문이기도 하고, 이들 활동세력들의 대량살상무기 확보능력이 부족하며 이를 제조할 핵물질을 구하지 못했기 때문이다.

이제 개발과 억제의 균형상태가 위태로워지고 있다. 그 이유는 화학무기와 생물학무기 생산수단과 능력에 변화가 생겼기 때문이다. 화학·생물학무기의 기술과 장비를 활용하는 시설 구축과 운영은, 이제 대학이나 인터넷상에서 설명서나 훈련법을 통해 일상적으로 얻을 수 있으며 갈수록 이용이 쉬워진다. 본 연구는 화학·생물학 기술의 발달로 인해 이러한 무기의 개발과 생산 장벽이 상당히 낮아졌음을 확인했다. 민간시장에서 구할 수 있는 기법을 활용하면 화학·생물학 무기 사용자들이 군사기술을 통제하는 국가정권 감시를 피해 쉽게 활동이 가능하다. 또한 이 같은 신기술로 인해 이제는 대규모 제조 시설이 아니더라도 화학·생물학무기를 개발하고 생산할 수 있게 되었다.

여기서 화학·생물학 무기를 만드는 현대기술이 핵무기 능력에도 적용될 수 있다는 점이 심각한 문제로 대두된다. 적층가공(Additive Manufacturing), 일명 3D 프린팅 등 첨단 제조기술 중 상당수는 핵무기 구성품 제조에 적용할 수 있다는 가설이 나온다. 이 가설은 냉전시대에 여러 나라에서 사용하던 시설이 향후 상황에 개입될 것인가 하는 문제를 제기한다. 그뿐만 아니라 재래식 폭탄, 전자식 기폭제 등 20세기 후반의 무기설계도 얼마든지 이용이 가능하다.

본 연구는 핵물질이 비국가 활동세력들에 의해 가공될 가능성에 대해 고찰하였다. 일정한 능력수준이 되는 정부나 비국가 기술세력이 핵물질을 간단히 손에 넣을 경우 핵무기 개발을 억제하는 가장 큰 버팀목은 그 때부터 와해될 것이다.

만약 그러한 접근방법이 구체화된다면, 핵무기 개발시작에서 능력보유까지 소요되는 시간은 현저하게 단축될 것이다. 지금까지는 관련지식과 기반시설 개발에 수십 년이 걸렸다. 따라서 이제 핵무기능력을 개발하려는 잠재세력은 화학·생물학무기 능력을 획득할 때와 유사한 기법에 접근할 것이다. 이와 같은 능력은 미래상황을 송두리째 바꾸어 놓을 기술적 기습공격이 될 것이요, 아울러 이에 따른 취약성 노출 가능성도 크기 때문에 이에 대해서는 조사가 필요하다.



기술발전의 후폭풍

전통적으로 파악이 가능했던 핵무기 생산의 선행 징후가 없어짐에 따라, 핵 물질 생산 및 무기제조와 관련된 지표와 경고를 탐지하는 문제는 갈수록 어려워진다.

가설에서 열거한 가용물질과 장비는 민간시장에서 얼마든지 입수할 수 있는것으로, 핵물질 공급자그룹(Nuclear Material Suppliers Group)과 같이 핵물질이나 기술공급을 제한하고 경고하는 국제활동의 테두리를 벗어날 수 있다. 미래 핵확산 분자들은 핵과 관련한 신호를 방출함으로써 위성관측에 잡히는 것과 같은 종류의 대규모 산업시설이 필요치 않다. 시설 면에서도 생물학무기 제조와 같이 아주 작은 규모로 충분하다. 오늘날 핵 개발에서 유일한 공통요소는 필요기술의 훈련, 아울러 능력을 보유한 핵심인력 확보의 문제 외에는 없다.

이러한 위협이 현실화된다면 정보활동과 군사작전에 미치는 영향이 증대할 뿐 아니라 모든 상황을 완전히 바꿔놓을 가능성도 있다. 이는 다시 말해 핵무기 생산분야의 신세대 출현을 의미하며, 미 군사력은 미래전장에서 이들 무기와 대적할 가능성이 크다. 따라서 미군이 핵전장을 누빌 수 있도록 훈련을 받고 이에 대비한 능력을 강화하는 요건에 더 높은 우선순위를 부여해야 한다. 냉전 종식 이후 여태껏 전략군을 제외하고는 그 같은 능력이 유지된 적은 없었다.

이러한 상황전개는 접전환경에서 대량살상무기 제거임무를 수행하는 요건에도 영향을 준다. 미국의 군사력은 협동환경과 비접전환경에서 대량살상무기 제거임무를 수행할 준비가 되어 있다. 하지만 고도로 숙련된 요원과 복잡한 장비를 접전상황에 투입시키는 것은 그리 간단한 일이 아니다.

대량살상무기 기술에 대한 접근성이 높아짐에 따라 미 본토가 핵무기 공격을 받을 확률이 커졌다. 민족국가·테러집단·범죄자들이 핵능력을 보유할 잠재력이 커지기 때문에 정보력이 한층 강화된 국경보안팀 및 사후관리팀이 절실히 필요하다.

접근방식 : 빅데이터 및 데이터 분석

소비자 기호, 구매패턴 파악 등 주로 민간 용도로 빅데이터 분석이라는 정보기술 분야가 성장하고 있다. 이 기술은 공식적인 구조가 전혀 갖춰지지 않은 불완전 다중 영역 및 소스로부터 다중 양식에 의해 데이터를 수집·분석한다. 빅데이터 분석은 입수되는 데이터 양이 엄청난 반면에, 양의 대소와는 관계 없이 물리적 데이터를 획득·보관·조작하는 데 유용하다.

빅데이터 분석방식 중에서 군사·정보 문제의 구체적이고 특수한 해법을 위해 응용되는 기법이 여러 가지 있다. 단순히 핵심요소를 추적하는 방법, 예를 들어 위성사진 촬영, 전화나 인터넷 계정 도청, 비밀요원 투입과 같은 접근법으로 문제에 대처 하는 것은 실용성이 떨어진다. 그보다는 공개적으로 나와 있는 수많은 소스에서 매우 광범위한 데이터를 수집한 다음, 이를 분석하여 목표하는 사실 또는 관심지표를 구분해 낼 수 있도록 간접지표를 얻기 위한 데이터를 찾아낸다. 오늘 현재 시점과 2030년 사이의 기간에 세계를 위협할 대량살상무기를 찾는 것은 이처럼 어려운 도전이다.

빅데이터 분석기술은 원래 상업용 시장에서 유래된 것으로, 적용기술과 소스는 군사 문제 분석법과 공통점이 많다. 구체적으로 예를 들면, 교육과 훈련·여행경력·신용카드 사용정보·조달활동·구매행위를 비롯하여 실제세계에 널리 보급된 휴대폰·이메일·소셜 미디어에서 이루어지는 사이버 통신 등을 분석하는 일이다. 군사적 응용은 민간에서 취급하는 것보다는 더 많은 양의 비정형 데이터, 광범위한 데이터 소스를 다루어야 한다.

핵무기확산의 신호나 관측지표가 점차 줄어들고 간접적인 징후만 드러나고 있으므로 이 때 빅데이터 분석을 하면 훨씬 탐지가 용이할 수도 있다. 예를 들어, 핵무기확산 활동 수행능력이 있는 개인의 수는 적을 것이며, 이들은 분명한 교육·훈련 배경을 갖고, 구체적으로 과업활동을 진행 중일 것이다. 이에 해당하는 것으로는 2000년대 중반 이라크에서 급조폭발물 제조책을 소탕한 선례가 있다.

빅데이터 응용의 시사점

어떤 테러 방지 활동에서건 가장 중요한 것은 우선 상황에 대한 완전한 파악이 이루어지고, 발생 가능한 행동과 그 파급효과를 분석하며, 신속한 결정과 통보로 군이 행동을 취할 수 있도록 하는 능력이다. 미래에는 더 많은 소스에서 엄청난 양의 데이터를 조사해야 한다. 또한 다량의 센서를 연결하여 측정된 상황에 대한 구체적인 정보를 제공하고, 이와 동시에 각 개인이 인지한 실제상황은 소셜 네트워크를 통해 전달될 것이다. 소셜 네트워크는 외부세계의 상황인식뿐 아니라 내부 의사결정 과정의 일부로 활용될 전망이다.

2020년에는 상호 연결된 디지털장치가 500억 개에 달할 것으로 추산된다. 이들 장치는 상황인식 정보를 제공하기 위해 날씨·수도·전기·식품·수송·의료 등 기반 분야에서 이용되고, 한편으로는 자칫 취약해질 수 있는 시스템에 신뢰성을 높여 줄 것이다. 또한 휴대폰·이메일·신용카드 사용내역을 추적하여 그 어느 방법보다도 개인행동을 날날이 파악하게 해줄 것이다.

영상관독(Image Understanding)은 국방분야 요구에 적합하게 사용하기에는 아직 미숙한 기술이다. 정부·상용·개인 부문에서 예상되는 영상기술 발전을 감안할 때, 영상관독기법의 발달은 상황인식 향상에 결정적 역할을 할 것으로 본다. 이미지 데이터를 다른 데이터소스와 상호 비교함으로써 다양한 이미지 분석이 가능하다. 예를 들어, 신용카드나 휴대폰 데이터를 이미지 데이터와 연결하여 이미지 수집장치에 해당 인물의 모습이 나타나게 할 수 있으며, 이 같은 방법으로 향후 비교를 위한 참고자료로 활용이 가능하다. 이미지 소스에서 입수된 데이터 용량이 너무 크기 때문에 데이터 처리는 로컬에서 수행하여 네트워크 정체현상을 막아야 한다. 적절한 메타데이터 형식(Metadata Format)을 규정하는 분야는 아직 초보단계이다.

데이터 불일치 확인을 위한 정보원 점검에는 정보 데이터베이스 역시 활용될 것이다. 점검 시 데이터가 일치하지 않는 것은 대체로 수집된 데이터의 이질적 특성 때문에 생기는 일이다. 일부 데이터 불일치는 의도적으로 생성시킨 것도 있으나, 두 가지 경우 모두 자동으로 확인하는 것이 중요하다.

소셜 네트워크는 이제 상업적 의사결정의 핵심요소로 자리 잡았다. 고객감성의 실시

간 동향을 제공하고 미충족 요구를 확인하며, 외부의 주요 여론 선도자를 파악하는 방법을 제시하는 것은 모두 소셜 네트워크가 담당한다. 또한 센서에서 입수된 데이터와 소셜 데이터를 결합함으로써 기업의 협력적 추론을 위한 플랫폼을 제공하기도 한다. 대규모 사업에서 질문과 가설을 취합한다면 의사결정 성공확률이 높아진다.

2030년에는 상당부분의 데이터가 상업적 실체(법인), 공익기구, 미국 내 정부조직 또는 미국 외 기타 정부에서 수집될 것이다. 이들 데이터에 접근하면, 더욱 완전한 상황도를 얻을 수 있다. 프라이버시와 법적 문제는 별개의 사안이며, 이에 대해서는 상업적 영역에 버금가는 관심이 필요하다.

빅데이터 분석이 특히 주목을 받는 분야는 문제가 되는 관심대상이 소규모 집단의 활동일 때이다. 관련도가 가장 높고 데이터 해석에 효과적인 알고리즘을 이해할 수 있는 전문기술을 확보하려면 정부 차원에서 실험을 많이 해야 한다.

지금은 이와 같은 데이터 해석 기술이 민간중심으로 개발되고 있다. 국방부는 첨단 상용기술 수준으로 능력을 유지하는 한편 군의 요구에 부응하는 특수능력도 증강해야 할 것이다.

● 권고안 11

국방부와 국가핵안보국(National Nuclear Security Agency)은 DARPA에 핵확산 방지를 위한 현대적 기술의 적용을 평가하도록 임무를 부여한다.

- 초기 평가결과를 기초로 USD(AT&L), 국방부 정책차관(USD Policy), 국가핵안보국(NNSA), 국무부 및 정보 커뮤니티는 변형된 형태에 의한 대량살상무기 생산 징후 및 경고를 탐지할 수 있는 전략시스템에 관한 목표와 요건을 개발해야 한다.
- 상기 프로그램은 정부 커뮤니티를 기반으로 추진되어야 한다. 위협평가팀의 구성원은 부서 간에 협력하여 작업해야 하며, 아울러 부서에 대한 보고의 책임도 있다.
- 이 그룹이 개발한 목표와 요건을 사용하여 국방위협감축국(Defense Threat Reduction Agency)은 독자적인 관점에서 위협평가를 실시할 공동협력팀을 주도해야 한다. 또한 정부기관을 총망라해서 이 분야 전문가를 집결시키는 한편, 민간부문에서도 정보데이터베이스 접근과 관련한 빅데이터 분석전문가를 초빙해야 한다.
- 이 팀은 사업진행 과정에서 최고의 보안을 유지해야 한다. 초기에는 화학·생물학 무기사업에서 얻은 교훈과 이라크전 당시 급조폭발물에 대처하며 인원·네트워크·공급망을 분석한 경험 적용을 목표로 삼아야 한다.

이슈 탐색과 위험회피

국방부는 첨단 기술동향의 감시 및 기회의 적시 활용을 위한 위험회피(Hedge) 전략을 추진해야 한다. 이 전략을 실행함에 있어서 현재 미국이 보유 중인 것뿐 아니라 적대세력이 보유한 새로운 능력에 관심을 가져야 한다.

기술발전을 지속적으로 모니터링하고 있어야만 해당 기술이 실용화 준비가 완료되었을 때 비용·일정·성능 등 임계값 및 주요 변경사항을 확인하여 이를 평가할 수 있다. 여기서 확보한 지식을 바탕으로 헤지전략 제 2단계인 첨단기술을 세심히 추적할 수 있다. 국방부는 이러한 헤지활동을 통해 위험회피에서 능동적인 기술개발로 시의 적절하게 이행할 수 있다.

본 연구는 당장의 투자기준을 만족하지는 못하지만 획기적인 가능성(또는 위협)을 제시하는 기술을 여러 가지 검토했다. 지금부터 열거할 기술 중, 어떤 기술이 제대로 개발되었는데도 공격과 수비 측면에서 미국이 편익을 얻지 못하거나, 최악의 경우 적대국이 이점을 차지한다면, 이는 매우 불리한 상황이 될 것이다. 다만 우리가 검토한 바에 의하면 어느 기술이든 개발 소요시간을 정확히 추정했다고 해서 그 기술이 반드시 무조건적인 대규모 투자가 뒤따라야 한다고 조사되지는 않았다. 경우에 따라서는 국방부의 장래 이익 보호를 위해 군이 아닌 외부에서 합리적인 수준으로 연구에 투자 중이다. 하지만 어떤 경우든 획기적인 결과를 내려면 자금지원 수준을 재검토해야 한다. 재검토를 유도할 내부적 장치와 주의 깊은 모니터링도 요구된다. 이들 두 요소가 헤지전략의 핵심이다.

본 연구는 위험회피 전략으로서 향후 주목해야 할 분야로 합성 생물학(Synthetic Biology), 양자 컴퓨팅, 첨단 제조기술의 세가지를 확인하였다. 세 분야 모두 국방부가 아닌 외부기관 주도로 많은 발전을 이루고 있다는 공통적인 특징이 있다. 합성 생물학과 양자 컴퓨팅은 발생초기 분야로, 이 기술이 성숙하려면 2030년 이후가 될 것이다. 지금 당장은 가시적인 기술이지만 그 때가 되면 아예 종적을 감출 수도 있다. 한편, 첨단 제조기술은 앞서의 두 기술보다 성숙한 영역으로, 파괴적 혁신이 일어나고 있다. 예를 들어 적층가공, 저비용, 신속 3D 프린팅으로 현대 제조공정의 근본적인 경제논리와 제조시간의 개념을 새로 쓰고 있는 점이 그것이다.

첨단 제조공법

제조기술은 2010년 내로 큰 폭의 발전이 예상되며, 이를 통해 제조비용·납기·기타 제약요건이 줄어들 것으로 예상된다. 이런 예측을 뒷받침하는 데는 경제적·기술적 이유가 공존한다. 먼저 경제적 요인은 세계화에 따른 제조물자 수요의 급속한 증가에서 비롯된다. 휴대용 가전제품에서 항공기·자동차에 이르기까지 제품의 복잡성·가격 등 매우 넓은 범위에 걸쳐 제품수요가 늘어났다. 따라서 지속적으로 생산성을 향상시킬 수 있는 제조설비에 대규모 자본투자를 해야 할 것이다. 기술적 촉진요인은 컴퓨터·저비용 센서·로봇공학 등의 발전에서 비롯된다. 오늘날 산업에 종사하는 엔지니어나 자동화 설계요원은 10년 전에는 없던 능력을 활용한다.

국방부가 제조기술의 비약적인 발전에 대처하는 전략으로는 향후 10년간 도입할 무기체계 및 기타 장비의 획득비용을 줄이는 일에 집중해야 한다. 국방부는 지금까지 산업생산성의 새로운 개념에 상당한 영향을 미쳐왔다. 그러나 재래식 시스템의 경우에는 비용 절감을 위해 국방부에 첨단 제조기술을 추천해 줄 것이 없다.

굳이 한 가지 있다면, 매우 정교한 능력의 시스템을 소량생산하는 현행 방식 대신에 적당한 능력의 시스템을 대량생산하는 제조개념을 제안한다. 다시 말해, 국방부는 ‘수량 그 자체가 품질이다.’라는 옛 속담을 다시 되새기며 제조기술을 발전시키는 방안을 잘 생각해 보아야 한다. 이는 반접근/지역거부의 상황에서는 사거리 연장·치사율 증대·생존성 강화의 첨단능력 플랫폼을 소수 배치하던 기존방식에서 벗어나 그 대안을 찾아야 한다는 뜻이다. 본 연구는 지역거부 전략에 대항하기 위해 적정능력의 체계를 대량으로 보유하는 것과 같은 맥락으로 몇 가지 새로운 아이디어를 제시했다. 예를 들어, 유도·항법·제어분야의 제조기술과 개발력 발달을 활용하면 적정 수준의 능력을 갖춘 10만~20만 달러 대의 순항미사일을 배치할 수 있다.

흔히 3D 프린팅이라 부르는 적층가공은 전통적인 절삭가공과는 반대로 재료를 한 층씩 쌓아 올려 대상물을 제작하는 방법이다. 적층가공을 획득·운용하면 다음과 같은 이점이 있다.

- 전방배치 제조능력을 활용함으로써 군수지원을 대폭 단축할 수 있다.
- 제조 공급원이 없어진 부품을 교체하고, 노후 플랫폼에 신기술을 적용할 수 있다.
- 생산기간 단축과 유연성 증대로 인해 특수한 능력을 갖춘 시제품을 제작·배치할 수 있다.

