

주요국 국방 · 군사 동향 시리즈

13-01

2013

군사과학기술 동향

-The Future Emerging Technology Trends-

홍 현 수 지음





발간사



오늘날 과학 기술의 발전은 우리의 삶의 방식을 송두리째 바꾸어 놓고 있습니다. 군사 분야의 기술 발전 역시 예외가 될 수 없습니다. 과거 세계의 전쟁사를 보면, 군사 과학 기술에서 우위를 가진 국가나 민족은 언제나 승자였습니다. 새로운 기술의 출현은 전쟁 양상을 크게 변화시킬 뿐만 아니라 군의 작전 운용 개념과 조직체계에도 많은 영향을 미치게 됩니다.

주요 군사 과학 기술에는 통신, 센서, 무인화, 에너지, 바이오, 화생방, 사이버 기술 등이 있으며, 이러한 기술들은 하루가 다르게 발전하고 있습니다. 감시 정찰 위성, 초소형 무인기(UAV), 초정밀 유도 타격무기 등과 같은 첨단 무기체계는 여러 단위 기술들이 융합 및 복합된 것입니다. 따라서 위의 기술들에 대한 발전 추세를 알아본다면, 첨단 무기체계의 발전 동향을 엿볼 수 있는 계기가 되리라 판단됩니다.

그동안 국방기술품질원은 전 세계의 국방과학기술에 대한 정보를 수집, 분석하여 관련기관에 지속적으로 제공하여 왔습니다. 2006년 12월부터 해외 기술단신과 무기체계의 개발 동향을 조사하여 격월간으로 “국방과학기술정보誌”를 발간하고 있습니다. 또한 2012년부터는 세계 주요 국가들의 국방 및 군사 정책과 동향 정보를 수집, 번역하여 “주요국 국방·군사동향시리즈”라는 이름으로 간행물을 발간하고 있습니다. 첫 해인 2012년에는 “미국 방위산업 정책 이슈와 국방 예산”, “2012년 중국 군사력 및 안보동향” 그리고 “미국의 무인체계 통합 로드 맵” 등의 주제로 발간한 바 있습니다.

본 간행물은 2013년 “주요국 국방·군사동향시리즈”의 첫 번째 간행물로서, 무기체계 개발에 적용되는 최신 군사 과학 기술의 동향과 새롭게 부상하고 있는 군사 혁신 기술들에 대한 분야별 동향과 예측을 수록하였습니다. “현재는 결코 우리의 목적이 아니며 과거와 현재는 단지 수단에 불과하며 미래만이 우리의 목적이다”라는 파스칼의 명언은 하루가 다르게 발전해가는 과학 기술 분야에서는 더욱 그 의미가 크게 다가올 수밖에 없습니다.

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

감사합니다.



국방기술품질원장 최 창 곤



목 차

| | | |
|------------|---------------------------|----|
| 서문 | | 6 |
| 1장 | | 8 |
| 전쟁과 과학기술 | 1.1 전쟁 양상의 변화와 군사기술 | 10 |
| | 1.2 기술의 발달과 군사혁신 | 13 |
| 2장 | | 16 |
| 기술의 진보와 예측 | 2.1 기술의 진보 | 18 |
| | 2.2 기술 예측 | 23 |
| 3장 | | 28 |
| 신흥기술 발전 동향 | 3.1 융합기술과 영역간의 기술 | 30 |
| | 3.2 통신 | 33 |
| | 3.2.1 통신 기반 33 | |
| | 3.2.2 이동통신 기기 40 | |
| | 3.3 컴퓨팅 기술 | 47 |
| | 3.4 전체적 지식기반과 SNS | 52 |
| | 3.4.1 전체적 지식기반 52 | |
| | 3.4.2 소셜 네트워크 서비스 55 | |
| | 3.5 센서 | 59 |
| | 3.5.1 전자전 지원책 센서 62 | |
| | 3.5.2 우주기반 시스템 65 | |
| | 3.6 연산 모델링 | 69 |
| | 3.6.1 모델링 이론 기술 72 | |
| | 3.6.2 고급 방법론 기술 73 | |

3장

신흥기술 발전 동향

| | |
|----------------------------|-----|
| 3.7 로봇체계 | 74 |
| 3.7.1 로봇체계 대 인간 | 75 |
| 3.7.2 무인지상차량 | 78 |
| 3.7.3 무인항공체계 | 79 |
| 3.7.4 무인해양체 | 82 |
| 3.7.5 무인로봇체계의 상호운용성 | 85 |
| 3.7.6 군사작전에 대한 무인체계 기술의 영향 | 87 |
| 3.8 지향성 에너지 무기 | 92 |
| 3.8.1 고출력 마이크로웨이브 무기 | 92 |
| 3.8.2 고출력 마이크로웨이브 무기체계 유형 | 95 |
| 3.8.3 고출력 마이크로웨이브 방호 | 97 |
| 3.8.4 레이저 무기 | 98 |
| 3.8.5 정밀 유도무기 | 102 |
| 3.9 화생방 무기 | 107 |
| 3.9.1 바이오기술과 새로운 의학적 대처 | 109 |
| 3.9.2 방사성 무기 | 111 |
| 3.10 비살상 무기 | 112 |
| 3.11 사이버방호 | 115 |
| 3.11.1 사이버방호기술 | 116 |
| 3.12 군수 | 117 |
| 3.12.1 전략적 수송 | 122 |
| 3.12.2 개방형 제작 | 123 |
| 3.13 생체 모방 기술과 나노기술 | 129 |
| 3.14 에너지 | 132 |
| 3.14.1 콤팩트 전원 장치 | 136 |
| 3.14.2 대체에너지 | 137 |
| 3.15 미래의 의학기술 | 141 |
| 참고문헌 | 143 |

참고문헌



서 문

과학기술은 인류의 탄생 이래 세계사의 대전환기에 시대를 변혁시키는 강력한 힘의 원천으로, 그리고 다음 세대를 가늠할 수 있는 지표로서의 역할을 해왔다.