적층가공의 중요한 특징은 다른 기술로는 생산하기 매우 어렵거나 거의 불가능한 특수 시스템과 부품 생산, 그리고 시제품 제작을 신속히 진행할 수 있다는 것이다. 일단 초도품이 개발되면 제품의 설계를 신속하게 공유할 수 있다. 기업의 경쟁우위는 사이클 타임에 좌우되므로, 적층가공을 활용한다면 개발비용을 절감하고 시제품 실험을 신속히 할 수 있어 생산라인에 혁신을 가져오는 동시에 경제적인 수량을 확보하는데 도움이 될 것이다. 또한 신규 능력 배치 소요시간을 단축하고, 수리부품 재고를 저장·수송할 필요가 없어진다.

국방부는 첨단 제조기술과 관련한 전략개발 시, 미국이 확보 가능한 능력뿐 아니라 적대 세력이 얻을 수 있는 능력에 대해서도 고려해야 한다.

쌍방의 이해득실을 두루 조사한다면 비용·일정·성능의 한계치 및 의미 있는 변화를 확인함으로써 제조기술 발전의 적용 가능성과 효용성 평가척도로 사용할 수 있을 것이다. 본 연구가 추천하는 헤지전략의 두 번째 요소는 앞에서 언급한 신기술의 발전상을 추적하는 일이다. 이 추적업무는 이미 제시된 지표를 사용하여 ASD(R&E) 내부에서 이루어져야 하며, 만약 비용·일정·성능 한계치가 충족되었을 경우 적극적으로 사업에 착수하는 기폭제 역할을 할 것이다. 정교한 방어체계 획득에 소요되는 비용과 시간을 고려하는 동시에 그보다는 능력이 떨어지지만 비용이 저렴한 방어체계를 대량 배치할 요구도 상존함을 감안할 때, 국방부는 제조기술 발전을 지속적으로 인지하고 이러한 발전이 오늘날 제조능력의 경제성 및 시간에 대한 헤지전략이 되도록 업계에 적용을 독려해야 한다.

합성생물학

합성생물학은 자연에서는 발생하지 않는 특정한 기능을 수행하는 복잡한 생물학적 시스템의 설계 및 엔지니어링에 관한 학문이다. 따라서 공학적 설계와 재현성을 생물학적 프로세스에 접목한 개념이다. 예를 들어 증폭기·저항·폐회로 제어시스템의 생물학적 등

가물(equivalent)을 고안함으로써, 이 개념이 관련업계로 하여금 생물학적 관점에서 많은 가능성을 실현시킬 수 있는 다양한 분야를 개척하도록 유도할 수 있다. 이 분야는 잠재적 이점과 더불어 위협(예, 유전공학 조작 병원균)에 대해서도 끊임없는 모니터링이 필요하다.

합성생물학을 가능하게 한 것은 생물학 연구에서 최근에 이루어진 과학적·기술적 진보가 그 밑바탕이다. 구체적으로 보면 첫째, 유전공학의 손쉬운 응용 및 속도, 둘째, 신속한 DNA 염기서열 결정 및 합성비용 격감, 셋째, 신속·정확하며, 처리량이 많은 분자수술을 수행하는 로봇기술 등이다. 상기 틀은 게놈(Genome) 설계와 구성·천연물 합성·지향성 단백질(directed protein¹⁾) 설계분야의 능력에 일대 변혁을 가져왔다.

합성생물학의 최대 목표는 세포와 미생물 내에 기능성 유전자 회로를 구성하는 일이다. 이를 위해서는 성능특성이 확인된 표준 유전자 부품·구성품으로 채워진 도구상자가 필요하다. 이 도구상자를 이용하여 분자센서, 특정 반응모듈 및 제품 결과물을 회로와 같이 조립·조정·활용할 수 있다.

미국뿐 아니라 유럽·이스라엘·일본에서도 합성생물학 연구가 활발하게 진행 중이다. 또한 중국·인도·러시아·브라질도 많은 투자를 하고 있다. 중국을 예로 들면, GDP의 3%였던 바이오 기술 투자를 2020년까지 15%로 늘린다는 목표를 갖고 중국정부 또한 업계에 막대한 지원을 하고 있다.²⁾ 하지만 일부 전문가들은 “중국은 800lbs 고릴라다. 그러나 우리가 800lbs 고릴라에 집중을 하면서도, 러시아·브라질·인도와 같은 600lbs 고릴라도 계속 주시하여야 한다.”고 지적했다.³⁾ 최근 바이오기술 연구논문 발행건수는 미국은 3% 늘어나는 데 비하여, 중국·인도·브라질은 21% 증가하였다.

합성생물학의 적용분야는 국방뿐 아니라 개인건강·공중보건·경제·에너지·환경·농업에 이르기까지, 미국 사회변화에 대한 국가적 능력을 향상시킬 수 있는 과학과 공학에 두루 쓰일 수 있다. 미생물에 복합 합성경로를 주입하는 설계능력은 의약품·생분해성 플라스틱·연료의 생산비용을 절감하는 동시에, 개량된 새로운 특성을 갖는 물질을 만들 수 있다. 식용작물은 영양가가 높아지고 화학적 적응력, 환경 저항력이 커지게 설계할

1) directed protein : 원하는 기능을 갖는 단백질

2) National People's Congress, Outline of the 12th Five-Year Plan for National Economic and Social Development (2011)

3) Center for Biosecurity of the University of Pittsburgh Medical Center, The Industrialization of Biology and Its Impact on National Security (2012), p.10

수 있다. 유전자와 단백질 모듈 기반의 생물공학 툴은 인체 내 피로, 질병 또는 기타 신체적인 증상을 탐지하여 이에 대응하는 역할을 수행할 수 있다. 이러한 툴은 심지어 조직손상을 회복시키고 상처를 치료할 수도 있다. 또한 오염물질·폭발물·생화학전에 사용하는 생물학 작용물질을 예민하게 탐지하는 센서를 활용하면 위험물질의 성능을 저하시키고 이를 파괴시키는 일도 가능하다. 관련 기술들은 군사용으로 상당한 가능성이 있을 뿐만 아니라, 상업적으로도 적용이 가능한 민군 겸용기술이다. 비록 윤리적인 관점에서 많은 논의가 필요하겠지만, 개발에 관한 찬반 여부나 사회적 우려가 범세계적 개발추세를 되돌려 놓을 수는 없을 것 같다.⁴⁾

합성생물학 프로젝트가 미래의 각 분야에 미치는 영향을 고려할 때, 투자의 필요성이 있는 사례를 헤지전략을 유발하는 항목별로 일일이 열거하기는 불가능하다. 그러나 생화학전에 사용하는 생물학 작용물질에 의한 감염에 미리 대비하여 유전자변형 항체를 생산한다는 아주 흥미로운 예가 나와 있다.⁵⁾ 유전자변형 항체를 만들려면 표적 병원균의 감지 및 대응을 위한 조절회로, 그리고 인공염색체상에서 성숙한 항체 인코딩 유전자의 시리즈를 생성하는 데 필요한 합성생물학툴의 개발과 활용이 필수조건이다. 이런 항체시스템이 있으면 생물작용 물질에 의한 테러위협은 사실상 사라지게 되며, 이제 감염원은 목숨을 앗아가는 무서운 존재라기보다는 하나의 귀찮은 존재 정도로 위험등급이 떨어진다. 또한 유전자변형 항체는 자연적으로 발생하는 유행성 질병이나 전 세계적 유행병의 충격을 줄일 수 있다. 질병이 창궐하기 전 초기단계에 가라앉힐 수 있기 때문이다. 아울러 감염원이나 기타 원인에서 발현하는 질병들을 치료하는 데에도 크게 기여할 수 있다.

주의해야 할 점은 합성생물학 발전에 요구되는 기술과 개념을 발전시키고, 성과를 달성하기 위해서는 좋은 나쁜든 간에 모든 영역에 걸쳐 동시에 진행해야 한다는 것이다. 왜냐하면 합성생물학에서 가장 어려운 부분이 어떤 특정 시스템의 요소 설계가 아니라 통합된 시스템 기능의 설계기술이기 때문이다. 그 같은 사실 한 가지만으로도 미국은 합성생물학 개발 현황을 철저하게 감시해야 하고, 어떤 행동을 취할 때 지침으로 활용하려면 기회와 위협을 모두 포함하는 헤지전략을 반드시 마련해야 할 것이다.

4) National Science Board, Science and Engineering indicators 2012 (2012)

5) D. Wattendorf, Defense Advanced Research Projects Agency, Presentation to the study, 2012년 9월 25일

양자컴퓨팅(Quantum Computing)

컴퓨터는 미국 방위임무 어떤 부문에서나 필수불가결한 요소가 되었다. 디지털 컴퓨터는 국가안보임무 지원뿐만 아니라 어려운 임무를 가능하게 한다. 또한 대부분의 경우 임무능력은 증대시키고 위험은 줄여 준다. 국방연구개발은 지난 40년 이상 컴퓨터의 기하급수적인 발전을 포함하여, 이러한 전산자산 개발을 지원하였다.

무어의 법칙(Moore's Law⁶)이 붕괴되는 상황에서 양자컴퓨팅은 반도체 집적회로의 차세대 대체기술로서 세간의 많은 관심을 유발하고 있다. 양자컴퓨팅 기술 적용 범위는 논리장치에 국한되지 않고 센서 및 암호 기술에도 응용 가능하다. 이 분야에서 국제적으로 이루어지는 민간부문의 대규모 투자, 그리고 미래 기술체계에 미칠 중대한 영향을 감안할 때, 국방부는 급격히 발전하는 양자컴퓨팅 분야에서 최대한 이점을 얻는 것이 지상과제이다. 양자컴퓨팅 관련 연구는 대체로 민간부문에서 추진되기 때문에 국방부는 이를 예의주시하고 있어야 한다. 그래야만 획기적인 애플리케이션이 등장했을 때 이에 대응할 수 있다.

양자컴퓨팅 연구는 많은 새로운 양자현상을 규명했으며, 현행 설계를 기본으로 하는 미래 컴퓨터로는 실현이 불가능한 암호 해독, 물리적 시뮬레이션 및 최적화 문제 등을 해결할 수 있는 양자컴퓨터의 출현을 보장하고 있다.

전통적인 디지털 컴퓨터는 이진수(binary)를 입력 받아, 초당 10억 회 이상의 연산을 통해 이진수를 출력한다. 전산학 이론에서 튜링기계(Turing Machine⁷)모델은 디지털 컴퓨터가 얼마나 효과적으로 각종 문제를 해결할 수 있는지 잘 설명한다. 또한 더 광범위한 문제를 더 정확하게 풀기 위해서는 디지털 컴퓨터 성능이 얼마나 좋아야 하는지를 예측한다. 예를 들어 장기 일기예보, 특정 조건에서 정확한 무기체계 효과 및 알고리즘 해독 등을 위해서는 컴퓨터 속도가 얼마나 빨라야 하는가 등이 있다.

양자컴퓨터는 기존 컴퓨터로는 불가능한 문제를 빨리 해결할 수 있는 다양한 연산모델을 제시한다. 예를 들어, 정수의 인수분해 및 이산대수(discrete log) 문제를 사용하여 공개키 암호시스템을 해독하는 경우, 튜링모델은 암호 해독에 수백만 대의 컴퓨터를 동

6) Moore's Law : Moore가 마이크로칩에 저장할 수 있는 데이터 양이 매년 2배가 될 것으로 예측하며 만든 법칙

7) Turing machine : 영국의 수학자 A.M. Turing이 제안한 무한대의 정보 저장량을 갖고, 절대로 고장이나 오차가 생기지 않는 가상의 만능계산기

원해서 수백 년이 걸릴 것이라고 예측한다. 하지만 양자컴퓨터는 그러한 암호를 거의 실시간으로 해독할 수 있다. 또한 양자컴퓨터는 양자시스템을 시뮬레이션할 수 있다. 따라서 전 세계의 모든 디지털 컴퓨터를 사용하여 몇 년간 작업해도 불가능한 새로운 물질을 개발하는 일도 가능하다.

고전적인 컴퓨터가 디지털 비트의 클럭변환(clocked transformation)으로 작업하는 것과 마찬가지로(예를 들어, 두 수를 더할 때 이진수로 변환하여 연산), 양자컴퓨터는 양자 비트 즉, 큐비트(Qubit)라는 양자 정보단위 클럭으로 변환시켜 연산하는 장치이다. 디지털 비트가 '1'과 '0'의 두 가지 상태를 갖는 것과는 달리, 큐비트는 연산을 하는 동안 무한대로 많은 상태를 가진다. 더 중요한 사실은 '얽힌 큐비트(entangled qubit)' 그룹은 수많은 연산의 병렬상태를 중첩하여 보유하고 있기 때문에, 이들 병렬상태가 동시에 수행하는 방식으로 연산이 처리된다. 따라서 문제 해결속도가 기하급수적으로 빨라진다. 이 같은 천문학적인 성능향상에 따라 광범위한 영역에서 새로운 문제가 발생할 때마다 어떤 것이든 새로운 솔루션을 제시할 수 있다.

현재 완전한 형태의 양자연산 이론이 개발되었다. 이는 종래의 디지털 컴퓨터와 유사한 아날로그 형태의 범용게이트(universal gate) 세트로 구성되는데, 여기서 큐비트 세트로 변환된 데이터들을 연산하는 것이다. 양자알고리즘 또한 여러 가지가 개발되었다. 예를 들어 Shor 알고리즘은 소인수 분해를 할 때 양자 푸리에 변환(Fourier transformation)을 이용한다. Grover 알고리즘의 경우 'n'이라는 크기의 데이터 집합에서 특정한 데이터를 찾을 때 고전적인 알고리즘은 'n'에 비례하는 시간이 필요한 반면, Grover 알고리즘은 'n'의 제곱근에 비례하는 시간이면 찾아낼 수 있다. 구체적으로 설명하자면, 10^{12} 개의 항목 중에서 자료를 검색한다고 가정할 때, 고전적 컴퓨터는 10^{12} 에 비례하는 시간이 소요되는 반면, 양자컴퓨터에서는 10^6 에 비례하는 시간이면 된다. 현 시점의 기술수준을 더 잘 입증하는 사례가 있다. David Wineland와 Serge Haroche가 몇 개의 큐비트를 이용하여 양자컴퓨팅을 수행하는 데 필요한 물리학 연구로 최근 노벨물리학상을 수상한 것이다.

양자컴퓨터 제작과 관련하여 두 가지 근본적인 문제가 현재 중점적으로 연구해야 할 대상이다. 첫 번째 문제는 큐비트는 부서지기 쉽다는 점이다. 물리적으로 생성된 큐비트는 겨우 마이크로초(μs) 내지는 밀리초(ms) 정도 활성화되었다가 소멸되어 버린다. 두

번째 문제는 생산과 제어가 가능한 큐비트의 수가 얼마 되지 않는다는 것이다. 과학자들이 가용시간을 연장시키는 오류정정 방법을 발견했으나, 양자 오류정정은 연산수행에 소요되는 큐비트 수를 1,000배 증가시켜 확장성 면에서는 더욱 불리하다. 따라서 과학자들은 며칠 정도 유지되며 수천, 수백만 정도로 대량 생성할 수 있는 물리적 큐비트를 발견하길 바라고 있다.

양자컴퓨팅 완성을 위해서는 다음과 같은 핵심요건이 선행되어야 한다.⁸⁾

- 특징이 확실한 큐비트로 달성할 수 있는 물리적 시스템
- 큐비트 상태를 초기화할 수 있는 능력
- 게이트 동작시간보다 훨씬 더 긴 디코히어런스 시간(decoherence time)
- 만능 양자게이트(universal quantum gate)
- 큐비트에 국한된 측정능력
- 정지(stationary) 큐비트와 유동(flying) 큐비트 간의 상호변환 능력
- 유동 큐비트를 특정 위치 사이에서 정확하게 전달할 수 있는 능력

큐비트 생성을 늘리고 고속 양자게이트를 만드는 능력이 가장 중요하다. 이들 문제만 해결된다면 양자컴퓨터 제작을 생각해 볼 수 있다. 큐비트 생성과 양자게이트 제조 둘 다 물리적 큐비트의 본질적 문제가 결부된다. 지금까지 연구된 큐비트의 종류는 다음과 같다.

- Josephson 접합상태로 결합된 초전도체 기반 큐비트
- 이온 포획장치를 통한 큐비트, 여기서 큐비트 값은 이온스핀(spin) 상태
- 광자 기반 큐비트, 여기서 큐비트 값은 광자 상태
- 광 격자(optical lattice)에 포획된 중성 원자의 양자 상태
- 반도체 기반의 큐비트, 여기서 큐비트 값은 양자점(quantum dot) 내 전자위치
- 핵스핀 기반의 큐비트(예, 핵자기공명)
- 전자스핀 기반의 큐비트, 여기서 큐비트 값은 전자스핀
- 기하학적 큐비트(topological qubit), 여기서 큐비트 값은 준입자(quasi-particle) 집합의 공유 양자상태

8) D.P. DiVincenzo, The physical implementation of quantum computation (2008)

일단 제어 가능하며 게이트를 만들 수 있는 안정적 큐비트의 물리적 시스템이 밝혀지면, 양자컴퓨팅은 5년 내로 개발이 가능할 것으로 예측된다. 하지만 앞에서 열거한 바와 같이 중간과정의 목표를 달성하는 일이 매우 긴 여정이다. 국방부가 양자컴퓨팅을 활용하는 최초부처가 될 수 있도록 현행 양자컴퓨팅 연구 및 투자의 수준이 유지되어야 하고 진척사항을 감시·추적해야 한다.

●○ 권고안 12

USD(AT&L)는 기술개발을 지속 주시하고, 새롭게 부상하는 국방문제 평가를 지원해야 한다.

- 새로운 기술이 국방부 자금을 필요로 할 만큼 성숙되었는지 판단한다는 목표를 세우고, 업계 및 타 정부조직과 공조하여 식별된 신기술의 상태 및 구체적 마일스톤을 모니터링하는 프로그램이 필요하다.
- 국방부는 감시활동과 병행하여 기술이 성숙되었을 때 능력우위를 창출하는 방법을 탐구하기 위해 개념적응에 관한 연구를 수행해야 한다.
- 매우 큰 영향을 줄 수 있는 기술을 확인했을 때 국방부 고위 지도자에게 확실히 이에 대한 경각심을 불러 일으킬 수 있는 체계를 구축하고 이를 계속 유지해야 한다.

기습공격 회피 및 기회창출을 위한 실험 활용

효과적인 실험은 혁신을 촉진하는 요소이며, 잠재상황에 대한 계획과 미래 국방 프로그램 준비하기 위한 기회를 제공한다. 실험은 신방어체계의 효과를 개선하고, 적에 대한 기습공격기회를 창출하고 도전을 제기할 수 있을 뿐 아니라 신기술 및 시스템 개념이 미군을 상대로 이용될 개연성을 확인할 수도 있다. 더욱이 실험은 최신 과학 기술 전문가와 운영요원이 시스템의 신개념을 구상하고 진화시키는 수단을 제공한다. 이때 당연히 신개념의 실제 활용을 기본수칙으로 삼아야 한다.

1990년대 초에 민간 정보기술에서 편익을 추구하던 국방부 전략의 핵심이 바로 이 같은 실험 활용이었음은 유념할 필요가 있다. 실험 활용방식이 활성화된 것은 신기술의 잠재력을 탐구·발전·분석·이해하려는 욕구와 이를 통해 군 능력과 정책을 강화하는 의

지가 있었기 때문이다. 시간이 흐르며 20년 전과 비교할 때 국방부의 환경과 문화는 갈수록 위험 회피적으로 변모하고, 아울러 각종 실험은 각본에 의한 시연·시험·훈련으로 치우쳐 버렸다. 실험환경에 대한 보다 자세한 평가는 부록 D에 정리하였다.

실험 관련 문건은 국방부 내에 다양하게 비치되어 있으며, 실험은 훈련이나 시험과는 구분되어야 한다.⁹⁾ 실험법은 다음과 같은 방법으로 분류할 수 있다.

- 발견실험(Discovery Experiment)은 참신한 시스템·개념·조직구조·기술 및 기타 요소를 해당 용도를 관찰하고 목록작성이 가능한 환경에서 발표하는 것이다.
- 가설검증실험(Hypothesis Testing Experiment)은 학자들이 즐겨 쓰던 고전적인 방법으로, 특정 가설(구체적으로, 'if-then 구문')을 부정하거나 또는 그 가설의 제한조건을 찾아냄으로써 지식을 발전시키는 것이다.
- 실증실험(Demonstration Experiment)은 이미 알려진 사실을 재현하는 것으로, 고등학교에서 실시되는 실험과 비슷하다. 즉, 학생들이 지시를 따라 화학이나 물리법칙이 이론에서 예측한 것과 같이 작용하는지 스스로 시연하는 것이다.

급속하게 발전하는 기술이 세계 도처에 존재하고 이러한 기술을 빠르게 가용한 시스템(첨단 제조기술 포함)에 적용할 수 있기 때문에, 국방부는 적보다 먼저 신기술능력을 갖도록 예측·평가·획득할 수 있게 해주는 혁신 촉진요인을 채택하지 않는 한 더 이상 기술우위를 점할 수 없다. 이 때 실험은 군의 능력구현 일정표와 일치해야 한다. 바로 이 부분이 능력우위 달성에 있어서 가장 핵심적 요인이며, 이는 기초연구나 신기술 영역과 필적할 만큼 중요하다.

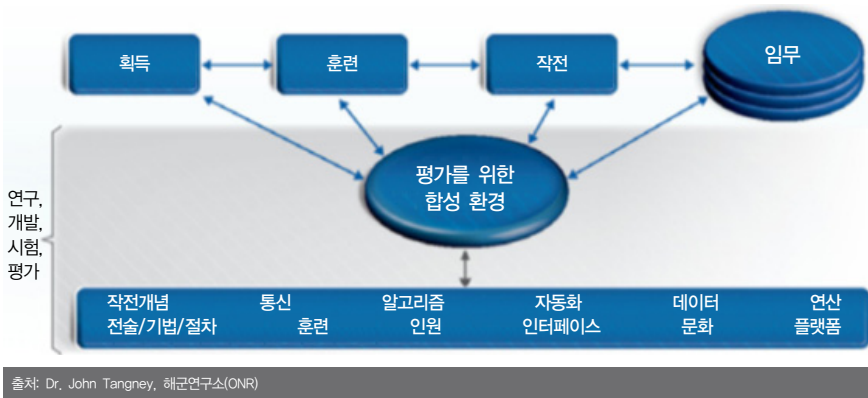
본 보고서는 혁신 촉진요소로서의 발견 기반 실험을 추구하기 위해 이른바 IDEA, 즉 '발견·조사·분석을 위한 기반(Infrastructure for Discovery, Exploration, and Analysis, IDEA)'이라는 틀을 소개한다. 본 연구를 진행하며 국방부가 수행 중인 실험에서 중점사항이 무엇인지 파악할 수 있었다. 비록 원하는 만큼 전 부처에 걸쳐 광범위하게 추진되지는 않았으나, 많은 실험이 잘 수행되고 있었고, 이를 밑바탕으로 발견기반 실험을 더욱 확대 시행할 수 있을 것으로 믿는다. 양질의 실험에서 얻은 핵심내용은 국방부가

9) DoD Command and Control Research Program, Code of Best Practice Experimentation (2002)

2030년 능력우위 달성에 활용할 수 있는 길을 열어 줄 것이다.

본 연구가 궁극적으로 전하고자 하는 메시지는, 실험이란 연구나 획득 또는 정책 과정이 아니란 점이다. 아울러 그림 11에 나타난 바와 같이 전통적인 시험이나 평가보다도 훨씬 의미가 크다.

그림 11 실험전략 대비 전통적인 연구·개발·시험·평가



요약해서 말하자면, 실험은 불확실한 미래를 탐구하는 수단이다. 그것이 ‘파괴적 기술 (disruptive technology¹⁰⁾’에서 비롯된 것이든, 아니면 기존 시스템과 기술을 색다른 방법으로 사용하는 새로운 능력의 부상에서 비롯된 것이든, 또는 전 세계에 걸친 안보위협 의 진화에서 비롯된 것이든 모든 것이 포함된다.

실험의 활성화

실험은 혁신과 변혁의 핵심요인이라고 오랫동안 인식되어 왔다. Thomas Edison은 신 기술 개발의 성공을 보여주는 척도 중 하나는 하루 24시간 동안에 많이 할 수 있는 실험의 횟수라고 말했다.¹¹⁾ Tom Peters는 그의 고전적인 저서 ‘우량기업의 조건(In Search of Excellence)’에서 “우량기업에서 관찰할 수 있는 가장 가시적이고 중요한 행동지향성 지

10) 파괴적 기술 : 업계를 완전히 재편성하고, 대부분 시장을 점유하게 될 새로운 기술

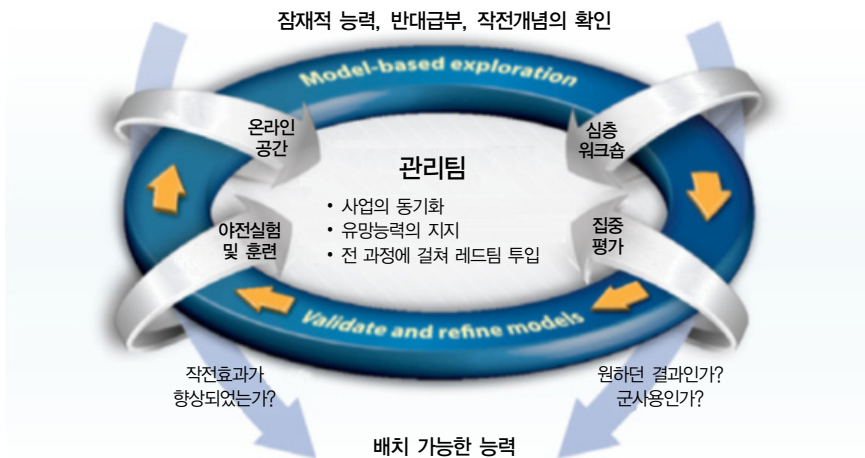
11) Creating Minds.org

표는 시도와 실험을 대하는 기업의 의지이다.”¹²⁾라고 역설했다. 유명 네트워크 편집자인 Saul Kaplan은 최근, “혁신은 절대로 어떤 특별한 묘책에 관한 것이 아니다. 가치를 내놓을 수 있는 것이라면 무엇이든 행동하고 실험하는 것이다.”라고 주장했다.¹³⁾

국방부는 실험이야말로 변혁전략의 핵심이란 사실을 오래 전부터 인식하고 있다. 2012년 1월, 국방부는 합동운용개념 개발체계(Joint Operations Concepts Development Process)를 합동개념개발 및 실험프로세스(Joint Concepts Development and Experimentation Process)로 대체하는 것을 골자로 하는 합참의장지침을 발표했다. 이 지침은 합동실험을 ‘대표적인 환경 내에서 잘 제어된 조건하에 선입견 없는 시도로부터 도출되는 분석활동’으로 규정하는 한편, 실험을 합동군 능력격차 해소를 위한 국방부 사업의 기초 구성요소로 재정립했다.

그런데 국방부는 어떻게 합동실험을 수행할 것인가? 실험이 진가를 발휘하는 장치가 되려면 어떤 프로세스와 접근법을 도입해야 하는가? 국방부가 과거보다 더 나은 실험을 수행할 수 있는 접근법이 있는가? 이에 대한 해답을 그림 12에 제시하였다.

그림 12 실험활동 사이클



12) T.J. Peters and R.H. Waterman, In Search of Excellence from America's Best-Run Companies (New York: Harpers & Row, 1982)

13) S. Kaplan, "Business Innovation is All About Experimentation. It is About Combining and Recombining Capabilities from across Silos until Something Clicks" (CNN Money, 2012)

각 단계마다 제안된 능력을 여러 차례 조사·탐구하기 위해서는 사이클 내의 사이클이 필요하다. 그 후 능력이 충분히 성숙되었다고 판단되면 다음 단계의 실험캠페인으로 넘어가야 한다.

실험은 연구나 획득 또는 정책과정이 아니다. 그보다는 ‘파괴적 기술’ 또는 안보 위협의 진화를 포함하여, 어떠한 집합적 요인에 의해 발생한 불확실성이 있을 때 그 같은 불확실한 미래를 탐구하는 수단이다.

실험의 장

서로 다른 실험의 장마다 상이한 결과가 도출된다. 아래에 열거하는 네 가지 실험의 장이 그래도 유용할 것으로 판단된다.

1) 온라인

예를 들어 국방부가 각개 전투원의 회복력과 성과 강화를 위한 옵션을 탐구한다고 가정할 때, 클라우드 소싱과 같은 접근법은 일반대중이 이미 사용 중인 옵션을 여러 가지 제시할 수 있을 것이다. 클라우드 소싱은 분산적인 문제해결 및 생산모형으로, 이 모형에서는 문제가 전달되는 형태가 공개모집과 비슷하다. 문제를 해결할 가능성이 있는 익명의 대중은 이런 채널을 통해 문제를 접수한다. 이때 유저(클라우드)들은 클라우드 소스에 있는 솔루션을 제출하게 된다. 클라우드 소싱은 연속적으로 수행된다. 따라서 끊임 없이 다양한 아이디어가 나오고 추가실험을 위한 다중 관점이 도출된다. 이 접근법의 주요 장점은 아래의 세 가지로 요약할 수 있다.

- 본질적으로 지리적으로 분산된 수많은 사람들이 참가하는 실험이 가능
- 사회적 역학구조, 정치적 반응 연구를 위한 현실감 있는 환경 조성
- 한 사람이 새로운 아이디어와 접근방법을 위해 제시할 수 있는 기간을 극대화

온라인 실험의 주요특징은 다음과 같다.

- 실험에 전 세계를 참여시킨다.
- 시나리오에 대한 비전문가의 반응을 탐구한다.
- 이전에 검토되지 않았던 주제에 대해서도 문호를 개방한다.
- 주요 변수, 한계, 미지수를 발견한다.
- 익명의 논평을 이용하여 다양한 의견을 구하고 폭넓은 관점을 접할 수 있다.
- 사람들이 공유하는 상황인식의 가치를 탐구한다.
- 지역사회에서 수용될 것인지 여부를 평가한다.

2) 심층워크숍

심층워크숍을 활용하면 각종 능력에 대한 운용상의 효용을 중점 조사할 수 있다. 이때 심층워크숍에 제안이 올라온 하나의 능력이 격차해소를 위해서는 어떻게 다른 능력과 통합 가능한지 실험참가자들이 이해할 수 있게 해준다. 그뿐만 아니라 새로운 개념과 시나리오를 구상하고 미래의 발견을 격려하는 장이 되기도 한다. 따라서 이러한 워크숍을 실시할 때는 다양한 재능의 포럼을 형성하고 전투원·정책결정자·요건 기안자·위협 분석가·최신과학기술 전문가를 한데 집결시킴으로써 안전으로 올라온 능력이 제공하는 기회를 충분히 탐구할 수 있도록 해야 한다. 심층워크숍은 실제적인 대안분석을 지원함으로써 정책결정자들이 해당 능력에 투자할 것인지, 지지·폐기할 것인지 또는 추가적인 실험을 실시할 것인지 여부를 판단할 수 있도록 지원해야 한다. 심층워크숍 성공은 국방부 외부에 있는 잠재적인 파괴적 기술을 소개하고 청중들이 미래의 가능성을 구상하는 것이 우선되어야 가능하다.

국방부 외부인사를 많이 초청하여 그들의 탐구·비전에 초점을 맞추는 일이 중요하다. 국방부가 실시한 심층워크숍의 사례 중에 NexTech가 있다. 이는 지성인들의 훈련을 위한 포럼을 제공한 일련의 워크숍이다. 참가자들은 문제해결을 위한 다양한 솔루션과 가능성 있는 윤곽을 형성해 나갔다. 이를 통해 개념적 시나리오에 따른 획기적인 기술을 발견하고, 이어서 관련 활동을 설계한다.¹⁴⁾

14) Pia Wanke, Noetic Group, NexTech, Presentation to the Defense Science Board, 2012년 7월 19일

Fursiferi Versuti 워크숍은 혁신적인 패러다임 전환 훈련과 주제별 아이디어 포착 훈련이라는 두 가지 영역 사이를 오가는 집약적인 형태의 워크숍이다. 이 워크숍의 목표는 공개적이고 비경쟁적이며, 특정 판매사 제품에 구애받지 않는 비판적 사고법을 유도하는 것이다. 참가자는 문화와 배경이 감안된 오픈소스(open source)를 활용하여 질문에 변화를 주고 초도 분석을 제시한다. 이 때 파괴적 기술에 기반한 사고 방식, 방해를 받지 않는 통찰력, 의견충돌을 거부하지 않는 분위기가 조성된다.

3) 소규모 집중 평가 또는 시뮬레이션 기반 평가

국방부는 소규모 집중 또는 시뮬레이션 기반 평가를 시행하면 안전으로 올라온 능력의 영향력을 탐구할 수 있을 뿐 아니라, 해당 능력이 군사적 효용이 있는지 또는 특정 기술성과목표를 충족시키는지 여부를 확인할 수 있다. 이 실험의 장에서는 수많은 시나리오에서 해당 능력의 군사적 효용을 반복적으로 탐구(특히 시뮬레이션 기반의 환경에서), 또는 몇 가지 특정 임무능력 패키지의 일부로 탐구할 수도 있다. 육군의 전술네트워크 통합 및 발전을 목표로 현재 연 2회씩 개최되는 전투원 중심의 실험활동은 시뮬레이션 기반환경에서 실시되는 실제시험(full-scale experiment)을 통해 보강되어야 한다. 실제시험은 광범위한 시나리오에서 다중 네트워크 구조를 탐구함으로써 자원이 많이 소요되는 고비용의 실제 환경에서 추구하는 것과 버금가는 최상의 해법을 찾을 수 있다.

소규모 평가의 주요 특징은 다음과 같다.

- 필요시 첨단 능력을 모방하며, 여러 시스템과 가까이에서 실험할 수 있다.
- 가상 모델링 및 시뮬레이션 툴을 이용하여 ‘~라면 어떻게 될까?(what ifs)’를 탐구할 수 있다.
- 기존 및 미래의 시스템 분석 툴을 통합할 수 있다
- 평가과정을 모두 기록함으로써 주요 변수를 바꿔가면서 향후 재생이 가능하다

국방부 내 소규모 평가의 사례로는 비대칭전 센터(Center for Asymmetric Warfare, CAW)에서 주관하는 연례 TRIDENT SPECTRE 훈련이 있다.¹⁵⁾TRIDENT SPECTRE 훈련

15) S. Vogel and P. Phillips, TRIDENT SPECTRE, Presentation to the Defense Science Board, 2012년 7월 19일

은 특수부대·재래식부대·정보커뮤니티 조직이 협업으로, 기술·작전·환경안전의 전문정보와 관련한 기술 및 기법을 평가하는 장을 제공한다. 또한 과학자·공학자와 같은 능력 개발자에게 전문운용자·수집가·분석가와 직접 상호작용함으로써 전문정보 기술과 기법을 향상시키는 기회를 제공한다. 이를 통해 특수작전 및 정보 커뮤니티의 작전능력을 강화할 수 있다.

TRIDENT SPECTRE 훈련에서는 CAW요원들이 화이트팀(White Team)의 역할을 담당하여 각 프로젝트의 목표와 관련된 기술실험의 평가를 비롯하여 유효성 척도·성과 척도 및 훈련작전의 목표를 검토하는 임무를 수행한다.

4) 야전실험 및 훈련

야전실험은 능력을 실제 배치시켜서 현재 고려 중인 대안이 작전효과를 향상시키는지 측정하는 것이다. 이 방법은 안전에 올라온 솔루션이 단순한 임무수행능력의 개선에 그치지 않고 차원 높은 혁신으로 이어지는지를 탐구하는 장을 제공한다. 야전실험은 국방부의 오랜 전통이다. 야전실험은 개발시험이나 운용시험 및 평가 또는 훈련과 혼동해선 안 된다. 다만, 시험이라든가, 특히 훈련에서 사용되는 기술 및 기반구조는 야전실험과 훈련에서 매우 유용하게 쓸 수 있다.

최근 해병대는 아프가니스탄에 실험용 전방작전기지를 설치했다. 재생 에너지원 및 에너지 절약 기법만 동원한 상태에서 까다로운 작전조건에서 성과를 평가하기 위한 것이다. 이 시설은 아프가니스탄 Helmand 지방에 구축되었다. 상기 실험은 중대급 부대단위 및 그 이하의 기지에서 자체적으로 연료·전기·식수·식량을 조달해야 할 경우 소요되는 기본요구를 파악하는 것으로 프로젝트이다. 여기서부터 해병대 전투실험실(Marine Corps Warfighting Laboratory, MCWL), 전투개발사령부(Marine Corps Combat Development Command, MCCDC), 획득부처, 기타 참가자들이 상기 요건을 충족시키는 기존 민간 상용기술을 평가하는 작업에 들어갔다.