17세기에 근대과학이 출현하면서 인간은 자연을 살아있는 유기체 보다는 적극적으로 이용하고 통제할 수 있는 대상으로 간주하게 되었다. 이와 같이 과학이 실용적 지식에 집중하는 가치관에 힘입어 과학기술은 눈부신 발전을 거듭하였고, 인류의 생활을 풍요롭게 하는 원동력이 되어왔다. 사실 오늘날 첨단과학기술은 인간 생활 전반과 사회 각 분야에 걸쳐 많은 영향을 주고 있고 사회에 대한 과학기술의 영향력은 정치나 경제 등 사회를 구성하는 다른 요인들보다 그 상대적 비중이 점차적으로 증대될 것이며 군사 분야 또한 예외가 될 수 없을 것이다.

과거 전쟁이나 분쟁의 역사를 돌아보면, 군사과학기술과 정보의 우위가 전쟁의 승패를 결정하는 중요한 요소였음을 알 수 있다. 미래 전쟁 역시 군사과학기술과 정보에 좌우 될 것이며 군사과학기술과 정보의 흐름에 따라 군의 작전운용 개념과 조직체계 또한 크게 변화가 될 것으로 예상된다. 따라서 기술 선진국들이 현재 누리고 있는 기술력, 그리고 그것을 토대로 하는 군사력의 우월적 지위를 유지하기 위해서는, 새로운 잠재력이 있는 신흥기술(Emerging Technology)과 기존 기술을 개선하거나 보완적 기술들이 지속적으로 발전 되어야 할 것이다.

금번 기술동향 조사에서는 가까운 미래에 새롭게 부상되거나 진보가 예상되는 각종 주요 기술들과 그들의 군사적 의미 분석 그리고 국방 분야에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 기술뿐만 아니라 간접적인 주변기술들의 발전 동향도 병행하여 조사를 하였다.

또한 본 군사과학기술동향 조사서는 국내외 논문, 민간 및 정부 기관에서 발행한 보고서, 국방과학기술정보체계 (DTiMS), 월드와이드웹, 기술 잡지 및 기술 보고서, 문서 등을 참고하여 작성하였으며, 무기체계 소요기획, 기술기획, 연구 개발자들을 포함한 다양한 획득 분야 관련자들에게 미래 신흥 군사과학기술에 대한 지침서(Guidebook)"로서의 역할을 할 수 있을 것으로 기대를 한다.

1 장

전쟁과 과학기술



■ 군사과학기술 동향 ■

The Future Emerging Technology Trends

The Future Emerging Technology Trends

주요국 국방·군사 동향 시리즈

1.1 전쟁양상의 변화와 군사기술

1.2 기술의 발달과 군사혁신

군사과학기술 동향





1 제1장 전쟁과 과학기술

1.1 전쟁 양상의 변화와 군사기술

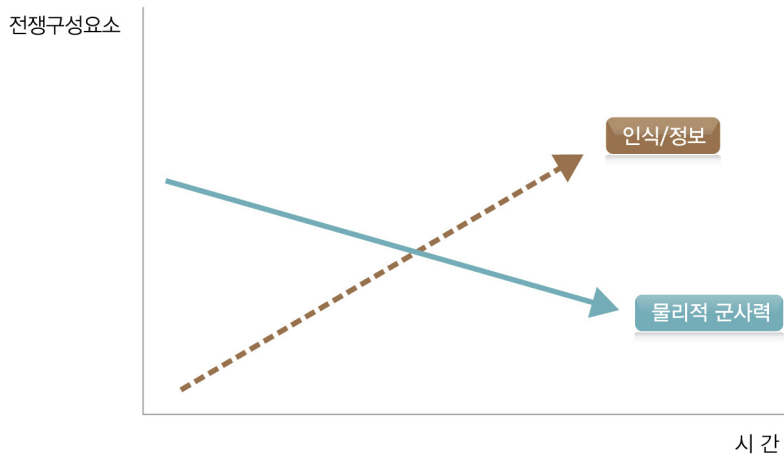
인류의 역사를 되짚어 보면 과학의 발전이 기술을 탄생시키고 새로운 무기가 다음 전쟁에 쓰이는 것을 볼 수 있다. 전쟁의 시기야말로 과학기술의 진보를 가장 필요로 하는 때이므로 전쟁과 과학기술은 불가분의 관계라고 할 수 있다.

또한 전쟁 혹은 전쟁위협은 기술개발 압력을 가중시켜 정부의 첨단기술 개발 투자를 늘리게 되고 새로운 기술개발은 전술, 전략 등 전쟁을 수행하는 방식을 변화시켜 과학기술과 전쟁의 상호의존성은 더욱 강화될 수밖에 없었다. 인간이 돌과 금속으로 된 도구나 무기를 만들어 사용한 이래 그 대체물로서 화약이 전쟁의 주도적 무기로 자리매김하기까지는 수천 년의 시간이 소요되었다.

하지만 18세기 후반에 일어나기 시작한 산업혁명에 의한 대량생산 능력 덕분에 전쟁에 동원되는 병력과 무기가 대규모화 된 것은 19세기였고, 탱크와 군함, 전투기를 비롯한 기계화 무기들이 전쟁의 주역으로 부상된 것은 지금으로부터 불과 100년이 채 안 되는 20세기 전반이었다. 그리고 50여 년이 지난 오늘날 전쟁의 양상은 컴퓨터와 첨단정보 기술의 힘으로 다시 한 번 큰 전환점을 맞이하고 있다.