이 접근법에서 실험활동을 성공적으로 수행하려면 다음과 같은 세 가지 요소가 요구된다. 첫째, 모범관행을 장려하고, 실험결과 도출에 소요되는 시간과 경비를 절감하는 각종 혁신 틀이 필요하다. 이는 각 분야별로 민간업계에서 차용해 온 것이다. 둘째, 권한

을 부여받은 관리팀이 필요하다. 즉, 소요 활동자원의 차출, 분석결과의 공유와 전파, 초점이 되는 큰 쟁점을 알아내는 개별실험의 입안, 현실적인 기대치 설정 및 실험에 거는 기대에 부응하는 실험활동 주기 관리, 그리고 무엇보다 중요한 것으로는 원하는 효과가 나지 않거나 배치에 부적합한 능력으로 드러나는 실험활동마저도 격려하고 지지하는 업무를 맡은 조직이다. 모든 실험은 외면적으로 드러나는 활동에 집중해야 하며, 이 관리팀은 연방정부·상용기술 제공자·주 정부·지방정부·연합파트너 가운데 다른 부서들도 반드시 실험과정에 참여하도록 관리해야 한다. 셋째, 적극적인 레드팀으로, 이들은 실험활동주기가 쟁점을 해결할 수 있도록 제대로 구성되고 자원을 차출했는지를 알아보기 위해 실험팀을 검문한다. 레드팀의 또 다른 임무로는, 실험에서 제기된 단순한 대응책이 최고로 유망한 능력을 저지시킬 수 있는지 여부를 확인하고, 각 실험의 장에서 시연된 위협이 안건으로 올라온 능력이나 개념에 대항할 수 있는 적정 능력 및 융통성을 확보하도록 하는 것이다.

시행계획

국방부는 오랫동안 실험의 필요와 가치를 인식하고 있다. 국방부 선임지휘관들은 실험이 지식 발견과 창조를 가능하게 하고 제품·프로세스·시스템·조직의 개발 및 향상을 이끈다는 것을 알고 있다. 국방부가 예산감축·신규위협·글로벌 도전의 시대로 진입함에 따라, 이제는 부처가 추구하는 변혁을 불러 일으킬 새로운 실험이 필요하다.

현재 USD(AT&L) 내부적으로 종단간(end-to-end) 관점에 입각하여 현재와 미래의 주요 군사임무를 조사하는 분석활동이 진행 중이다. 이를 통해 연구·개발·획득을 고려한 취약점·기회·격차를 발견하는 것을 목적으로, 이는 실험활동을 선정하는 데 탁월한 기초가 된다. 그 다음 단계는 자금지원이 확보되는 실험활동을 통해 핵심 전투위협에 대한 실험을 수행하는 것이다.

상기 실험에서는 미래의 혁신·위협·기회에 결정적으로 중요하다고 판단되는 영역을 주제로 다룰 것이다. 첫째, 사이버전·전자전·우주전과 같은 반접근/지역거부, 둘째, 화생방무기 담당 국방부 차관(Assistant Secretary of Defense for Nuclear, Biological, and

Chemical Weapons)과 협력하여 대량살상무기에 대응, 셋째 가능하면 첨단 제조기술을 포함하여 저비용 무기의 생산도 포함된다.

실험활동에는 안정적인 자금지원이 필요하며, 심층적 브레인스토밍(Brainstorming)에서 실제 현장훈련에 이르는 모든 범위의 실험형태를 이용하는 한편 USD(AT&L) 지휘부가 진행사항을 눈으로 확인할 수 있어야 한다.

끝으로, 실험은 일회성이 아닌 연속 활동이 되어야 하고, 태평양사령부의 ‘Terminal Fury’ 작전, 유럽사령부의 ‘Austere Challenge’ 작전 등 전투사령부가 정기적으로 실시하는 주요 작전 훈련과 연계해서 수행해야 한다.

●○ 권고안 13

USD(AT&L)는 튼튼한 실험프로그램을 활성화시켜야 한다. 신기술을 각 개발 마일스톤에서 시연하는 것에 그치지 말고, 실험프로그램을 통해 신기술 잠재력을 발견·분석할 수 있어야 한다. 이와 병행하여 국방획득업무 담당 고위관리는 훈련 및 시뮬레이션 기반 실험영역에 있는 도구와 기반시설 공유를 활성화시킬 수 있는 프로세스를 개발해야 한다.

위에서 언급한 기존 틀 가운데 상당수는 실험활동에 쉽게 활용이 가능하다. 비록 그것이 다른 용도로 개발되었다 하더라도 마찬가지이다. 현재 보유하고 있지 않는 것은 각 군에서 차출해야 한다. 그 이유는 군이 실험 적용범위를 확대하면 결국 그것이 공식 훈련과 연습작전으로 구체화될 것이기 때문이다.

효과가 검증된 실험지식을 국방부 문화에 이식시키는 것이 무엇보다도 중요하다. 이를 위해서는 실험이 각 군의 기존 훈련과 연습작전의 일부가 되어야 하며, 민간업계의 교육 훈련과 실무에 통합되어야 한다. 그 같은 목표달성을 지원하는 사업의 예로는 멘토링 실험인 ‘Boot Camp’를 들 수 있다. 이는 초급장교와 실험전문가를 연결하여 1~2주간 멘토링을 실시하는 방식이다.

향후 20년 동안 군사우위를 유지하는 데 최우선 과제는 국방부 고위층이 지속적이고 분명한 목소리로 실험의 역할을 강조하는 것이다. 그래야만 지식을 배우고 발전하는 문화를 창조하고 이어나갈 수 있다.

제 6 장

부 록



부록 A. 전략적 상황 및 능력

부록 B. 2030년 이후의 기술

부록 C. 대량살상무기에 의한
새로운 위협

부록 D. 실험환경 평가

2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략





Ⅰ 제6장 부록 A. 전략적 상황 및 능력

2030년 가상 시나리오의 전략적 상황

본 연구는 2030년 가상 시나리오의 전략적 상황을 11가지로 정리했다. 이 11가지가 어우러져 미래의 시나리오를 구성하면서 특별한 능력, 기술을 요구할 가능성이 높다고 판단된다. 전략적 상황 항목에 대해, 연구그룹 멤버들은 결정적인 특성을 확인하였다. 이 후, 예측되는 인구통계학적 변화, 군사자원 감소, 현재의 지정학적 무대를 고려하여 현재 시점과 2030년 간의 차이를 기술하였다.

상황별로 가상 적대 세력 및 기타 주요 지정학적 변화 영역이 포함되어 있다. 전 세계 각 지역의 평화와 안정을 약속해 줄 장기적인 국가목표에 대해서도 언급했다. 끝으로 이러한 도전에 대응하기 위해 2030년에 요구되는 핵심능력에 대해 각 상황별로 열거하였다.

국토보호

국토보호(Homeland Protection)는 가장 광의의 전략적 상황이다. 미국은 지리적으로 대국이며, 국민이 자유롭게 이동하고, 국가 간 무역·상거래·방문을 개방하여 국토 보호가 어렵다. 국토보호를 지원하는 각 주 및 연방기관에 관련된 조직 구조상의 문제도 안고 있다. 더욱이 미국은 분산적인 자산형태를 보유하고 있는데, 대다수가 민간 부문이기 때문에 이 점도 방어를 더욱 어렵게 만드는 요인이다. 2030년에 예상되는 변화에는 상당한 인구증가 및 도시화도 포함된다. 이는 국가 기반시설을 더욱 취약하게 만드는데, 도시화가 집중되는 연안지역에서 현저할 것이다. 2030년에는 국경방어의 중요도가 더 높아질 것으로 예상된다.

- 결정적 특성 : 민간부문의 비중이 매우 높은 분산된 자산. 난이도 높은 국토방어. 조직구조상의 어려움
- 2030년에 달라질 점 : 인구 및 도시화 증가. 국경방어 중요성 고조. 기반시설 취약성 심화
- 장기적인 국가목표 : 모든 영역에서 미국에 대한 공격을 예방. 핵심 기반시설의 신속한 복구. 민간 행정당국에 방위지원 제공
- 핵심능력 : 범세계적 상황인식. 사이버공격에 대한 본원적 자기방어능력을 갖춘 체계. 생물학·핵·고에너지 폭탄 공격에 대한 효과적인 방어 및 회복력

민족국가 수준의 동등 또는 준(準) 동등한 군사 경쟁국

이들 경쟁국은 자국 영토 인접 지역에서 조직화된 군대를 이용하여 미군을 이길 수 있는 능력을 갖고 있다. 이들은 급속한 경제발전으로 현지 배치된 미국 무기체계를 격퇴할 수 있는 현대식 군사장비에 투자가 가능하다. 동등 경쟁국들은 미국에 비해 중동석유 의존도가 더 높다.

- 결정적 특성 : 경제성장에 따른 지속적인 투자로 미국의 군사력을 이길 수 있는 능력 보유; 실존적 위협(Existential Threat)
- 2030년에 달라질 점 : 자국의 군사력을 구축하기 위해 미군능력을 표적으로 삼는 도전세력 증가; 모든 지역에서 전 세계적 세력투사(Power Projection); 전세계 공유지(Global Common)를 향한 경쟁심화
- 장기적인 국가목표 : 억제력(핵, 재래식무기, 사이버). 전세계 공유지의 자유. 선택적 연합 및 동맹
- 핵심능력 : 대량살상무기 및 사이버 위협의 억제. 우주 및 사이버에 대한 방어 또는 대안확보. 참여와 형성. 인간 강화 문제에 대처

지역적 적대 세력들

지역적 적대 세력은 민족국가이긴 하나 동등 경쟁국가와는 다르다. 크기가 작고 대부분 지역적으로만 편재해 있기 때문이다. 대규모 반접근 능력을 보유한 폐쇄적 사회 집단

도 있다. 2030년에 이르면 그 같은 적대 세력들은 대량살상무기 생산능력을 대거 확보함으로써 세계적 영향력이 커질 것으로 예상된다. 이들 국가는 살상력을 추가적으로 강화하고자 노력할 것으로 보인다.

- 결정적 특성 : 민족주의국가. 민족국가 단계의 동등 군사경쟁국들 또는 준(準) 동등한 군사 경쟁국에 비해 소규모. 지역에 편재
- 2030년에 달라질 점 : 살상력 강화. 세계적 영향력 확대. 반접근 능력
- 장기적인 국가목표 : 선택적 연합 및 동맹. 대량살상무기 제거. 접근 보장
- 핵심능력 : 범세계적 상황인식. 대량살상무기 및 사이버 위협의 억제. 살상력과 생존성이 높은 소규모 병력(육·해·공). 지하표적을 위협에 처하도록 유도

안보 협력국가 및 동맹국

안보 협력국가 및 동맹국은 공동의 적에 대응하기 위한 상호관심사 공유, 정보교환과 아울러 군사교류와 훈련을 포함하는 자원의 공유가 가능하다. 세계경제의 부담요인을 고려하면 현재의 전통적 동맹국들은 2030년쯤이면 과거와 같은 능력과 힘을 보유하지 못할 것이다. 결국 미국이 이들 동맹국에 대한 관리를 더 효율적으로 해야 할 필요성이 대두된다. 안보 협력국가 및 동맹국 관계는 역동적이기 때문에 상황에 따라 달라진다. 한 가지 상황에서 미국에 동조하는 협력국이 다른 시나리오에서는 적과 연합할 수도 있다.

- 결정적 특성 : 정보교환. 자원공유. 군사교류 및 훈련
- 2030년에 달라질 점 : 전통적 동맹국들이 과거와 같은 능력과 힘을 보유하지 못함. 역동적인 안보협력관계
- 장기적인 국가목표 : 미국의 국익을 발전시키기 위해 다른 나라와 협력. 관계 우위 유지. 협력국의 능력 활용
- 핵심능력 : 호환성이 있는 임무지휘체계. 정보공유능력. 상호 운용 가능한 체계

통제력 상실 또는 상실 중인 국가

이는 중앙정부가 무정부상태, 반군 지도자, 내전에 대한 통제력을 상실 중이거나 이미 상실한 시나리오 상황을 말한다. 본 연구 중 입수한 정보에 따르면, 2030년까지는 이 같은 국가가 대폭 증가할 것으로 예상된다. 통제력을 상실 중인 국가들은 내·외부 세력, 특히 세속적 지도자와 종교 지도자 간의 지역적, 세계적 불안정 또는 불협화음을 더욱 악화시키는 무정부 테러주의자의 표적이다.

- 결정적 특성 : 중앙정부가 통제력을 상실 중이거나 이미 상실(무정부상태, 반군, 내전)
- 2030년에 달라질 점 : 이런 유형의 국가 수 증가. 내·외부 세력의 목표. 지역적, 세계적 불안정 가중
- 장기적인 국가목표 : 통제력을 상실 중이거나 이미 상실한 국가가 미국의 국익에 미치는 부정적 영향 최소화. 통제력 상실 국가를 막기 위한 조건 구축. 통제력을 상실 중이거나 이미 상실한 국가를 적대 세력이 접수하지 못하도록 예방
- 핵심능력 : 위협의 지속적인 확인 및 추적. 위협의 커지기 전에 개입. 부대 생존성을 위한 소형화 및 치사율 제고. 사이버공격 및 대량살상무기 위협으로부터 방어

무국적 위협

무국적(stateless) 위협은 이념에 근거를 둔 상황이다. 여기엔 국경이 없으며, 만약 존재한다 하더라도 위협에 처하는 물리적 자산이 매우 소수에 불과하다. 하지만 그 영향력은 가시적이며 실제적으로 존재한다. 이런 맥락에서 말하자면, 2030년에는 정보영역이 자산임과 동시에 책임이 될 것이며, 무국적 위협에 의한 살상력은 다차원적으로 확대될 것으로 예상된다.

- 결정적 특성 : 이념에 근거를 둬. 국경이 없음. 위협에 처하는 물리적 자산이 없음. 가시적 영향력을 미침
- 2030년에 달라질 점 : 정보영역이 자산임과 동시에 책임이 됨. 살상력은 다차원적으로 확대됨.
- 장기적인 국가목표 : 무국적 위협 효과를 제거함으로써 그 충격을 무력화시킴. 자원에 대한 접근 거부. 인식 제고

- 핵심능력 : 위협의 지속적인 확인 및 추적. 위협이 커지기 전에 개입. 부대 생존성을 위한 소형화 및 치사율 제고. 사이버공격 및 대량살상무기 위협으로부터 방어

초국가적 조직범죄

초국가적 조직범죄는 물리적 국경 없이 경제적 동기에 의해 움직이며 민족국가를 넘어서는 또 다른 상황이다. 이들은 익명성을 선호한다. 무국적 위협 상황과 마찬가지로 이 영역에서도 정보영역이 자산인 동시에 책임이 될 가능성이 높다. 한 가지 분명한 점은 초국가적 조직범죄가 2030년이면 지금보다 고도로 네트워크화하여 무국적 위협과 연동될 것이라는 사실이다.

- 결정적 특성 : 경제적 동기에 의해 구동. 국경이 없음. 익명성을 선호함
- 2030년에 달라질 점 : 정보영역이 자산임과 동시에 책임이 됨. 고도로 네트워크화됨
- 장기적인 국가목표 : 초국가적 조직범죄 위협의 효과성을 제거함으로써 그 충격을 무력화시킴. 자원에 대한 접근 거부. 초국가적 조직범죄 위협에 대한 인식 제고
- 핵심능력 : 위협의 지속적인 확인 및 추적. 위협이 커지기 전에 개입. 부대 생존성을 위한 소형화 및 치사율 제고. 사이버공격 및 대량살상무기 위협으로부터 방어

초국가적 기업

초국가적 기업은 범지구적인 접근, 집중, 연구개발이 가능하기 때문에 그 자체적인 시나리오 상황을 가진다. 흔히 글로벌 소유/지도체제를 보유하는 한편, 국가나 지방 입법부에 영향을 미칠 수 있는 특별한 능력도 지니고 있지만, 미국의 통제에 반드시 따르리라는 보장이 없다. 2030년이면 이런 유형의 기업들은 점차 그 숫자가 늘어나고 대형화될 것이며, 이들이 신기술을 활용하고 첨단제조 능력을 갖게될 가능성이 농후하다. 더욱이 정치적 영향력이 확대되고 세계경제에 미치는 파급효과도 커질 것이다. 이 같은 추세로 인해 미국이 국내에 본사를 둔 굴지의 글로벌 기업들과 오랫동안 유지했던 국방 및 안보 관련 특수관계의 일부가 상실되는 결과로 이어질 수도 있다.

- 결정적 특성 : 범지구적인 접근, 집중, 연구개발, 글로벌 소유 및 지도체제. 지방 입법부에 영향력 보유. 국가의 통제에 따르지 않음
- 2030년에 달라질 점 : 점차 그 숫자가 늘어나고 대형화. 신기술 활용 주도, 첨단 제조기술, 정치적 영향력이 확대됨
- 장기적인 국가목표 : 초국가적 기업의 기술 및 능력에 대한 접근능력 유지
- 핵심능력 : 초국가적 기업 기술 및 능력 개발을 이용할 수 있는 능력. 범세계적 상황인식 및 정보

공유지에 대한 우호적 접근

공유지에 대한 우호적 접근은 국지적인 해적행위, 사이버공격, 우주 의존성, 해상 교통로 접근과 관련한 물리적이면서도 논리적인 전략적 상황이다. 북극 지역은 2030년에 이르면 결정적 요충지역이 될 것이다. 모든 공유지에 걸쳐 교통량 또한 증가하고 미국은 이 지역에서 확보하고 있는 현재의 우위에 위협을 받게 될 것이다.

- 결정적 특성 : 국지적인 해적행위, 사이버공격, 우주 의존성, 해상 교통로 접근
- 2030년에 달라질 점 : 북극 지역. 모든 공유지에 걸쳐 교통량 증가. 미국 우위에 대한 위협
- 장기적인 국가목표 : 국제표준 및 의정서 제정. 전세계 공유지에 대한 접근권 보장. 안전한 국제 무역 제공. 군사적 접근 보장
- 핵심능력 : 범세계적인 다중영역 상황인식. 공유지 내 활동에 영향을 줄 수 있는 능력. 공유지 내에서 자유롭게 작전할 수 있는 능력

개인적으로 활동하는 세력

개인적으로 활동하는 세력은 소규모 집단을 결성하는 개인들로, 사이버 위협 및 대량 살상무기에 접근성을 보유하며 타 조직의 법이나 윤리의 제재를 받지 않는다. 개인적으로 활동하는 세력은 흔히 깡패 지도자를 추종하며 국가적 정체성이 없다. 또한 군사력 증식을 위해 기술을 사용한다. 집단세력의 활발한 구축은 2030년에 이르면 점차 손쉬워지고 가속화되는 동시에 대립이 심화될 것이다. 미국은 그 같은 집단, 또는 개인 수준에서 보유, 제작한 능력에 의해 정교한 사이버공격을 받을 수 있다. 이들 집단을 더 주목해

야 하는 이유는, 2030년이면 이 세력이 세계적인 수준의 생물학 위협 능력을 보유할 수 있기 때문이다.

- 결정적 특성 : 소규모 집단 결성. 사이버 위협 및 대량살상무기에 접근. 법이나 윤리의 제재를 받지 않음. 캄패 지도자. 군사력 증식을 위해 기술을 사용. 국가적 정체성이 없음
- 2030년에 달라질 점 : 집단세력의 활발한 구축이 손쉬워지고 가속화 됨. 대립 심화. 정교한 사이버 공격. 개인적으로 세계적인 수준의 생물학 능력 보유. 개인적으로 제작할 수 있는 능력
- 장기적인 국가목표 : 해외에서 개인의 권리 및 미국의 국익 보호. 국내 이슈에서 군과 민간 당국의 분리정책 유지. 개인적으로 활동하는 세력이 미국 본토 및 해외에서 목표를 수행하지 못하도록 방어
- 핵심능력 : 위협에 대한 조기 발견과 신속한 평가. 민간행정당국, 상업법인, 학계에 관여하는 능력 제고. 법집행, 정보커뮤니티, 민간부문, 동맹국과 정보공유. 특수부대의 능력증강

인도적 지원 및 재난구호

인도적 지원 및 재난구호는 자연재해 발생 시 대처하는 영역으로, 재앙적 사태에 신속히 대응하는 능력이 필요하다. 이 상황은 연합세력을 결성하는 전략 또한 요구된다. 세계는 2030년이면 자연재해가 더 증가하고 재난이 가시화되는 현실을 경험할 것이다. 아울러 연안지역 집중현상 및 기후변화의 여파도 커질 것이다. 구호에 대한 사람들의 기대는 더욱 높아지는 반면, 군은 이러한 시나리오에서 대민 지원능력이 축소되는 추세에 있다.

- 결정적 특성 : 자연재해. 재앙적 사건에 대한 즉시 대응. 연합세력 결성 전략
- 2030년에 달라질 점 : 재앙적 사건 증가 및 갈수록 가시화. 연안지역 집중현상에 의한 영향 증가. 군의 대민 지원능력 축소. 구호에 대한 기대 증가
- 장기적인 개념목표 : 핵심 기반시설 신속 복구. 민간행정당국에 대한 방위지원 제공. 적절한 군수 및 인명지원의 신속제공. 연합지원 및 공유능력 확보
- 핵심능력 : 탄탄한 수송체계. 맞춤형 군수지원. 맞춤형 통신. 신뢰향상을 위한 개입

요구되는 전략 능력

이 연구는 2030년에 요구되는 능력을 식별하는 11가지 가상 시나리오를 결정적인 특성에 따라 정리했다. 모든 시나리오 상황에 걸쳐 공통적인 관심영역을 찾으려고 노력했다. 그 과정은 게임 체인지 능력을 목표로 한 브레인스토밍과 여러 분야 전문가들로부터 나오는 진상 조사, 이후 이러한 능력들이 실현될 수 있는 기술의 매핑을 수반한다. 그 결과물이 9개 분야의 목록이다. 각각은 2030년 우위확보에 요구되는 구체적인 능력 및 기술을 포함한다.

우주 능력

우주 능력이란 첫째로는 능력을 방어하고 재편성할 필요성, 둘째로는 미국이 우주 능력을 사용하지 않고 작전할 수 있는 능력의 필요성이라는 두 가지 개념을 포함한다. 또한 우주에서 감행한 공격을 미국이 방어하고 지상 통제소를 보호하는 능력도 요구된다.

사이버공격에 대비한 본원적 자기방어 체계

국가 핵심 기반시설의 보호는 네트워크체계와 무기체계를 포함한다. 이 영역에 해당되는 또 다른 능력으로는 탄력적 전투관리 및 무기통제 능력을 비롯하여 전력망 및 기타 제어 체계가 있다.

육·해·공에서 살상력과 생존성이 높은 소규모 병력

이 항목은 본원적인 군수부담을 대폭 줄이고 안정적인 휴대형 에너지를 제공하는 능력을 말한다. 미국은 적기공급방식(JIT)으로 비치할 수 있는 처분 가능형, 일회용, 고에너지밀도 및 고전력밀도의 동력원도 필요로 한다. 아울러 이 능력은 편제 정밀도와 타이밍이 수반되어야 한다.



전 세계 다중영역의 상황인식

이 부문은 군중 속에 숨어 있는 적을 원격으로 식별하여 상황인식을 획득할 수 있어야 한다. 이를 위해 오픈소스(Open Source)와 개인정보를 사용하며, 미국의 신속한 의사결정과 조치가 뒤따라야 한다. 또한 무수히 많은 센서를 활용하는 능력도 필요하다.

비대칭, 저비용 능력의 신속한 적응 및 생산

비대칭, 저비용 능력을 생산할 기회는 아키텍처뿐만 아니라 프로세스, 업무 기량, 인센티브에서도 찾을 수 있다. 이 부문은 유능한 톨과 적응력 있는 제조기술을 필요로 한다. 또한 추적이 어려운 적대 세력이 이용 가능한 능력이기 때문에 미국은 이들에 비해 쉽게 뒤처질 수도 있다. 획득주기는 점점 더 길어지는 반면, 민간 상업계는 가속화하고 있다.

대량살상무기 추적 및 방어

대량살상무기를 추적하여 안전한 장소에 신속히 격리시킬 뿐 아니라 이에 즉시 대응할 수 있는 능력이 필요하다.

자율체계

감시체계, 무기류, 통신, 군수 및 다양한 수준별 자율능력과 연동시킬 수 있는 체계가 필요하다. 이는 취약성과 자체 방어에 대한 필요도 포함하고 있다.

인간 실행력 향상 적응성

이 부분은 잠재적 적대 세력과 동맹국에 가치가 있는 지식, 외국문화의 이해, 병사에 대한 이해에 중점을 둔다. 외골격계, 인간 실행력 향상, 인지 기술과 훈련 능력을 필요로 한다.



첨단 제조능력

적층가공, 첨단 로봇공학, 나노기술의 발전 및 그에 따른 재료 개량은 제조 생산성을 향상시킬 뿐 아니라 현재는 제조가 불가능한 장치, 체계를 생산할 수 있게 해줄 것이다. 따라서 군수지원의 지연 및 병력방어 소요를 대폭 절감할 수 있도록 제조업을 지원할 수 있다.



Ⅰ 제6장 부록 B. 2030년 이후의 기술

부록 B는 2030년 내에는 군 능력으로 결실을 맺을 수 없다고 판단되는 기술을 골라서 정리한 것이다. 이러한 기술은 비록 획기적인 잠재력이 있을 수는 있지만, 본 권고안에 포함되지 않았다. 이유는 기술개발 일정이 연구에서 제시한 일정표를 초과하거나 실패 확률이 너무 높기 때문이다. 따라서 2030년 이후의 기술은 몇 가지를 제외하고는 대비 전략에서 다루지 않았다.

첨단 보철술

보철물에 의한 손상조직 재활은 요즘 새로 떠오르는 구현 개념이다. 이는 전기-근육-신경 제어 인터페이스에 의한 팔다리 재생과 같은 획기적인 결과를 보장한다. 최근 보철술의 발달로 견고하면서도 유연한 구조의 착용형 보철물이 개발되었고, 팔다리의 전자 제어 및 안구 임플란트 분야도 진전이 있었다. 하지만 인공적, 물리적 인터페이스가 여전히 보철물과 인체가 연결·이식되는 부위에 추가가 되어야만 했다. 이러한 물리적 연결은 불편하고 보철물 잠재력을 제한시키는 요인이다. 인공장치가 인간의 체내 조직과 뼈에 완전히 결합됨으로써 쾌적함과 견고성을 동시에 지원하고 환자의 선천적인 능력을 증강시킬 수 있는 기술개발이 현재 진행 중이다.

맞춤형 재료

맞춤형 재료의 설계, 제작 분야의 연구를 대폭 확대한다면 국방부가 수요로 하는 방위 산업 재료에 획기적인 성과를 낼 수 있다. 맞춤형 방산재료의 연구는 기존재료의 본질적 특징 또는 조정 가능한 특징이 아니라 새롭게 희망하는 재료의 특성, 또는 필수적인 물

리적 특성을 기초로 연구가 이루어져야 한다. 몇 가지만 예를 들면, 모든 파장을 다 생성할 수 있는 고내구성 재료, 자외선에서 적외선에 이르기까지 모두 감지할 수 있는 탐지기 배열 재료 및 연관 광학재료, 센서, 내장형 무선안테나, 고강도 경량소재, 초고효율 태양전지, 생체호환 재료, 마이크로 전자산업에 사용되는 비용효율적인 나노구조 등이 있다.

한 가지 특별한 적용사례로는 각종 감시장치로부터 군사표적을 은닉 또는 위장 하는 용도의 위장(Cloaking) 및 기만용 재료가 있다. 광학추적을 기만하는 방법으로 항공기의 레이더 반사면적을 대폭 바꿀 수 있는 메타물질(Metamaterials)이 제안되고 있다. 이 능력은 피탐을 최소화하고 전술 시나리오상에서 적의 혼란을 가중시킨다. 여기에 사용되는 재료는 전장을 비롯하여 훈련, 시뮬레이션, 워게임에서도 휴대가 매우 간편하고 현실감 있는 새로운 종류의 투사 영상을 제공할 수 있다. 이러한 기만능력을 동적제어하여 현실감이 더욱 향상될 뿐 아니라 원격에서도 맞춤형 통신과 협업이 가능할 것이다. 만약 시간의 영역까지 확대하여 시간 위장(Time Cloaking)을 활용할 경우, 통신과 도청을 완벽히 은닉할 수 있으며, 광섬유 통신의 실질적 대역폭도 확장이 가능하다. 현재로서는 소규모의 현상학적 시범에 그치고 있으나 이 개념이 실용화되려면 규모가 더 큰 집중화된 사업이 추진되어야 한다.

병사 체계용 만능 에너지

오늘날 병사 군장의 상당 부분이 배터리와 전자장비로 구성되어 있다. 최적 체계를 구성하는 장비를 갖춘 병사에 대한 접근방식은 다양한 분야에 걸쳐 많은 발전 가능성을 시사한다. 1인용 발전기에 대한 연구는 시작에 불과하지만, 이때 절전형 전력 소비 및 배터리 부하, 무선 송전, 모든 구성품의 소형 경량화도 포함시켜야 한다. 이 분야에서 광범위한 연구가 진행되고는 있으나 병사가 순 에너지소비 '0' 또는 전기를 생산하는 병력이 되는 동시에 임무수행 장비의 전력소비를 대폭 줄이기 위해서는 체계적 차원의 접근법이 필요하다. 에너지 회수기술, 광학-열-기계-화학적 에너지변환 기술, 초경량 에너지저장 개념에서 획기적인 돌파구가 필요하다. 직접적인 병사 영역 외에도 무인 지상 센서 및 가전 제품에서 가용주기 동안 자가발전에 의한 수명연장과 같은 부문에 응용이 가능하다.

분산형 개구센서로 전세계 지속감시

지구상에 사람이 거주하는 모든 지역에 대한 지속적인 전천후 고해상도 영상을 제공한다는 목표하에 우주 또는 공중자산을 통합한 네트워크가 필요하다. 현재의 전세계 감시는 대형 궤도센서 플랫폼을 사용한다. 따라서 크기는 발사체로 인해 한계가 있고, 운용수량은 획득·발사·유지 비용으로 인해 한계가 있다. 이 때 집합적으로 고성능 대형 영상 체계와 같이 거동하는 소형 센서를 배열한 센서어레이(Sensor Array)를 배치한다면 감시의 패러다임이 달라질 수 있다. 이 목표를 달성하기 위해서는 하나의 일관된 체계의 요소로 발사, 배치할 수 있는 비용효율적인 소형 탑재체가 개발되어야 한다.

만일 저가의 탑재체를 생산할 수 있다면 그 때는 분산형 개구센서(Distributed Aperture Sensing)어레이를 통해 전세계적인 지속감시가 가능해진다. 탑재체에 가시광, 적외선, 마이크로파 대역에서 24시간 전천후로 작동하는 하향 영상 센서가 포함될 수 있다. 차량 및 보병을 식별할 수 있는 해상도는 현재 개발되어 있지만 적절한 사업을 통해 많은 개량이 이루어져야 할 것이다.

전세계 지속감시체계는 기술적으로나 사업면에서 구현하는 데 어려움이 많다. 우선 해상도 개선과 구름, 초목 투과 레이더 기술이 개발되어야 한다. 발사비용 절감을 위해 경량구조로 만드는 것과 장기적 체계비용 상환을 위해서는 수명을 연장하는 것도 풀어야 할 숙제이다. 끊임없이 생성되는 대량의 데이터를 처리할 수 있는 새로운 내장형 프로세서 개념과 보안이 확보된 통신 다운링크도 개발되어야 한다.

생각만으로 움직이는 기계

물리적 접촉이 없이 생각만으로 전송되거나 소형 전자 보형물의 도움을 받는 간편한 인간-기계 연동에 대한 연구는 아직 걸음마 단계에 있다. 현재 컴퓨터 커서나 조이스틱을 사람의 생각으로 제어하는 체계는 나와 있다. 하지만 인간 뇌로 제어하는 기계나 컴퓨터를 완전히 실현하는 데는 넘어야 할 장벽이 있고, 또한 그것이 기술적인 장벽인지 심리사회적(Psychosocial)인 장벽인지도 분명치 않다.

비접촉 기계제어의 응용가능성이 있는 분야로는 전술 시나리오에서의 비밀통신과 장비의 원격조종이 있다. 인지사고 메커니즘의 이해, 최소한의 외과적 수술에 의한 인지제어용 보형물(Implant) 또는 이식편(Explants) 개발, 인간-기계 연동의 수용 및 쾌적함과 연관된 인간요인의 이해 등의 분야에 진전이 있어야 한다. 아울러 비접촉 외부 기계제어 메커니즘에 대한 이해가 가능하다면 이식편이 인간의 생각을 어떻게 해석 또는 제어할지에 대해서도 새롭게 통찰될 수 있을 것이다.

미(微)기후 공학¹⁾

군사교전 시 일시적으로 국지적인 기상을 조작할 수 있는 능력은 단기적으로 의미있는 전술적 우위를 가져다 줄 수 있다. 여기엔 적의 시야를 가리기 위한 인공 강우와 안개, 지상 피해를 가하기 위한 강풍 또는 토네이도(Tornado) 생성과 같은 기술이 포함된다. 현재 이온화 장치를 이용하여 사막에서 폭풍을 일으키는 단계까지 와 있다고 한다. 2008년 베이징올림픽 당시 중국 과학자들은 로켓 발사된 요오드화은 및 드라이아이스로 인공강우 작전에 성공함으로써 경기장에 비가 오는 것을 방지했다. 실질적인 군사작전을 수행할 정도의 시간, 공간의 제어가 실현되려면 아직 많은 난관을 타개해야 한다.

얽힘 물리학 이용

상호 간에 물리적인 분리 여부와는 상관없이 활동이 우연히 연결되는 전자·광학·물리적 체계들을 만들어 내는 얽힘 물리학(Entanglement Physics)을 활용하려는 연구가 상당히 진행되고 있다. 초기단계 연구로는 광자 얽힘 상태(entangled photon) 생성 개념과 입증은 있는데, 광자 쌍의 진동수 얽힘 상태를 이용한 간섭 체계를 통해 100km 이상 떨어진 다른 위치까지 시간지연 없이 광자 쌍의 광자가 연결된다. 이들 체계의 거리와 견고성이 개선될 경우, 매우 안전한 통신 체계에서 다양한 응용이 가능하다.

1) Microclimate Engineering



메가와트급 동력을 공급하는 휴대용 소형 핵분열장치

모든 군사임무에서 가용 동력은 필수 불가결한 요소이다. 병사 200~500명으로 구성된 소규모 전투전초를 지원하는 데 0.5MW의 동력이 소요된다. 그보다 규모가 큰 전방 작전기지의 경우 2~20MW가 소요된다. 현재 휴대용 소형 핵분열 원자로 개념을 구상하여 논리를 발전시키는 중이다. 핵 확산 문제를 최소화하기 위해 저농축 연료를 사용하는 것인데, 미국의 대학에서 수십 년간 사용되고 있는 실습용 원자로와 비슷하다. 이 같은 핵분열장치 설계에 포함되는 ‘-’ 열 계수는 체계 온도 상승 시 중성자 감속을 완화시켜 본질적으로 안전한 설계를 보장하는 장치다. 이를 통해 온도 폭증이나 노심 용융을 미연에 방지한다. 장치설계는 확장성이 있으며, 야전 발전장치 풀세트는 표준형 운반컨테이너 1~2대로 수송이 가능하다.

하지만 중대한 기술적 난관이 남아 있다. 실용화하려면 안전성·일반의 수용여부·보안·핵 연료 확산 및 해체 가능성과 관련하여 많은 과제가 해결되어야 한다. 고장 상태가 되었을 때 이를 자체 안정화시키는 장치, 직격을 당해 원료물질이 확산되었을 때 이에 의한 충격 가능성, 전장 오염을 저감시켜야 하는 문제도 풀어야 할 숙제이다.



■ 제6장 부록 C. 대량살상무기에 의한 새로운 위협

부록 C 내용을 열람하려면 SIPRNET 또는 그에 상응하는 기밀 채널을 통해야 한다.
내용열람을 원할 경우 국방과학위원회에 연락 바란다.

I 제6장 부록 D. 실험환경 평가

실험성공의 요소

부록 D는 혁신과 변혁을 지원하는 실험이 되려면 어떤 틀이 필요한지를 조사하였다. 실험성공을 위한 틀에는 실험설계, 기획, 데이터 생성, 계측, 분석이 포함된다.

- 실험활동 주기 내에 실험의 설계, 기획, 실행을 강화한다.
- 정확한 능력평가를 위해 모든 관심 임무범위를 아우르면서 적절한 계측 공간을 확보하는 시나리오의 구축 및 관리가 이루어지도록 한다.
- 핵심데이터 및 데이터 세트의 수집, 관리가 가능하도록 한다.
- 실험과정 전반을 통해 데이터의 신속한 분석을 지원한다.