위협을 억제하거나 무력화하기 위해 적절한 행동을 취하기 위한 역지력에는 위협을 지휘하는 행위자를 식별할 수 있는 능력이 요구된다. 이러한 현상은 최근 10년간 더욱 명확해졌고 향후에도 상당 기간 지속될 것으로 예상되는 분쟁의 패러다임 변화에 관한 것이다. 과거의 분쟁이나 전쟁에 있어서는 인식(Cognitive)과 정보(Information)보다는 무력(Physical)사용이 우선적이었으며 무기체계도 이를 충족시키기 위한 방향으로 발전되었다.

그림 1-1 인식, 정보 및 무력의 비중 변화 개념



그러나 현대 및 미래전에서는 분쟁의 성격이 무력에 대한 강조를 감소시키도록 변화함에 따라 정보와 인식 영역이 대부분의 군사 행동의 주된 구성요소가 될 수 있다. 따라서 무력 사용에 앞서 보다 정확한 정보와 인식이 선결되어야 하는 프로세스로 양상이 변화하고 이를 뒷받침할 수 있는 관련기술들의 발달이 가속화되고 있다.

오늘날의 전쟁에 있어서는 첨단 C4ISR 체계와 장거리 정밀 유도무기, 그리고 육, 해, 공군에서 이들을 운용하는 다양한 발사 기지를 통해 전방의 적 병력뿐 아니라 적의 지휘통제부, 핵심체계, 심지어 사회기반구조까지를 포함하는 다수의 주요 표적들까지 동시에 식별, 공격하는 것이 가능해졌으며, 미래의 전쟁에서는 그 수준이 더욱 향상될 것으로 보인다.

제2차 세계대전 당시에는 폭격기가 약 1km 이내의 표적 하나를 명중시키기 위하여 9,000발이 넘는 폭탄을 투하해야 했으며, 20여 년이 지난 베트남 전쟁에서는 다소 나아지기는 했지만 120m 이내로 폭탄 170여발을 투하하는 정도에 그쳤다. 그러나 1991년 걸프전에서는 불과 단 한발의 순항미사일, 레이저 유도폭탄으로 약 30m의 오차범위 내에서 목표를 정확히 파괴시킬 정도로 화력의 정확도가 높아졌고 12년 후에 벌어진 2차 걸프전에서는 첨단정보수집 자산과 정밀유도무기의 성능 및 사용 비중이 높아지면서 1차 걸프전 당시 6주일이 걸렸던 바그다드 함락 소요 기간이 절반



수준인 3주에 불과할 정도였다. 고도로 발전된 정보기술에 바탕을 둔 첨단 C4ISR 체계와 장거리 정밀 유도무기를 주력으로 하는 정보화 전쟁 시대의 군사혁신은 전, 후방의 구분이 없는 ‘비선형전’, 그리고 다수의 분산된 정치, 경제, 군사적 무게중심들을 원거리에서 동시다발적으로 정확하게 공격하여 신속하게 적의 전쟁수행 능력을 제거하는 ‘마비, 병렬전’의 형태로 전쟁의 성격을 바꾸고 있다.

미래에는 항공/우주전쟁, 정보전쟁, 전자전쟁, 미사일 전쟁 및 빛의 전쟁 등으로 특징지어지는 전쟁으로 전개가 될 것이다.

표 1-1 최근의 전쟁 양상 변화

| 구 분 | 걸프전 | 코스보전 | 이라크전 |
|-----------|-------------------|-----------------|------------------|
| 전쟁 기간 | 43일 | 78일 | 27일 |
| 총 투하 무기량 | 265,000발 | 23,000발 | 29,199발 |
| 정밀유도무기 비율 | 20,450발 (7~8%) | 8,050발 (35%) | 19,948발 (80%) |

표 1-2 걸프전 및 이라크 전쟁 비교

| 구 분 | 걸프전 | 이라크전 |
|-----------------|--|--|
| 전쟁시기 | • 1991년 | • 2003년 |
| 투입병력/ 공군기 수준 | • 기준(=1) | • 지상군 1/2 이하 • 공군기 2/3 이하 |
| 정보화 수준 | • 폭격에 2일 소요 - 표적촬영 → 폭격계획 수립 → 조종사 전달 • 지상전투상황 도시 통신기+지도+구리스 펜 | • 거의 실시간 진행 - 조종사 공중대기 → 표적사진 +좌표 전달 • 컴퓨터 스크린에 자동 전시 |
| NCW 수준 | • ISR(표적탐지율) : 15% | • 70% |
| | • C4ISR(센서-슈터 Cycle) : 80분 | • 12 분 |
| | • PGM(총 사용 폭탄 대비) : 8% | • 80% |



1.2 기술의 발달과 군사혁신

새로운 기술을 이용할 수 있게 되면 전술과 전략이 달라진다. 이러한 기술은 미래 동적 및 비동적 작전(Kinetic and Non-kinetic Operations)의 주요 견인차 중 하나가 될 것이다.

따라서 오늘날 군사력 기획자와 무기체계 개발자들은 가능한 미래의 기술적 개발에 관해 체계적으로 고찰할 필요가 있는데, 이러한 프로세스는 고전적인 무기 개발 의미에서의 기술로만 제한될 수 없고 반드시 미래의 가능한 새로운 위협이나 복합형(Hybrid) 위협 그리고 저변의 기술 개발로부터 비롯된 사회적 변화까지로 확장되어야 할 것이다.

가능한 위협 시나리오를 이해하고, 동시에 기술적 변화를 예상하면서, 적용 가능한 신흥기술(Emerging Technology)을 예측하면, 향후 기술이 적용된 무기체계를 운용하는 군사조직은 현 시점에서 장래의 기술 요건에 관한 보다 우수한 의사결정을 내림으로써 적보다 우위의 위치에서 목표한 기회를 확보할 수 있게 될 것이다.