상기 실험환경 평가체제에서 가장 강조되는 것은 발견실험(Discovery Experiment)의 설계와 실행이지만 이 같은 틀 또한 발견실험에서 도출된 가설실험을 설계하는 데 도움을 줄 것이다. 실험성공을 위한 틀은 적절한 훈련 및 첨단 기반구조와 결합하여 실험에 필요한 올바른 자세를 촉구하는 동시에 실험의 설계, 수행, 결과 분석에 소요되는 시간과 비용을 대폭 절감할 것이다.

실험설계 및 실험 틀

실험설계 기획 틀은 사용자가 이용할 수 있는 설계 템플릿(Template) 역할을 한다. 템플릿은 목적의 진술에서 시작하여 분명한 기술적, 과학적, 운영목표까지 포함된다. 또한 발견, 가설, 시험, 시연과 같은 구체적인 실험유형을 언급할 것이다. 단기적인 것인지 아

니면 아주 미래의 환경인지 시간목표도 설정하게 된다. 미래 환경일 경우, 그 특성을 설명할 또 하나의 템플릿이 뒤따를 것이다.

실험설계의 두 번째 요소는 해답을 내야 할 핵심질문을 파악하는 것이다. 실험 틀은 이러한 질문을 다루는 순서를 정하게 된다. 예를 들어, F-117의 사례에서는 실험 계획을 구성하는 몇 가지 질문이 나온다. 레이더 반사면적(RCS)은 어디까지 달성할 수 있는가? 평면 항공기(Planar Aircraft)는 실제로 날 수 있는가? 조종사가 저 RCS항로를 비행함으로써 RCS 능력이 실제로 임무에 이점으로 작용할 것인가?

그 다음으로 실험 틀은 사용자가 서면으로 설명서를 작성할 때 도움이 되며, 대부분으로 작성되는 요소와 더불어 자유스러운 실험활동에 대한 계획도 쉽게 표현이 가능하다. 요구되는 훈련에 대해서도 기술해야 한다. 이 틀이 좀 더 발전한 형태는 훈련 자료를 자동으로 생성함으로써 매우 짧은 시간 내에 고 효용가치의 실험설계를 완성하는 형태를 들 수 있다.

레드팀 구성, 계측, 데이터 수집 및 분석계획도 포함된다. 실험 틀은 사용자의 계획요인 적용을 지원하고 실험계획, 예행연습, 실행, 사후분석에 알맞게 시간이 할당되도록 적절한 모델링, 시뮬레이션도 활용한다.

위와 같은 방법에 의한 설계와 계획은 살아있는 교범이다. 실험이 진행되면서 경험상 교훈으로 질문을 수정하게 된다. 따라서 이 실험 틀은 질문이 바뀌어 가는 과정을 모두 담아낼 수 있다. 시간이 경과하면서 상기 틀은 이용 가능한 라이브러리(Library)로 집대성되어 향후 양질의 시나리오를 생성할 뿐 아니라 상당한 비용, 시간을 절감하면서 여러 문제에 대처하는 데 이용될 수 있다.

실험장소

모든 실험장소는 데이터 수집을 지원할 수 있는 기반을 갖춰야 한다. 현재 그 같은 기반체계의 예로서 다중 통합레이저 교전체계(Multiple Integrated Laser Engagement System, MILES)가 있다. MILES는 국립훈련소와 같은 훈련장의 지상 검증자료를 파악하는 데 도움을 준다.

기본적으로 기반 체계는 일정 기간에 걸쳐 관련 실험장소의 위치데이터를 수집해야 한다. 추가적인 데이터도 제공할 수 있는데 예를 들면, 차량 상태나 참가자 건강 상태 등이 있다. 또한 실험 통제 및 관찰팀에 대한 통신지원도 제공할 수 있다. 통신 지원은 참가자들이 사용하는 통신체계와는 구분되는 개념이다. 기반 체계는 이 밖에도 병사 성과 향상을 목표로 한 실험을 이해하는 데 필수적 요소인 심리측정 데이터도 수집해야 한다.

데이터 생성 툴

실험에 있어서 가장 큰 난관 중의 하나가 실험추진을 위한 데이터 세트 생성이다. 이때 데이터 생성 툴은 사용자가 충실성이 유지되는 데이터에 의한 실험설계를 할 수 있게 지원할 것이다. 이를 통해 실험설계상의 문제에 대처할 수 있게 된다. 데이터 세트의 신속한 조정능력을 제공하는 것 또한 매우 중요하다. 그래야만 실험을 수행하는 동안 발생한 파생질문에 대해 심도 있는 검토가 가능하기 때문이다.

실험 툴의 목적은 결국 재사용을 극대화함으로써 노력을 극소화시키려는 것이다. 그러기 위해서는 지난번 임무와 경험에서 있었던 데이터를 불러올 수 있어야 하고, 해당 데이터 세트를 찾아내서 핵심데이터요소를 새로운 시나리오로 작성할 수 있는 툴이 필요하다. 또한 이 툴은 지난번 게임 경험을 포착해서 이상 유무를 확인할 수 있어야 한다.

데이터 수집 및 관리 툴

데이터 수집 및 관리 툴의 목표는 실험과 관련한 일체의 임무이벤트를 정확히 이해할 수 있을 만큼 충분한 데이터를 수집하려는 것이다. 데이터를 수집하는 장치가 실험참가자에게 미치는 영향을 최소화시킴으로써 인위적인 부자연스러움을 줄이고 불신을 최대한 억제시켜야 한다. 모델링 및 시뮬레이션을 사용하면 추적해야 할 주요 측정지표를 추출할 수 있다. 또한 핵심동향을 파악할 수 있는 시각자료를 제공하는 것도 실험의 의미를 높일 수 있는 능력이다.

데이터 수집 툴은 다음과 같은 요소를 포함하는 것이 좋다.

- 첫 번째 구성요소는 실험설계와 밀접하게 통합되어 있는 데이터를 수집한다. 이미 수립된 계획, 예상 업무흐름, 예상 거동 등과 데이터를 연결시킴으로써 데이터 수집은 신속한 분석에 도움을 줄 수 있다.
- 두 번째 구성요소는 데이터 수집을 관리하고 사용자에게 자동적인 초기평가를 하는 것이다. 이로써 실험이 계획대로 수행되는지를 확인할 수 있다. 자동화된 데이터 수집장치는 숙달된 관측반(Observer Team)과 더불어 신속한 통합과 자동적인 데이터 관리에 도움이 될 것이다.
- 세 번째 구성요소는 보존관리로서, 자료를 수집·보존·관리하는 일이다.

신속분석 툴

데이터 수집 및 관리 툴의 궁극적인 목표는, 실험에서 얻은 교훈 중 긍정적인 부분과 부정적인 부분을 포착해서 이를 기계가 이해할 수 있는 형식으로 만드는 업무의 지원이다. 기계해독 형식으로 만들어 두면 향후 실험설계 시 앞서의 교훈을 피드백할 수가 있다.

신속분석 툴이 결정적으로 중요한 까닭은 실험참가자의 의도를 파악하고 누락된 부분을 채워 넣을 수 있으며 데이터로부터 내린 판단의 근거와 같은 사고방식을 자세히 알려 줄 수도 있기 때문이다. 이는 매우 첨단기능인 동시에 대단히 뛰어난 인간-기계 협업능력을 요구한다. 신속분석 툴을 설계할 때는, 그 프로세스를 이끌어가기 위해서 예상되는 실험결과를 최대한 이용해야 하며, 실험관측반이 그러한 요소를 재빨리 파악할 수 있게 만들어야 한다.

이 툴의 핵심은 분석결과를 신속히 내놓는 능력, 그리고 실험의 후속 이벤트에 통찰력을 붙여 넣는 것이다. 결과에 대해서는 한 시간 내로, 또는 그 보다 더 빨리 조희가 가능해야 한다. 신속분석의 관건은 실험설계가 사용자 행동에 대한 예상 모형을 분석과 연결시켜야 한다는 사실이다.

핵심 분석기능 중의 하나는 실험팀이 실험에서 임무이벤트를 재구성한 다음 그 이벤트를 재생하는 능력이다. 예를 들어 우군 또는 적군이 신기술을 사용 중이라고 가정하고 임무이벤트의 특정항목을 재생할 수 있다. 실험에 참가한 과학기술전문가, 관련주제 전문가들은 실험캠페인 과정에서 이들 툴을 사용하여 신속하게 전술과 절차를 발전시켜

나갈 수 있다. 모델링 소프트웨어를 사용하면 실험캠페인 과정에 도출한 상호비교 결과를 포함, 결과의 심층분석도 가능하다.

효과적인 실험의 위험 요소

실험환경에서 실패개념은 두 가지 유형으로 대별할 수 있다. 첫째는 어떤 제안 또는 제시능력의 강점이나 약점을 드러내는 실험이다. 이 경우에는 비록 실험이 실패했어도 생산적인 결과로 볼 수 있다. 성공적인 실험설계란 주어진 문제해결을 위해 제안된 솔루션이 기대치 달성에 실패할 수도 있다는 점을 분명히 강조함으로써 실패마저도 가능성이 있다라는 점을 명시해야 한다. 실패에서 도출되는 실험결과야말로 그 유의함이 배가 되기 때문이다.

두 번째 실험실패의 유형은 비생산적인 실험이다. 이런 경우는 실험의 절차나 개념상 결함이 있을 때 발생한다. 뒤이어 나오는 내용에서는 실험이 어떻게 해서 비생산적인 실패로 끝나는지 그 두 가지 이유를 고찰한다.

절차상 실패

절차상 실패한 실험은 기획이 미흡하거나 실행을 제대로 하지 못했기 때문에 발생한다. 더욱이 개별적인 실험 간의 연결이 제대로 관리되지 못할 경우, 실험 캠페인을 통해 실제로 얻을 수 있는 지식체계보다 그 습득의 정도가 훨씬 적을 것이다.²⁾

이는 주요 지휘관이 실험의 가치에 대해 신뢰감을 상실하는 결과로 이어질 수 있을 뿐 아니라 기대한 만큼 투자수익률이 나지 않을 경우 자금지원이 제약을 받게 된다. 더 중요한 점은 확실한 증거를 제대로 조사하지 못한 실험 아이디어와 결론, 또는 잠재위험

2) National Academies Press, Experimentation and Rapid Prototyping in Support of Counterterrorism (2009)

을 확실하게 점검하지 못한 실험 아이디어와 결론이 채택될 수 있다는 것이다.

실험성공을 저해하는 요소는 한 둘이 아니다. 가장 문제가 되는 요소로는 군 지휘관 중에서 실험이 자신의 직관적인 믿음을 확인시켜 준다든가 자신이 제안한 능력의 값어치를 올려주리라는 비현실적인 기대를 갖고 있는 지도자들이다. 이러한 비현실적인 기대는 궁극적으로 야전시험 종료와 동시에 결과가 나오길 원하는 동료 지휘관, 또한 분석 결과물이 반드시 객관적이고 신빙성이 있으며 논리적으로 설득력이 있어야 한다고 믿는 분석가들 사이에 감정적 긴장을 유발시킬 수 있다.

의욕은 좋으나 경험이 없는 장교들 역시 공격성이 부족한 계획, 예행연습, 실행, 사후 분석에 필요한 시간안배가 부적절한 실험 프로그램을 개발할 수 있다. 그로 인해 실험설계에 변수가 너무 많이 포함되거나 희망 자료를 통해 분석가와 쟁점을 연결할 명확한 계획이 들어 있지 않게 된다. 또한 너무 서둘러 계획을 짜거나 적절한 자격이 없는 선발팀이 실험을 관리하는 수도 매우 많다. 적합한 시나리오를 작성해야만 정확한 측정의 여지가 있을 것이며, 또한 현실적 제약 내에서 운용 가능한 지능적인 위협을 생성시킬 수 있을 것이다.

사람에 집중하는 정교한 전투환경에서 확실하고 유용한 데이터를 수집하는 일이 매우 중요한 데도 불구하고 이를 소홀히 하고 실험설계에 반영하지 않는 경우가 많다. 데이터 수집을 그와 같은 원칙으로 수행하지 않았다면 데이터 분석은 더욱 힘든 작업이다. 실험에 참가한 부대가 실험요구 수행에 짜증을 내기라도 한다면 실제 상황에서 데이터를 수집하는 것은 더욱 복잡해진다. 실제로 실험참가 부대의 선택이 실험목표를 눌러 이기는 수가 많은 실정이다.

개념상 실패

개념상 실패는 기존 업무흐름에 근본적인 영향을 미치는 기술, 그리고 적의 기습 공격 기회를 반영하는 기술을 다루지 못한 데서 초래된다. 여기서 근본적인 영향을 미치는 기술은 조형 기술(Formative Technology)이라 부르고, 통상적으로 일어나는 일을 반영하는 기술은 규범기술(Normative Technology)이라 부른다. 따라서 각 영역별로 실험의

접근법을 달리해야 한다.

규범기술은 종래의 일처리 방식에 들어맞는 기술로, 일반적인 사회기술적 조직 내에서 널리 이해하고 있는 목표의 달성에 적합한 기술이다(예, 더 빨리 달릴 수 있는 말). 반대로 형성기술은 종래의 목표달성을 위해 전혀 새로운 목표 또는 대안 메커니즘이 나올 수 있는 근본적 혁신으로, 이를 통해 기존 사회기술적 조직에 영향을 미칠 수 있는 기술이다. 조형 기술은 역동적인 업무흐름을 유도함으로써 신기술이 새로운 용도, 더 많은 변화를 일으키게 만든다. 예를 들어, 더 빨리 달리는 말로 바꾸는 대신에 아예 자동차로 교체하는 것을 들 수 있다. 자동차를 도입하면 군수, 획득, 유지비용에 많은 영향을 미치고 이전의 전술과 절차를 모두 바꿔놓으며, 전문가가 필요하다든가 훈련이 더 요구될지 모른다. 하지만 동시에 말이 가져다 줄 수 없는 예상 밖의 기회를 얻게 된다.

조형 기술은 성과의 시연이나 신뢰성 시험보다는 기술에 관한 아이디어의 실험을 요구한다. 이런 형태의 실험은 혁신적인 실험설계, 데이터 수집, 분석이 필요하고, 제대로 수행되면 기술능력의 기습공격 감소, 드러나지 않는 획득비용의 확인, 전술과 절차의 동시발전, 훈련 지원 등의 이점을 얻을 수 있다.

조형 기술은 어떤 요구의 충족을 위해 채택될 수도 있지만, 의도적인 요구와 무관하게 비롯될 수도 있으며 기술을 조직에 떠안길 수도 있다. 중요한 것은 기술의 정교함이 아니라 업무흐름에 미치는 영향이다. 획기적인 조형 기술의 예로는 인터넷, 스마트폰, 무인체계를 들 수 있다. 이 같은 조형 기술은 동맹국과 적국 모두 저비용으로 쉽게 손에 넣을 수 있기 때문에 실험을 통해서 임무효과 달성에 수반되는 기회와 제약을 모두 다루어야 한다.

현재의 표준적인 실험 접근방식은 규범적 환경의 기술을 가장 중요한 측정단위로 간주하면서 이에 중점을 두고 있다. 이는 기술적 성과지표의 반복가능성에 힘입어 신속히 시험으로 이어질 수 있다. 규범적 실험은 현재의 관행에 기초한 임무결과를 이용한다. 또 업무흐름이 대본으로 작성되는 시나리오를 이용하는 반면, 신기술에 의해 새로 구현된 임무의 탐구는 배제한다.

조형 기술에 의한 실험은 인간-기계 협업을 가장 중요한 측정단위로 간주하면서 임무 및 업무흐름의 탐구에 중점을 둔다. 최종적인 결과는 기술이 어떻게 '데이터에서 도출한

의사결정' 프로세스에 기여했는가를 아는 것이다. 실험은 암묵적인 추정, 예기치 않은 결과, 원치 않는 효과를 적극적으로 탐구하기 위하여 공급자, 병사, 레드팀 등 이해당사자의 개입이 필요하기 때문에 시연과는 구분된다. 결정적으로 수용 가능한 성과란 임무 또는 업무흐름의 맥락 없이는 아직 미숙한 것이기 때문에 형성기술에 의한 실험은 시험이 아니다.

조형 기술에 의한 실험에서는 수행할 실험, 참신한 데이터 수집 기법, 새로운 지표, 측정방법, 데이터 분석방법의 설계에 관한 새로운 지침이 있어야 한다. 충분한 현실감 보장을 위한 규모와 충실성을 명시하려면 개념실험 설계의 기준이 확립되어야 한다. 데이터 수집은 관측 가능한 전기 기계적 성능데이터(예, 전차가 얼마나 멀리 가고 얼마나 빨리 주행)에서부터 대형체계에 관한 메타데이터(예, 적정 데이터가 적정 시간에 적정 인물에게 전달되는가? 병사는 그 데이터를 신뢰하는가?)로 넘어가야 한다.

기술-임무-업무흐름의 결합에서 나온 결정이나 조치를 측정하기 위해 현재 사용되는 방법, 또는 기술적 제약을 무릅쓰고 임무수행에 재능이 뛰어난 특정 개인 능력의 측정에 사용되는 방법은 인력에 중점을 둠으로써 때로는 방해가 되기도 하는데, 이런 방식을 대체하기 위해서는 정량적이고 자율성 있는 새로운 메커니즘을 도입해야 한다. 실험은 복제가 불가능하며 빅데이터 수집기법 및 기계 학습(Machine Learning)으로는 불충분하거나 적용이 불가능할 수 있기 때문에 새로운 지표와 분석방법이 요구된다. 이 밖에 적합성, 계획, 영향, 관점, 책임의 경계영역을 탐구할 지표도 필요하다.

조형 기술에 의한 실험은 많은 이점이 있다. 예를 들어, 우군이 신기술 이용 및 적이 어떻게 이를 이용하는지에 대한 이해가 가능하게 함으로써 기술능력의 기습공격을 감소시킬 수 있다. 업무흐름에 미치는 영향 및 경계 영역을 탐구하면 인력의 기량, 고가의 수명주기와 같은 눈에 드러나지 않는 비용을 사전에 알 수 있다. 개념 실험을 실시하면 간접적으로 전술과 절차의 동시발전을 기할 수 있으며, 이를 더 개선시켜 훈련목표가 될 수도 있다. 마찬가지로 참가자들이 부딪혔던 문제점과 장애물은 추후 훈련 시 규명해야 할 요점이 될 것이다.

성공적인 국방실험의 사례연구

2차 세계대전 이후 국방부 내에서는 그 동안 미군의 기술우위능력을 혁신하고 신속히 배치하기 위해 본 보고서에서 상술한 실험원칙을 잘 적용하여 수행한 사업이 많이 있었다. 본 연구는 이를 참고로 전통적인 연구, 개발, 시험, 평가의 영역과 실험의 영역을 비교하면서 사례연구를 수행하였다.

F-117 공격기

F-117은 스텔스 기술을 이용하여 신속히 개발된 유명한 공격용 군용기이다.³⁾ 이 사업이 주목을 끄는 이유는 실험원칙을 사용하여 신기록을 세우면서 기체를 개발했기 때문이다. F-117 사업의 기원이 된 것은 Experimental Survival Testbed Program 으로, 이것이 나중에 Have Blue 사업으로 이어졌다. F-117과 같은 공격기의 필요성이 대두된 이유는 1970년대 초 구소련이 구축한 방공체계가 보여준 능력 때문이었다. DARPA의 주도하에 연구가 시작되어 1975년 여름까지 계속되었는데, 레이더 반사면적을 현격하게 줄임으로써 소련 방공망에 침투할 수 있는지 확인하는 것이 주된 목적이었다. 1979년에 이르러 Have Blue 사업은 저 레이더 반사면적 설계를 선보였다.

신속 혁신사업에서 실험의 요체는 신기술의 잠재력을 탐구, 발견, 분석, 이해한 다음, 이를 군의 능력과 정책에 구현할 수 있도록 시너지 효과를 내는 것이다. Have Blue 사업과 그 후속 개발사업인 Senior Trend는 오늘날의 개발사업에 지침이 되는 중요한 특징이 많이 있다.⁴⁾

- 시제품 프로젝트의 선정과 관리 시 운용 커뮤니티(Operational Community)를 개입시킨다. 그 래야만 시제품 프로젝트가 단순한 모형 용품점 프로젝트가 아닌 제대로 된 의미를 가질 수 있다.

3) Federation of American Scientist, F-117A Nighthawk

4) D.C. Aronstein and A.C. Piccirillo, Have Blue and the F-117A: Evaluation of the Stealth Fighter (American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1997)

- 모든 위험을 회피하기보다는 실패비용을 최소화하는 쪽으로, 아예 위험을 수용하는 방식으로 획득 사업을 기획한다. 너무 많이 위험을 제거하려다 보면 혁신을 억누르게 된다.
- 기술개발이 생산단계로 돌입할 수 있는 시점을 알아내는 데는 실험을 사용한다. 레이더 반사면적 예측기법이 발전하자 항공기 디자이너들은 스텔스 항공기를 설계할 수 있게 되었다. 이 같은 획기적인 발전은 실험적 방법에 의해 큰 도움을 받았다.

F-117 사업에서 얻은 교훈은 혁신을 격려하기 위해서는 위험을 감수하고 지혜롭게 실패를 경험하라는 것이다. 또 한 가지 주요개념은 실험적, 실증적 방법을 사용하여 개념을 검증하고, 무엇보다 중요한 것은 운용기술 및 개념을 시연한 후에 요건을 만들라는 것이다.

요약해서 말하자면, 훌륭한 실험의 원칙은 F-117과 같은 사업의 교훈에서 찾아야 한다.

해군 이지스 탄도미사일 방어체계 사이드카 프로세서

2000년대 중반, 이지스(Aegis) 무기체계는 온라인 사이드카(Sidecar) 프로세서를 포함시켜 AN/SPY-1 레이더 파형 및 표적식별 기술을 적용한 실험을 수행함으로써 체계의 능력을 증강시켰다. 사이드카 프로세서는 AN/SPY-1 레이더 탄도미사일방어 신호프로세서에서 데이터를 얻어와 인라인(in-line) 무기체계 처리와는 별개로 온라인(on-line)에서 시험했다. 이 접근법을 이용하여 신기술이 완전히 시험을 거친 후 에야 인라인 프로세서 경로에 이전되도록 할 수 있었다.

이지스 AN/SPY-1 사이드카 프로세서는 탄도미사일 방어용 신형 장거리 고해상도 파형 및 판별 알고리즘을 개발하는 데 사용되었다. 신규 파형 및 알고리즘을 온라인에서 시험했을 때 거의 대부분의 경우 추가적인 엔지니어링 작업을 요하는 프로세싱 결함이 나타났다. 몇 차례의 실험 및 개조 주기를 거친 후 대개 신기술은 실전사용을 위한 준비태세가 완비되었다. 사이드카 접근법은 첨단 프로세싱 기법의 개발과 이전을 비교적 짧은 기간에 완성할 수 있는 원동력이 되었다. 과거 장거리 고해상도 파형 사업과 유사한 개발업무가 현재의 이지스 AN/SPY-1 레이더에서도 계속되고 있다.

해군 특수전개발단 연례훈련

미 해군 특수전개발단은 ‘TRIDENT SPECTRE’라는 이름의 연례훈련을 실시한다.⁵⁾ TRIDENT SPECTRE 훈련은 개발 및 작전 분야에 종사하는 전문가들을 한자리에 모아 배치병력이 사용 중인 일련의 툴과 운용 전술, 기법, 절차를 개선하려고, 실험적인 환경에서 신속한 혁신을 이루려는 장을 제공하기 위하여 2004년에 발족되었다. 약 2~3주 기간에 걸쳐 훈련이 진행되는데, 기술보급을 극대화하기 위한 반복적인 적용 및 수정패턴을 따른다. 운용자, 공급자, 정보분석가가 집결하여 작전 시나리오의 종단간(end-to-end) 프로세스를 연습하는 방식으로 훈련을 실시한다. 실패지점에 이를 때까지 툴의 운용범위에 부하를 높여나가는 동안 그 활동 과정에서 공급자간 학습을 목표로 협업을 유도하는 환경이다. 결과는 개발주기의 신속한 반복이 능력향상을 가져오는 것으로 나타났는데, 이 같은 방법이 아니었으면 실험실에서는 파악할 수 없는 개선사항이었다. 운용속도 및 동료간 성과 부담에 의한 높은 스트레스 환경은 개발자들이 타 운용자 및 개발자와의 상호작용을 통해 자신의 기술영역 밖에서도 협력하게끔 압박을 가하자는 의도였다. 전술운용자들이 툴은 어떻게 사용하는지에 대해 이야기해주고, 또한 가상적인 개량을 실시간으로 시행하여 다음날의 일정에 통합하는 등 브레인스토밍을 함으로써 매우 중요한 역할을 담당했다. TRIDENT SPECTRE 훈련에서는 다음과 같이 여러 학습단계가 동시에 이루어졌다.

- 개발자들이 툴을 실습함으로써 이 같은 방법이 아니었으면 실험실에서는 거두기 어려운 대폭적인 개선이 이루어졌다.
- 현재 나와 있는 개량된 툴과 새로운 데이터 제품을 사용하여 전술, 기법, 절차를 개량했다.
- 이미 관찰된 지표(데이터 수집 당시에는 확인되지 않았던 지표)를 파악하기 위해 수집데이터에 분석기법을 적용함으로써 실행기반의 정보를 수집했다.

5) S. Vogel and P. Phillips, TRIDENT SPECTRE, Presentation to the Defense Science Board, 2012년 7월 19일

넥스텍 워크샵

넥스텍(NexTech) 워크샵은 미래전에 등장할 신기술을 알아내서 평가하는 사례이다. 군의 문화는 다분히 직선적인 사고방식을 진작시키기 때문에 기술의 잠재력과 속도를 과소평가하는 경향이 있다. 이 때 NexTech 워크샵과 같은 실험은 서로 다른 교리, 전문성, 관점을 서로 연결함으로써 여러 가지 기술 및 작전개념에 걸친 ‘통합’ 요소가 무엇인지 알아보는 기회를 제공한다. 이런 형태의 지적실험(Intellectual Experimentation)은 다음과 같은 목표를 갖고 있다.

- 기술, 사회, 정치, 법률, 윤리적 관점에서 잠재성이 있는 획기적 기술분야가 미치는 영향을 확인하고 선택 가능한 것이 무엇인지에 대해 교육한다.
- 비전통적 이해당사자들을 비전통적인 환경으로 소집하여 상기 쟁점에 관한 토론을 활성화시킨다.
- 자원제약이 장기화되는 시대를 앞두고 어떻게 과학과 기술에 계획하고 투자할 것인지에 대한 권고안을 만들기 위해 그 기초를 개발한다.
- 재능 있는 하급장교 및 영관급 장교를 미래전략환경에서의 창조적 사고방식과 비판적 사고법을 주제로 한 포럼(Forum)에 참여시키는 한편, 미 정부가 대규모 투자를 시행하기 전에 신기술의 군사적, 비군사적 영향력을 철저히 시험하는 모형을 제시한다.

Fursiferi Versuti 워크숍

Fursiferi Versuti는 배경이나 세계관에 연관성이 없는 사람들을 모아 두고 집약적인 문제에 대한 혁신적 솔루션의 고안을 강조하는 심층 워크숍이다. 참가자들은 운동에너지 사용하지 않는 활동영역/비활동적 영역(예, 법집행, 재정, 사법제도)을 국가 안보 위협에 적용함으로써 패러다임을 바꾸는 일련의 훈련을 거치게 된다. 이러한 워크숍에서는 파괴적 사고(Disruptive Thought)와 의견충돌도 수용하는 편안한 분위기를 조성해준다. 주요 특징은 다음과 같다.

- 비귀속 환경(Nonattribution Environment)에서 집약적으로 실시하는 이틀짜리 단기 워크숍
- 비전통적 기량, 배경, 관점을 한자리에 모으기 위한 엄선된 참가자 구성

- 분위기는 실험적으로, 형식에 있어서는 협업을 강조하는 워크숍
- 전략적인 마인드를 가지면서도 전술 중심인 솔루션 제시
- 수집된 아이디어를 보존하여 또 다른 용도에 이용될 수 있게 문서화

해병대 전투연구소 개념기반 실험

해병대 전투연구소(Marine Corps Warfighting Lab)는 개념기반의 실험을 수행한다. 전투개발, 즉, 교리·운용·훈련·물자·군수·인원·시설(DOTMLP-F)의 관점에서 미래 해병대는 어떤 모습이어야 하는지를 정의하고 설명하는 데 이런 형태의 실험을 사용한다. 이 같은 접근법은 장기적인 전투개념 개발과 단기적인 혁신기술 평가라는 두 가지 측면에서 도움이 된다.

새로운 운용개념을 개발, 평가하고 관련 전술, 기법, 절차, 기술을 추구하며, 그 결과를 이용하여 전투결과에 영향력을 행사하는 동시에 차세대 기술 티핑 포인트⁶⁾를 찾아낸다.

개념기반의 실험에 빠져선 안 되는 것이 다중관점을 통해 관련 시나리오를 분석 및 합성하기 위해 과학자, 기술전문가, 숙달된 병사를 집결시키려는 의지이다. 그러한 훈련 과정에는 건전한 학습분위기를 조성하기 위해 다양한 방법과 틀이 사용된다.

- 현역 병력
- 기술예측 및 평가
- 워게임
- 모델링 및 시뮬레이션
- 위협과 기회의 지속적인 분석

6) Tipping Point, 작은 변화들이 어느 정도 기간을 두고 쌓여, 이제 작은 변화가 하나만 더 일어나도 갑자기 큰 영향을 초래할 수 있는 상태가 된 단계

능력 훈련 및 기술 워게임

능력 훈련 및 기술 워게임은 Natick 병사 연구개발 공학센터(Natick Soldier Research, Development, and Engineering Center, NSRDEC)에서 수행 중으로, 특수한 병사 체계 위협에 초점을 맞춘 실험방식이다. Natick은 기술 워게임 부문에서 특별한 방식을 보유하고 있다. 기술 워게임의 두드러진 특징은 다음과 같다.

- 과학자와 숙달된 병사를 한자리에 모은다.
- 전투관련 문제 및 개념솔루션을 탐구하는 규율 있는 접근법
- 다양한 관점을 기반으로 관련 시나리오의 분석 및 합성을 통한 혁신

기술 워게임은 경험 많은 운전자, 과학기술자, 레드팀 등의 참가자들이 정교하게 제작된 역사적 시나리오에 신기술을 사용하여 재검토하도록 도전시키는 것이 가장 큰 장점이다. 이와 관련한 좋은 예로서, 운전자에게 신형 휴대형 전력원(에너지 밀도를 2배 높은 배터리)을 가지고 아프가니스탄 작전을 재검토하도록 만드는 2010년의 게임이 있다. 이러한 실험에서는 직접적인 분석으로 도출할 수 없는 핵심적이고 놀라운 의견이 많이 나올 수 있다.

실험방법상 상용 모범관행

본 연구는 실험의 상업적 관례를 잘 인식하고 있다. 상업 영역에서 사용되는 형식기법(Formal Technique) 및 모범관행(Best Practices)은 국방부 내에 더 잘 홍보가 되어야 하고, 그 반대도 마찬가지다. 국방부도 운영연구(Operations Research)와 같은 실험방법과 통계적 추론을 도입하는 추세에 있으나, 대부분은 상업조직에서 더 광범위하게 이용되는 방법이다. 예컨대 현재 민간기업의 모든 실험설계에는 형식기법이 사용되고 있다.

민간기업은 실험을 잘 활용하며, 기업의 프로세스에서 실험을 핵심적이고 자연적인

일부로 생각한다. 격심한 경쟁과 변화속도가 그 같은 현상을 이끄는 원동력이다. 제품을 어떤 특정한 가격대에 맞추기 위해 모든 기능 및 능력 요소를 동원하는 것이 경쟁이며, 시장은 끊임없이 혁신적인 신제품을 원한다. 경쟁환경에서 승리한 기업은 연구, 개념개발, 설계, 생산, 판매, 지원 등 모든 비즈니스 프로세스에 모범관행을 적용한다.

실험설계란 결국 일종의 모범관행으로서, 이를 통해 학습 속도를 가속화하고, 신속한 학습은 혁신적이고 경쟁력 있는 제품으로 이어지며, 마침내 시장에서 성공을 쟁취할 수 있다. 실험을 전략적으로 설계해서 실행하면 요인이 응답변수에 미치는 영향에 관해 많은 정보를 얻을 수 있다. 특정 상수 요인을 유지하면서 다른 변수의 수준을 바꾸는 실험도 많다. 그런데 실험설계에 있어서 ‘한 번에 하나의 요인’식 접근방법은 통계적 접근방법에 비해 비효율적이다.

실험설계의 모범관행기법은 수많은 지식과 방법론을 통해 수십 년에 걸쳐 개발되어 기록으로 입증되고 있다.⁷⁾⁸⁾⁹⁾ 탄탄한 실험프로그램은 모든 비즈니스 프로세스에 내포된 대안적 접근법을 평가할 때 효과적으로 사용할 수 있다.

실험설계는 효능이 입증된 모범관행 틀이지만 그 가능성을 달성하려면 많은 노력이 필요하다. 성공기업은 먼저 성과가 검증된 여러 실험설계 방법 중 하나를 채택한 다음, 차츰 모든 제품주기에 걸쳐 그 방식을 활성화하는 방안을 사용한다. 그리고 나서 실험설계가 성공기회를 높이는 프로세스의 이해를 위해 관리자를 비롯한 모든 관련 인원을 대상으로 교육활동을 벌인다. 끝으로 상급관리자는 실험설계가 경영상의 모든 의사결정과 정에서 일상적으로 사용될 수 있도록 촉구해야 한다.

현재 전 세계적으로 민간기업에서는 성과향상을 위해 실험설계를 사용 중이다. 실험설계가 바로 모범관행이며, 그 점은 수많은 정보, 방법론, 교육자료가 입증하고 있다. 국방부가 이러한 모범관행을 폭넓게 채택한다면 많은 분야에서 이점을 얻을 수 있을 것이다.

7) G. Taguchi, The System of Experimental Design: Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs (1987)

8) P. Goos and B. Jones, Optimal Design of Experiments: A Case Study Approach (Wiley, 2011)

9) K. Hinkelmann and O. Kempthorne, Design and Analysis of Experiments, Volume 1: Introduction to Experimental Design and Volume 2: Advanced Experimental Design (Wiley, 2008)



약어

3D	three-dimensional	3차원
ASD(R&E)	Assistant Secretary of Defense for Research and Engineering	연구 및 엔지니어링 담당 국방차관보
CSAC	Chip-Scale Atomic Clock	극소형 저전력 원자시계
C-SCAN	Chip-Scale Combinatorial Atomic Navigator	극소형 조합형 원자 네비게이터
C2BMC	Command, control, battle management, and communications	지휘, 통제, 전투관리, 통신
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency	미 국방고등연구기획국
DOTMLP-F	doctrine, operations, training, materiel, logistics, personnel, and facilities	교리, 운용, 훈련, 물자, 군수, 인원, 시설
GDP	gross domestic products	국내 총생산
GRAS	generally recognized as safe	안전성 인정등급
HiDRA	High Dynamic Range Atomic	고 동적범위 원자
IDEA	infrastructure for discovery, exploration, and analysis	발견, 탐구, 분석용 기반구조
IMPACT	Integrated Micro Primary Atomic Clock program	차세대 극소형 저전력 원자시계
JDAM	Joint Direct Attack Munition	합동직격탄
MILES	Multiple Integrated Laser Engagement System	다중통합 레이저 교전장비
MRE	meal-ready-to-eat	전투식량
NASA	National Aeronautics and Space Administration	미 항공우주국
NNSA	National Nuclear Security Agency	미 국가 핵안전보장국
PINS	Precision Inertial Navigation System	정밀관성항법체계
PNT	positioning, navigation, and timing	위치, 항법, 시간
R&D	research and development	연구개발
SCADA	supervisory control and data acquisition	집중 원격감시 제어
UASC2	unmanned aerial system command and control	무인항공체계 지휘통제
U.S.	United States	미국
USD(AT&L)	Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics	미 국방부 획득, 기술, 군수 담당 차관
USD(Policy)	Under Secretary of Defense for Policy	미 국방부 정책담당 차관
WGS	wideband global satellite	광대역 글로벌 위성

과업지시서

- 일자 : 2012년 5월 15일
- 수신 : 국방과학위원장
- 제목 : 과업지시서-국방과학위원회(DSB) 2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략에 관한 연구

2012 국방전략지침에는 기술우위가 미 전투원의 능력우위를 위한 핵심 전략이 될 것이라는 기본원리가 들어 있습니다. 국방부의 연구개발투자는 민간부문에서 진행되는 기술개발과 더불어 향후 몇 년간 더 강화된 신형체계 및 운용개념을 제공함으로써 미래능력의 근간을 이룰 것입니다. 하지만 국방부는 예산감축으로 인해 연구개발투자에 있어서 선별적인 시행이 불가피한 상황입니다.

이에 국방과학위원회에서 2030년에 개발 또는 배치될 차세대 군사우위능력을 촉진하는 신기술에 대한 연구를 수행해주기를 요청하는 바입니다. 연구에서 도출해야 할 결과물은 다음과 같습니다.