군사 부문 역시 신기술의 출현에 의해 작전 수행 방법 등 많은 변화가 발생할 수밖에 없으며 이에 따른 많은 혁신이 이루어진다. 일반적으로 군사혁신(Revolution in Military Affairs)은 군사기술의 혁신적인 개발 및 응용을 통한 무기와 전투기능의 급격한 변화, 혹은 다양한 군사적 도전에서 비롯된 군사전략/전술의 변화로 시작되어 부대구조의 변화, 나아가서는 전쟁 양상의 변화로 귀결되는 과정을 거치게 된다.

다시 말하면 기술(Technology)과 교리(Doctrine) 및 조직편성(Organization)을 획기적으로 발전시켜 기존의 전쟁 수행체계를 순식간에 변화시키는 것이다. 현대적 의미에서의 군사혁신 개념은 미국을 중심으로 발전되고 있으며, 미국의 군사혁신은 1970-1980년대 구 소련에서 처음 제기된 군사기술혁신(MTR; Military Technological Revolution)에 기초하고 있다.

특히 군사혁신요소 중에서 군사기술의 혁신은 급속도로 발전하는 정보기술을 바탕으로 정보·감시·정찰(ISR: Intelligence, Surveillance and Reconnaissance)과 정밀타격무기(Precision Guided Munition)를 첨단 C4I로 연결하면 새로운 복합체계(New



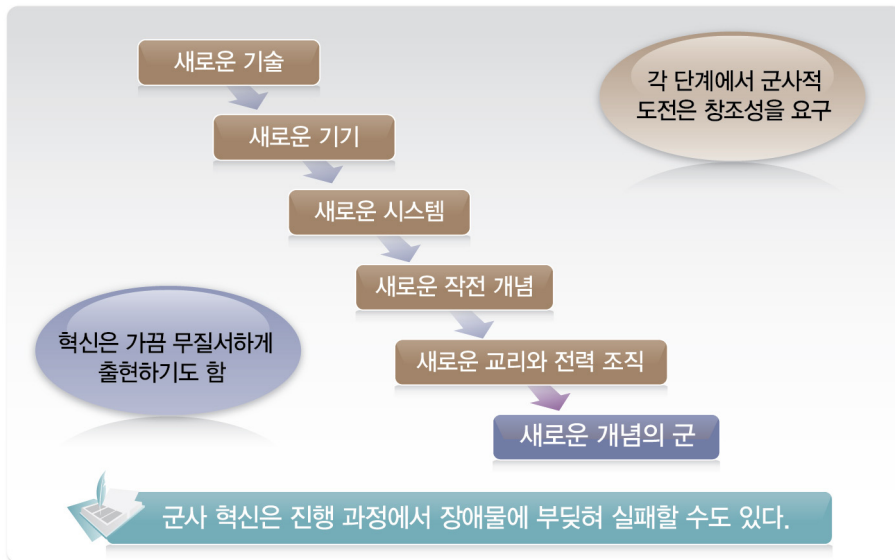
System of System)가 탄생하고 이들은 전투력의 승수효과(Force Multiplier)를 수반한다는 것이 이 분야의 핵심이다.

정보기술의 발달은 거대한 양의 실시간 정보를 시간과 공간을 초월하여 활용이 가능하도록 하고 있으며, 일상의 단순한 업무로부터 복잡한 의사결정까지 대부분의 업무가 정보시스템에 의해 대체되어 가고 있다.

또한 정보의 흐름이 과거의 수직적 형태에서 수평과 수직선상에서 동시에 전달됨으로써 의사결정의 방법과 권한이양에 영향을 미치기 시작하여 지휘관의 역할과 조직구조에도 많은 변화가 일어나고 있다.

이와 같이 정보기술의 발달은 지휘통제 능력의 향상과 전투력 개선에 획기적인 기회를 제공해 주고 있는데 정보기능 중심의 군사혁신은 '큰 것이 작은 것을 이기는' 과거의 전쟁 개념을 '빠른 것이 느린 것을 압도하는' 방향으로 전쟁의 양상을 완전히 바꾸어 놓고 있다. 미국의 RAND Corporation* 연구는 신기술에 의해 20세기에 초래된 군사 분야의 혁신을 4단계로 구분하여 설명을 하고 있다.

그림 1-2 군사혁신 과정 모델



* <http://www.rand.org/>



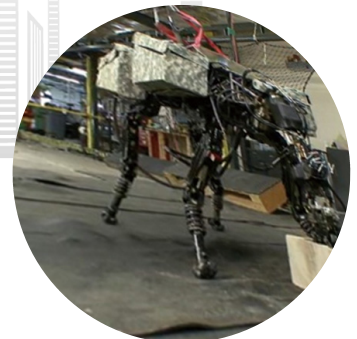
먼저 군사혁신 1단계는 1차 세계대전 발발시기인 1914년을 시작으로 지상/공중/해상 전투용 운송 수단의 개발이 주축을 이룬 시기이며, 1930년대를 기준으로 하는 비정규전/혁명전쟁에 관련된 2단계, 2차 세계대전과 태평양 전쟁 무렵인 1944년 이후의 군사혁신 3단계는 핵무기, 장거리 탄도 및 순항 유도탄의 개발 시기였으며, 1954년 이후 현재 우리가 처해있는 군사혁신 4단계는 정밀 유도무기와 네트워크중심전(Network Centric Warfare)이 일반화된 시기로 구분을 하고 있다.

탈냉전 이후 미국을 비롯한 주요 선진국들은 군사적 외형은 축소하고 있지만 우주전, 정보전, 전자전, 미사일전 및 그리고 투사 전력(Projection Strength) 일부를 무력화시키는 상호의 체계에 대응하기 위하여 바이오 기술과 로봇전 등과 같은 미래전의 양상변화로 전쟁의 개념과 방식이 근본적으로 변화되고 있는 환경에 대응하기 위하여 질적 향상을 함축한 군사혁신을 도모하면서 이를 뒷받침할 수 있는 군사과학 기술력을 향상시키는 데 상당한 노력을 기울이고 있다.