1. 국방부가 2014~2020년 기간에 응용기술 및 기술시범 분야의 연구개발투자 시 지침으로 삼을 수 있는 권고안
2. 파악한 기술을 적용 가능한 용도와 능력별로 도표화
3. 기존체계에 대한 블록 업그레이드 또는 신규체계 및 운용개념에 대한 신규진입을 통하여 혁신을 촉진하고 운용능력 강화를 위한 초석이 될 엄선된 유망기술, 추천 실험 또는 개념시범에 대해 구체적으로 정리



연구 수행 시, ‘미국 글로벌 리더십의 지속 : 21세기 국방 우선순위(Sustaining US Global Leadership : Priorities for 21st Century Defense)’ 라는 제목의 2012년 1월에 발간된 국방전략지침을 참고하기 바랍니다.

연구에 포함되어야 할 사항은 미래의 군 능력에 기여할 기술 가운데 국방부 외부에서 일어나고 있는 주요 기술발전에 대한 조사와 평가입니다. 그 같은 기술발전은 양자컴퓨팅, 마이크로 전자산업, 로봇공학, 나노재료, 유전공학, ‘빅데이터’, 대체에너지원, 첨단소재, 모델링 및 시뮬레이션과 같은 부문에서 국방부가 투자를 늘리는 계기를 마련해줄 것입니다.

육, 해, 공, 우주, 사이버공간에서 전투의 본질을 크게 증강 또는 변혁시킬 잠재력이 있는 기술이 이번 연구의 초점이 되어야 합니다.

연구 소위원회는 일체의 국방부 기밀사업 자료에 대한 접근이 허용될 것입니다.

나는 이번 연구의 후원자가 되고, Jim Tegnalia 박사와 Jim Shields 박사는 태스크포스의 공동의장을 맡을 예정입니다. Melissa Flagg 박사와 국방부 연구개발 차관실의 Dan Tadevich 공군중령은 간사를 맡고, Dou Reinbold 해군중령은 국방과학위원회 사무국 대표로 수고할 것입니다.

이번 연구는 공법 92-463, ‘연방자문위원회법’, 국방부훈령 5105.4, ‘연방자문위원회관리사업’의 규정에 따라 수행됩니다. 이 연구가 미 연방법률집 18편 208조에 규정되어 있는 특정 사안을 다루는 것은 아니며, 또한 태스크포스 구성원 어느 누구도 조달관으로 행동할 위치에 있지 않음을 알려드리는 바입니다.

Frank Kendall
차관대행



연구위원회 위원명단

위원장

Mr. James Shields
Dr. James Tegnella

Draper 연구소
뉴멕시코 대학교

패널위원장

Dr. Allen Adler
Dr. Stephen Cross
Dr. Kenneth Ford

보잉사
조지아 공과대학교
인간-기계 인지연구소
(Institute for Human and Machine Cognition)
민간컨설팅
MITRE
민간컨설팅

Dr. Ronald Kerber
Dr. William Laplante
Mr. Vince Vitto

간사

Dr. Melissa Flagg
Daniel Tadevich 중령

국방부 연구개발 차관실
국방부 연구개발 차관실

연구위원회 선임자문관

Mr. Michael Bayer
Dr. Craig Fields
Lester Lyles(미 공군 퇴역장군)
Mr. Larry Lynn
William Schneider, Jr
Mr. Robert Stein

민간컨설팅
민간컨설팅
민간컨설팅
민간컨설팅
International Planning Service사
민간컨설팅

위원

Dr. Michael Anastasio
Mr. Frank Cappuccio
Mr. Dean Clubb
David Deptula(미 공군 퇴역중장)
Dr. John Dowdle
Dr. Ellie Ehrenfeld
Dr. Eric Evans
William Fllon(미 해군 퇴역장군)
Mr. Scott Fouse
Mr. Al Grasso
Dr. John Hanley
Ms. Kathleen Harger
Dr. William Jeffrey

Los Alamos 국립연구소
민간컨설팅
민간컨설팅
Deptula Group
Draper 연구소
미 국립보건원
MIT Lincoln 연구소
Counter Tack사
록히드마틴사
MITRE사
민간컨설팅
민간컨설팅
HRL 연구소



Dr. Miriam John
 Dr. Bernadette Johnson
 Anita Jones
 Paul Kern(미 육군 퇴역장군)
 Donald Kerr
 Mr. Stephen Kirin
 Mr. Ira Kuhn, Jr.
 Dr. Alexander Livanos
 Noel Longemare
 Dr. Jasper Lupo
 Dr. John Manferdelli
 Dr. Robert McGrath
 Mr. Alden Munson Jr.
 Dr. Robin Murphy
 Malcolm O'Neill(퇴역 육군중장)
 Dr. Richard Roca
 Dr. Fred Schneider
 Mr. Frank Serna
 Mr. Lou Von Thær
 Ms. Leigh Warner
 Dr. Robert Wisnieff

민간컨설턴트
 MIT Lincoln 연구소
 버지니아 대학교
 The Cohen Group
 George Mason 대학교
 MITRE사
 민간컨설턴트
 민간컨설턴트
 민간컨설턴트
 Applied Research Associates
 Intel
 조지아 공과대학교
 Potomac 정책연구소
 Texas A&M 대학교
 민간컨설턴트
 응용물리연구소(Applied Physics Laboratory)
 코넬 대학교
 Draper 연구소
 제너럴다이내믹스사
 민간컨설턴트
 IBM

정부자문관

Mr. Greg Hulcher
 Ms. Ellen Purdy
 Mr. Benjamin Riley
 Dr. Morley Stone

국방부 획득, 기술 및 군수담당 차관실
 국방부 연구개발 차관실
 국방부 연구개발 차관실
 미 공군연구소

국방과학위원회

Mr. Brian Hughes
 Michael Harvey 중령
 Doug Reinbold 중령

위원장
 운영차장, 공군
 운영차장, 해군

지원 스태프

Ms. Becky Afergan
 Mr. Marcus Hawkins
 Mr. Brian Keller
 Dr. Toni Marechaux
 Mr. Chris Middleton
 Ms. Colby Raley
 Ms. Margaret Rowland
 Ms. Jen Schimmenti
 Ms. Stephanie Simonich
 Mrs. Jesse Strauss
 Mr. Ted Stump

Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.
 Strategic Analysis, Inc.

연구기간 중 실시된 브리핑 목록

2012년 5월 22일

Dr. John Battilega	민간컨설턴트	중국의 주요 군사기술투자
Frank Kendall	국방부 획득 기술 군수 차관	토론
Zach Lemnios	국방부 연구개발 차관실	토론
Dr. Martin Libicki	RAND Corporation	세계인구변화
Mr. Andrew May	국방부 총괄평가국	토론
Dr. Michael Pillsbury	민간컨설턴트	중국에 대한 견해

2012년 6월 19~21일

Dr. Stephen Bachowski	미 국가항공우주정보센터	해외 전투원 성과연구의 관점
James Cartwright	미 해병대 퇴역장군	혁신
Mr. Dan DeMots	국방부 총괄평가국	토론
Dr. Eric Eisenstadt	민간컨설턴트	유전체학과 전투원
Dr. Ted Gold	미 국방분석연구소	IDA 합동첨단전투원사업(IDA Joint Advanced Warfighting Program)의 교훈
Mrs. Robin Hicks	국방부 연구개발 차관실	현행 JCTD 사업
Dr. Jack Jackson	미 국방분석연구소	IDA 합동첨단전투원사업 의 교훈
Mr. Joel Resnick	미 국방분석연구소	IDA 합동첨단전투원사업 의 교훈
Mr. Ben Riley	국방부 연구개발 차관실	ACTD 동향, 변화 및 운용 관점
Mr. Will Roper	국방부 연구개발 차관실	전략능력사무국 (Strategic Capabilities Office)
Dylan Schmorrow 대령	국방부 연구개발 차관실	전투원 성과향상 및 최적화 - 환상과 현실
Dr. Robin Staffin	국방부 연구개발 차관실	국방기본연구
Dr. Kevin Woods	미 국방분석연구소	IDA 합동첨단전투원사업 의 교훈



2012년 7월 19~20일

Kevin Felix 대령	미 육군 역량통합센터(U.S. Army Capabilities Integration Center)	TRADOC
Paul Gorman	미 육군 퇴역장군	실험의 역사
Dr. Mike Macedonia	미 과학응용협회(Science Applications International Corporation)	가상세계와 실험
Dr. Fenner Milton	미 육군 야간투시경 및 전자센서 사령부(U.S. Army Night Vision and Electronic Sensors Directorate)	EOIR 센서 동향
Dr. Paul Muessig	미 해병대 전투실험실(U.S. Marine Corps Warfighting Laboratory)	해병대 실험 : 우선순위 및 도전
Peter Phillips 대령	미 특수전사령부	TRIDENT SPECTRE
Paul Roege 대령	미 육군 운영 에너지 사무국(U.S. Army Operational Energy Office)	에너지 안보 포트폴리오에서 핵에너지의 역할
Dr. Adam Russel	첨단정보장비개발국(Intelligence Advanced Research Projects Activity, IARPA)	전투원 성과 조정
Mr. Al Shaffer	국방부 연구개발 차관실	국방부 S&T 로드맵 및 최종 상태
Dr. Erik Syvrud	DARPA	SOCOM 실험(TNT)
Mr. Setev Vogel	미 특수전사령부	TRIDENT SPECTRE
Ms. Pia Wanek	Noetic Group	NeXTech 게임 개론

2012년 8월 20~24일

Dr. Albert-Laszlo Barabasi	Northeastern 대학교, 하버드 대학교	빅데이터 : 네트워크 과학에서 인간역학까지
Dr. Joseph Bielitzki	민간컨설턴트	전투원 성과향상 및 최적화
Dr. Vincent Chan	매사추세츠 공과대학교	양자통신
Dr. Howie Choset	카네기멜론 대학교	2030년 제조기술 주도권
Mr. Tom Dee	국방합동신속획득전지(Defense Joint Rapid Acquisition Cell)	합동 신속획득 전지
Dr. Oliver L. de Weck	매사추세츠 공과대학교	제조기술
Dr. Drew Endy	스탠퍼드 대학교	합성생물학
Dr. G. Andrew Erickson	Los Alamos 국립연구소	소형전원; 종단간 핵위협
Dr. Marshall Greenspan	노드롭그루먼사	DRFM 기술과 미래 레이더 센서 시스템
Dr. Gerald Manke	해군수상전센터	극초단 펄스 레이저 기술 및 용도 개발
Dr. Jack Obusek	Natick 군사연구개발공학센터(NSRDEC)	병사 RDE
Dr. Stephen Smith	Draper 연구소	양자센서
Dr. Vladan Vuletic	매사추세츠 공과대학교	양자기술
Dr. George Whitesides	하버드 대학교	신기술-왜 필요한가?



2012년 9월 25일

Mr. Rob Beutel	미 수송사령부	사이버 토론
Dr. William Coblenz	DARPA	디지털 지향 제조법에서 본 관점
Randy Dragon 준장	미 육군 여단현대화사령부	통합으로 전투원 능력향상
Dr. Sean M. Kirkpatrick	국방부 연구개발 차관실	미 국가안보 우주 아키텍처
Ms. Annabelle Lee	미 전력연구소 (Electric Power Research Institute)	사이버 토론
Dr. Erik Prentice	미 국가정보국장실	생물학전
Dan Wattendorf 중령	DARPA	바이오감지 및 반응

2012년 10월 18일

Keith Alexander 대장	미 사이버사령부	사이버 보안
Mr. John Betz	MITRE사	GPS 대안분석

2012년 11월 6일

Ms. Jessica Clay	국방부 확산방지국 (Defense Couterproliferation Office)	화학무기 R&D
Dr. Robert Cohn	국방부 화학방 정책 차관실	화학무기 R&D
Dr. Joseph Corriveau	미 육군 Edgewood 화학생물학센터 (U.S. Army Edgewood Chemical and Biological Center)	화학무기 R&D
Dr. John Graham	미 육군 전염병의학연구소 (U.S. Army Medical Research Institute for Chemical Defense)	화학무기 R&D
Mr. Phil Lemire	미 국가지리공간정보국 (National Geospatial Intelligence Center)	화학무기 R&D
Dr. Eric Moore	국방위협감축국 (Defense Threat Reduction Agency)	화학무기 R&D
Bruce Schoneboom 대령	미 육군 전염병의학연구소	화학무기 R&D
Mr. Gregg Walker	국방위협감축국	화학무기 R&D



2012년 11월 15~16일

Dr. Reggie Brothers	국방부 연구개발 차관실	보안통신
Mr. Ned A. Chase	미 육군 연구개발사령부(RDECOM)	수척이착륙 X-PLANE
Mr. Jaymie Durnan	국방부 연구개발 차관실	토론
Tom French 대령	우주방어프로그램 (Defense Space Protection Program)	우주방어프로그램
Mr. Rob Gold	미 국방부 장관실(OSD)	보안통신
Joe Hibbeln	미 국립보건원	군용 식단의 지방함량과 정신장애
Mr. Brian Holloway	DARPA	토론
Dr. Jimmy Kenyon	국방부 연구개발 차관실	수척이착륙 X-PLANE
Dr. Michael Obal	남캘리포니아 대학교	미 우주 핵발전의 재충전
Dr. Carey Schwartz	미 해군연구소 (Office of Naval Research)	'데이터로부터 의사결정' S&T 우선순위 전략
Mr. Matt Seaford	국방부 제조 산업기반정책 차관실(Office of the Assistant Secretary of Defense for Manufacturing and Industrial Base Policy)	군용 리튬이온 배터리
Dr. Brian Shaw	미 국가정보대학 (National Intelligence University)	정보장교 훈련
Mr. Richard H. Simmons	해군 계측 해양학 사령부(Naval Metrology and Oceanography Command)	작전운용 AUV 및 UUV 능력 개요
Dr. John Stubstad	국방부 연구개발 차관실	우주 및 센서 시스템
Dr. John Tangney	미 해군연구소	인간 시스템-훈련과 인터페이스
Rob Witzleb 준장	미 해군본부	해군 기술 정찰
Dr. Stuart Wolf	국방부 연구개발 차관실	양자컴퓨팅과 양자정보과학 : 국방부 연구와 평가

2012년 12월 5일

Mr. Yosry Barsoum	MITRE사	임무보증
-------------------	--------	------

주요국 국방·군사 동향 시리즈 14-01

2030년 군사우위를 위한 기술 혁신 전략

Technology and Innovation Enablers for Superiority in 2030

발행일 2014년 5월 30일
발행처 국방기술품질원 방산기술정보팀
(055) 751-5370
발행인 최창곤
확인 홍문희·최석영
감수 김종만·홍현수·박정기·김중호·강인원
편집/발간 전고운 (055) 751-5386
인쇄처 경성문화사 (02) 786-2999

ISBN 979-11-5698-009-4 94390

국방기술품질원

방산기술정보 간행물



국방기술품질원 기술정보센터는 전 세계 국방과학기술정보와 방산시장 정보를 수집, 분석하여 국방기술 정보통합서비스(DTiMS)와 정기·비정기 간행물 또는 소식지의 형태로 관련기관에 제공하고 있습니다.

2006년 12월 창간한 격월간「국방과학기술정보」이외에도 2010년 3월부터 일일 소식지 Global Defense News를 국방망을 통해 관련기관에 이메일로 제공하고 있으며, 2009년부터 발간하였던 「국제 방산시장 분석보고서」를 2011년부터는 연감의 형태로 발간하고 있습니다.

또한, 2012년부터 이슈가 되는 전 세계 국방 군사 동향 정보를 「주요국 국방·군사 동향 시리즈」라는 이름의 정기 간행물 형태로 제공하고 있습니다.

전 세계 국방 기술정보, 방산시장 및 군사동향 등의 최신 정보가 군사전략 및 획득 정책수립에, 방산 업계의 경영전략 수립에, 학계의 연구 활동에 참고자료로 활용되기를 기대합니다.

2014년도 방산기술정보 주요 간행물 현황

- 국방과학기술정보 (매 짝수 월)
- 주요국 국방·군사 동향 시리즈 (5, 8, 11월)
- 2011~2014 세계 장갑차 획득동향 (10월)
- 2014 세계 방산시장 연감 (10월)

군 관련기관에서는 DTiMS를 통해 E-Book 형태로 발간물을 제공받을 수 있습니다.

DTiMS 국방망 접속 URL : <http://dtims.mnd.mil>

인터넷 접속 URL : <http://www.dtaq.re.kr>



<http://www.dtaq.re.kr>
Tel: 055-751-5370

방산기술정보 인터넷 접속 방법



▶ 국방과학기술정보 접속 방법

- 1 www.dtaq.re.kr
- 2 홍보브로서 클릭
- 3 발간물 클릭



▶ Global Defense News 접속 방법

- 1 www.dtaq.re.kr
- 2 최신기술동향 클릭



방산기술정보 국방망 접속 방법

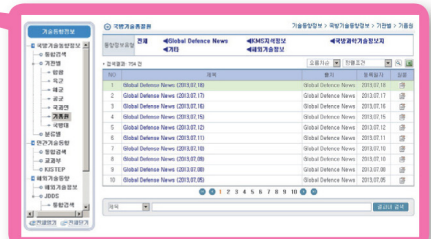
▶ 국방과학기술정보 접속 방법

- 1 http://dtims.mnd.mil → 2 국방과학기술정보 클릭



▶ Defense News 접속 방법

- 1 http://dtims.mnd.mil → 2 Defense News 클릭



▶ DTIMS 회원가입방법

- 1 인트라넷 주소창에 http://dtims.mnd.mil 입력
- 2 상가 화면이 뜨면 우측 상단에 있는 회원가입 클릭하고 회원가입
- 3 회원가입 완료후 로그인

우 편 엽 서

보내는 사람 _____

□□□ - □□□

받는 사람

경상남도 진주시 진주우체국 사서함2호
국방기술품질원 기술정보센터 방산기술정보팀

6 6 0 - 6 0 0

● 독자엽서를 기다립니다.

주요국 국방·군사 동향 시리즈는 독자 여러분의 관심과 참여로 만들어집니다.
보내주신 의견은 제작에 적극 반영하겠습니다.

1. 유익하거나 관심있었던 내용이 있었다면 무엇입니까?

.....

.....

2. 「주요국 국방·군사 동향 시리즈」가 보완해야 할 부분이 있다면 어떤 내용(분야)입니까?

.....

.....

3. 「주요국 국방·군사 동향 시리즈」에 게재되기를 희망하는 특별기술분야가 있으시면 의견 주십시오.

.....

.....