이에 따라 앞으로의 군사혁신은 과거에 비해 훨씬 빠른 속도로 일어날 것이며, 새로운 전쟁 양상에 적응하는 소요시간도 점차 줄어들 수밖에 없을 것이다.

2 장

기술의 진보와 예측



■ 군사과학기술 동향 ■

The Future Emerging Technology Trends

The Future Emerging Technology Trends

주요국 국방·군사 동향 시리즈

2.1 기술의 진보

2.2 기술 예측

군사과학기술 동향





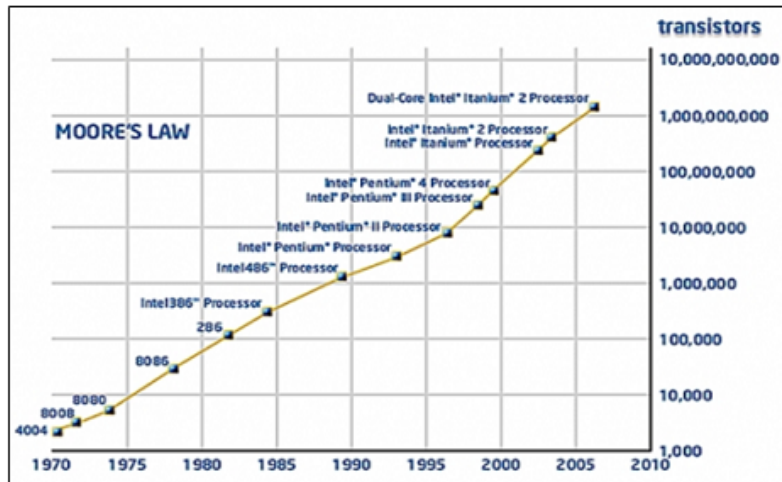
제2장 기술의 진보와 기술예측

2.1 기술의 진보

기술 발전의 속도는 기하급수적으로 가속화되고 있고 이것은 몇 가지 요인에 의해 추진력을 얻는다. 그 중 가장 중요한 것은 정보 체계 속도의 급속한 향상이다. 인텔의 공동 설립자인 고든 무어가 1964년에 내놓은 반도체 집적회로의 성능이 지속적으로 18개월마다 2배씩 빨라진다고 하는 무어의 법칙(Moore's Law)은 얼마 전까지만 IT업계에서는 통용되는 대표적 법칙이었다.

그러나 현재의 표준 실리콘 기술은 무어의 법칙 이상을 능가하는 속도증가가 이루어지고 있어 무어의 법칙은 이제 그 수명을 다했다고 단정하고 있을 정도이다.

그림 2-1 무어의 법칙



마이크로소프트의 공동 창업자인 빌 게이츠에 의하면 “일반적으로 사람들은 기술 진보를 단기적으로는 과대평가하는 경향이 있고 장기적으로는 그것을 과소평가하는 경향이 있다”고 한다. 이러한 경향은 전자의 경우에는 과신으로 인해, 후자의 경우에는 기하급수적 발전에 대한 인식의 결여로 인한 것이라고 할 수 있다.

오늘날 과학기술의 발전 속도는 인간의 예측을 뛰어 넘는다. 과거에서 현재로 이어지는 발전의 속도를 계산해 그 연장선상에서 미래를 찾는 인간의 예측은 선형적(Linear)인 예측에 그칠 수밖에 없을 것이다. 그러나 지금 여러 분야에서 나타나고 있는 과학기술의 속도는 더 이상 선형적이지 아니다. 때로는 과거와 전혀 다른 대체 기술이 나오면서 기술 발전의 그래프가 전혀 새로운 영역으로 점프하기도 한다.

일반적으로 단일기술의 혁신은 S자 곡선을 그리면서 성숙하며 개발된 지 얼마 지나지 않은 신기술은 기존 기술의 성능을 뛰어넘기는 어렵지만 일정시간이 지나면 기존 기술을 압도하여 대체한다. 즉, 기존 기술이 성숙한 단계에 도달하면 차세대 기술이 등장하여 기술대체가 일어나며 차세대 기술은 기존 기술과의 이론적 한계를 뛰어넘는 전혀 새로운 파괴적 기술(Breakthrough Technology) 속성을 지니게 되면서 새로운 제품군으로 시장을 형성하게 된다.

와해적(Disruptive) 혁신으로 차세대 기술이 등장하는 초기에는 신기술이 기존 기술(Sustaining Technology)의 기술수준을 능가하기 어렵다. 그러나 기존 기술의 패러다임을 변화시킬 만큼 강력한 와해적 기술(Disruptive Technology)*이 출현하면 변화한 기술여건에 잘 대처하는 기업은 새로운 경쟁력을 확보할 수 있는 기회를 얻게 된다. 대표적인 예로서 필름카메라 대 디지털카메라, 백열등 대 형광등, 진공관 대 트랜지스터, 브라운관 대 TFT, LCD 등이 있다.

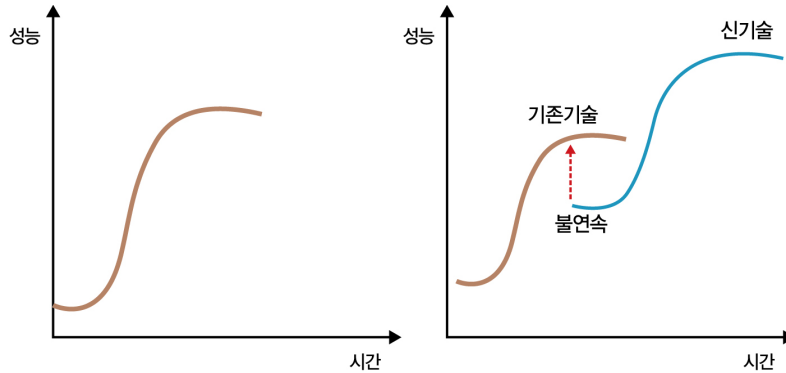
특히 CPU는 최초인 4004를 시작으로, 8008, 8080, 8088을 거쳐 x86 시리즈 이후 펜티엄 시리즈로 이어졌으며, 수많은 펜티엄 시리즈 내에서도 싱글코어의 클럭(Clock)속도**의 한계를 극복하기 위해 듀얼코어, 쿼드코어 기술이 적용되고 있다.

* 와해성 기술은 와해성 혁신이라고도 한다. 기존 기술(Sustaining Technology) 및 시장을 무력화시키는 급진적 기술로서, 첨단기술에 의한 것뿐만 아니라 제품가치와 시장 경쟁요소의 변화를 통해서 시장 판도를 재편하는 기술을 의미한다.

** 클럭속도 또는 클럭주파수는 컴퓨터 프로세서의 동작속도이다. “초당 사이클”로 특정하며 Hz 단위를 사용한다.



그림 2-2 기술발전의 S-Curve와 불연속성



이와 같이 기존 산업의 경쟁 질서를 바꿔 새로운 시장을 만드는 기술인 파괴적 혁신기술의 미래 방향을 예측해 보면 먼저, 개인별 요구사항과 의도를 분석해 최적의 서비스를 제시하는 ‘능동형 맞춤’과 시간, 에너지, 원재료를 절감하는 ‘스마트 세이빙’ 그리고 시간이나 공간, 사용층 사이의 불균형을 없애는 ‘불균형 해소’의 방향으로 개발이 추진될 것이다.

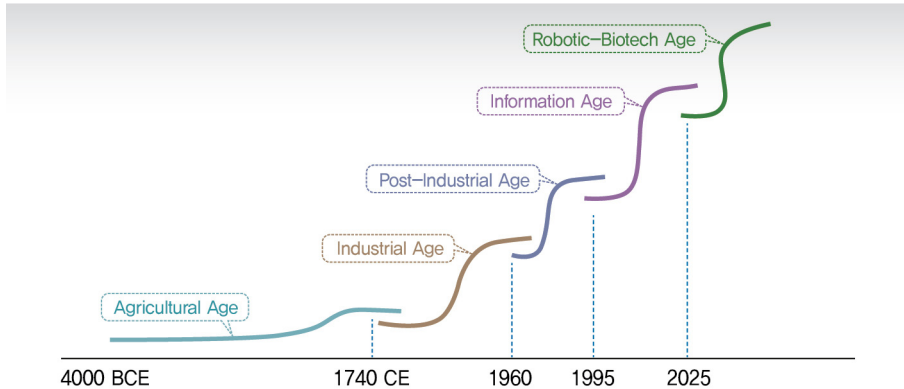
불과 20~30년 전만 해도 상상 속에서만 가능하였던 노트북 PC, 휴대전화 및 모바일 멀티미디어 기기는 오늘날 일반화되어 서구 문명의 핵심적 요소가 되었을 뿐만 아니라 세계의 개발도상 지역에서조차도 그 중요성이 높아지면서 일반화되고 있다.

세계가 단순 시스템의 세계로부터 환경 구성 요소들이 상호 연결되고 개별 구성 요소의 합보다 더 큰 영향력을 창출할 수 있는 시스템의 부분을 구성하는 세계로 변화함에 따라서, 새로운 미래 환경은 갈수록 복잡해질 것이다. 이러한 복잡한 환경 내의 관계와 상호 연결은 구성 요소들이 점증하는 세계화와 네트워크화에 의해 더욱 강력히 결합되기 때문이다.

때로는 작은 변화가 거대한 효과를 불러올 수 있고 이와 반대로 커다란 변화가 거의 영향을 미치지 못할 수도 있다. 복잡한 환경은 또한 시스템의 컴포넌트를 시험하는 것으로는 도저히 예측할 수 없는 기발한 특성을 발생시키는 새로운 거동을 보인다.

이렇게 복잡성이 증가하는 것은 대부분 커져가는 기술의 힘과 전 세계 모든 사회를 통한 기술의 확산에 의한 것으로 설명을 할 수 있다.

그림 2-3 사회-기술적 진보(Irvine and Schwarzbach)



또 하나 특이할 사항은 인류 역사상 지금까지 살아온 과학자의 80%가 오늘날 생존해 있고, 실시간으로 정보를 교환하고 있으며,* 제조 프로세스와 재료의 향상을 추진하면서 기술발전을 주도하고 있어서 이러한 성장이 지속적으로 추진되고 있으며 또한 자기 강화 사이클(Self-Reinforcing Cycle)에 의한 상승효과로 인하여 점점 더 많은 탐구와 발견의 이용을 지원하고 있다.

또한 기술과 사회 경제적 개발을 관련시킨 이러한 유형의 진행적 현상의 또 다른 설명에 의하면(Irvine과 Schwarzbach), 사회 기술적 진보는 그림 2-3과 같이 몇 가지 시대로 그래프화하여 나타낼 수 있다.

IT 조사업체인 Gartner에서는 기술의 발전단계를 경험적 현상에 입각하여 개별 기술발전 단계를 시장기대 수준의 고조와 저하, 즉 촉발기(Technology Trigger), 흥분기(Peak of Inflated Expectation), 실망기(Trough of Disillusionment), 재 모색기(Slope of Enlightenment) 및 본격 보급기(Plateau of Productivity) 등 5단계로 구분하여 설명하는 방법론을 사용하고 있는데 그림 2-4는 2012년을 기준으로 새롭게 부상하는 신기술들을 각 단계별로 구분하고 있다.

인간증대(Human Augmentation)**, 양자컴퓨팅, 인체조직 프린팅, 자율/로봇, 3D

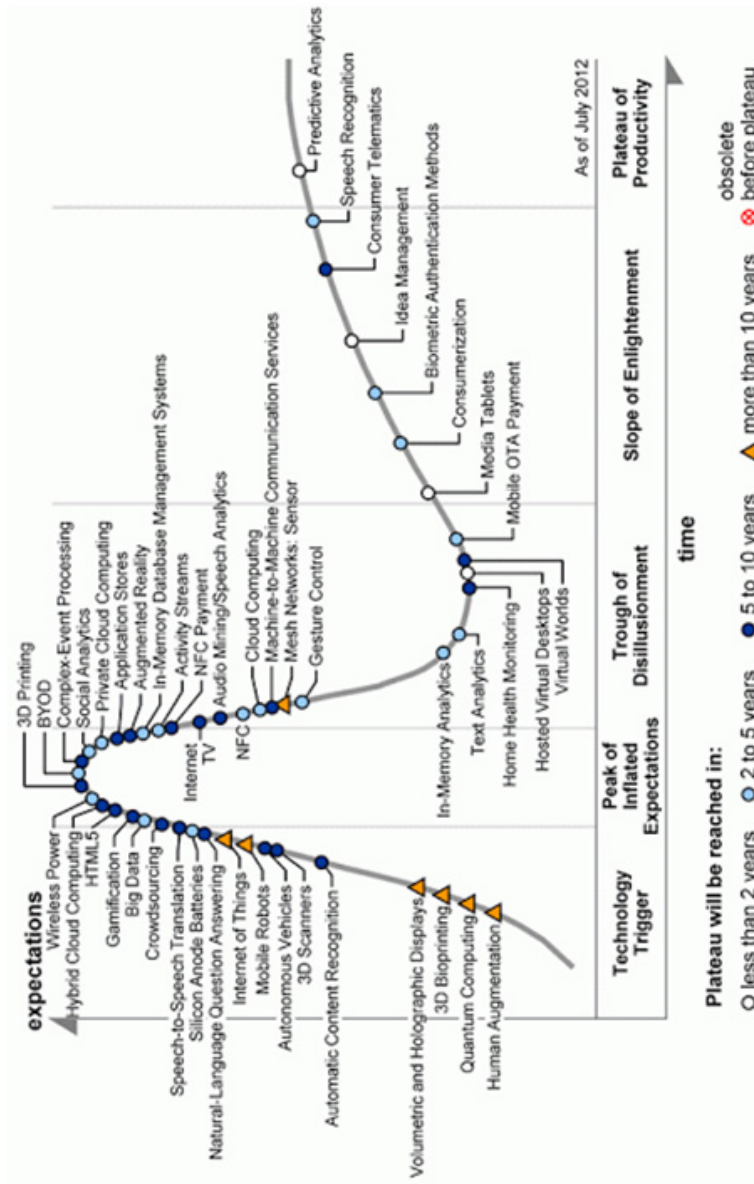
* Marvin J. Cetron 박사, 기술의 약속(Technology's Promise), William E. Halal, 2008, p. xiv

** 사람의 인지와 몸의 성능을 높이기 위한 기술, 사람 몸에 장비, 기기를 착용시키거나 수술로 장착하게 하는 기술로 군사, 응급서비스, 스포츠 같은 분야에 적용할 수 있다. 다만 도덕적이거나 법적인 논쟁을 불러올 수가 있다.



스캐너, 실리콘음극전지 관련 기술 등이 새롭게 부각되는 촉발기 기술로 부상한 것으로 전망하고 있다.

그림 2-4 Gartner's 2012 신흥(Emerging)기술들의 Hype Cycle



2.2 기술 예측(Technology Foresight)

경제학자 슈페터(Shumpeter)*는 기업이나 국가의 새로운 성장 동력은 혁신에서 온다고 주장하였으며 여기에서 혁신은 기술혁신 뿐 아니라 시장, 조직 등 다양한 혁신을 포괄하지만 역사적으로 볼 때 그 어느 혁신보다도 기술혁신의 충격이 더욱 컸다고 이야기하고 있으며 이러한 측면에서 기술예측은 곧 미래 예측이라고 할 수 있을 것이다.

기술혁신과 그 보급이 사회변화의 주요 요인이 되는 것은 과거 여러 사례에서 이미 명백히 증명된 일이며, 장래의 기술적 가능성과 그 실용화의 시기와 영향을 예측하는 것은 오늘 날 미래사회를 예측하고 분석하는데 있어서 매우 중요한 실마리를 제공할 수 있다.

최근 들어 기술혁신의 중요성으로 인하여 앞서 언급한 기술진화에 관한 연구가 많은 관심을 받게 되었으며, 기술진화의 정성적, 정량적 근거를 설정하고 지원하기 위한 방편으로 선진국을 중심으로 기술예측에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

기술동향(Technology Trend) 분석이나 기술예측(Technology Foresight)은 꾸준히 반복되는 프로세스로서 시간의 흐름에 따라 미래 능력 개발의 건전성을 보장하는 훌륭한 수단이라고 할 수 있다.

미래 예측의 대상을 기술에 한정하는 기술예측에 대한 학자들의 정의를 살펴보면 먼저 렌즈(Lenz, 1961)는 “사회적으로 유용하게 활용되는 발명, 기술적 특성 및 차원 또는 성능을 예측하는 것”이라고 하였으며 브라이트(Bright, 1978)는 “특정한 논리 체계에 따른 생산, 기계, 재료 및 공정의 이용과 관련된 기술 특성의 변화 정도, 기술속성과 시기에 관한 정량화된 전망”이라고 하였으며 마티노(Martino, 1993)는 “유용한 기계, 공정, 테크닉 등의 미래 특성에 관한 전망”이라고 정의를 하고 있다.

이들을 종합하면 해당 기술에 대해서 미래의 일정한 기간 내에 기술의 특성, 발전 속도, 방향, 범위 등을 포함하는 매개변수를 이용, 합리적이고 체계적이고 과학적 근거를 갖는 분석 방법을 통하여 의사결정이나 계획 수립에 이용 가능한 정보를 도출하는 것이라고 할 수 있다.

* 슈페터가 제창한 Innovation을 혁신이라고 번역하면서 현재 기술혁신이라는 용어를 사용하게 되었음.



기술은 일반적으로 시스템을 지원하는데. 시스템이 성공을 거두려면 보통 여러 가지 지원 기술이나 보완 기술을 필요로 하며, 시스템 자체가 자생력을 갖추기 전에 이들 지원이나 보완 기술들이 모두 열매를 맺어야 한다. 이러한 측면에서 기술예측은 더욱 어려운 일이 된다. 왜냐하면 전반적인 시스템을 살펴보기 전에 반드시 지원 기술 구성요소들 전반에 걸친 발전 상황까지도 검토를 해야 하기 때문이다.

미래 기술은 현 시점의 시각에서 바라보면 대단히 불확실하고 복잡하여 개발과정에서의 위험이나 부담이 있을 수 있지만 적어도 이로 인해서 가능한 문제 공간의 범위를 포기해서는 안 될 것이다. 이러한 노력을 지원하기 위한 방법으로 우리는 예측, 기술예측이라는 도구를 사용한다. 기술예측은 신제품 발명으로부터 상업화에 이르는 주기가 점점 더 짧아지고 첨단기술 경쟁이 더욱 가속화되는 시점에서 미래를 주도할 기술들을 스스로 전망해서 개발할 수 있는 유력한 수단이다.

여러 가지 정보를 수집, 가공, 처리해서 예측하고 기획하며 동시에 연구에 의해 새로운 정보를 창조해 나간다는 측면에서 기술예측의 비중이 증대하고 있으며 자체적인 주도 기술 전망과 기술개발을 위해 기술이 반드시 필요하다. 이를 위해 광범위하고 다양한 정보가 제공된 이해당사자들을 대화와 분석 과정에 참여시킴으로서, 가장 중요한 미래의 특성을 도출하고 미래 진보의 발전 방향에 관한 폭 넓은 가정을 구할 수 있다.

기술예측을 위한 일반적인 단계는 크게 기술발전 정도를 확인할 체계적인 자료를 확보하는 투입 단계, 대상기술의 특성에 따라 적절한 방법론들을 결합하는 프레임워크를 설정하는 예측 단계, 그리고 예측결과를 확인하는 결과확인 단계 등 3단계로 구분할 수 있는데 예측결과에는 예측대상 기술, 기술특성, 예측시기, 실현 확률 등의 정보가 포함되어야 한다.

향후 IT 기술의 발전에 힘입어 예측기술은 더욱 고도화될 전망이다. 예를 들어 기상 예측의 경우 지역별 기온, 기압, 습도 같은 데이터와 위성 자료들이 필요하고, 이를 분석하기 위한 수치예보모델과 복잡한 계산을 처리 할 수 있는 슈퍼컴퓨터가 사용된다. 다양하고 세부적인 자료를 수집하고 사건을 예측하기 위한 정교한 알고리즘과 이를 실질적으로 연산해 낼 수 있는 고도화된 계산장치가 필요한 것이다. 빅데이터와 인공지능, 슈퍼컴퓨터의 발전은 자료 수집과 분석, 연산 측면에서 예측의 정확도를 높이는 데 도움이 될 수 있다.



표 2-1 기술예측 방법론의 분류

| 방법론 | 정의 | 종류 |
|-----------------------------------|---|---|
| 직관적 방법론 (Intuitive Approach) | 전문가의 지식을 이용하여 특정 기술군의 미래를 예측하는 기법 | Delphi, Cross-Impact Analysis Brain-Storming |
| 탐구적 방법론 (Exploratory Approach) | 과거부터 현재까지의 경향을 미래에 연장하여 미래의 연속적 변화를 예측하는 방법 | Trend exploration, Growth Curve, Correlation Analysis, Gap Analysis Technometrics, Casual Model |
| 규범적 방법론 (Normative Approach) | 미래사회의 요구, 목표, 가치 등 규범을 설정하고 현재의 실현 가능성을 분석하는 방법 | Relevance tree, Scenario, Morphology, Simulations, Mission-Flow Diagram |

이와 같은 기술예측의 국내 실제 사례로는 2012년 국가과학기술위원회 주관으로 실시한 「제 4회 과학기술예측조사」를 들 수 있다. 본 기술예측 사업에서는 미래사회 수요변화와 과학기술발전에 의해 2035년까지 출현할 652개 미래기술을 도출하고, 과학기술 발전을 통한 미래세상 변화를 전망하였다. 이를 위해 2년간 총 200여 명의 과학기술·인문사회 전문가로 “기술예측 총괄위원회” 등 4개 위원회를 구성하여 운영하였으며, 미래기술 관련 정책 수립에 필요한 정보를 제공하기 위해 델파이 조사를 실시, 5,450명의 국내외 과학기술 전문가가 조사에 참여하였다.

주요 예측 결과를 보면 향후 10년 내 652개 미래기술 중 519개(79.6%)는 기술적으로 실현되며 294개(45.1%)는 실용화되어 사회에 보급될 것이며, “투명 플렉시블 디스플레이”(2017년), “의류 등의 가상물체에 대한 질감을 전달하는 홀로그램기술”(2019년) 등은 한국에서 가장 먼저 기술적으로 실현될 것으로 예측하고 있다.

또한 전쟁·테러 등 군사 분야에서 레이저나 고 섬광 및 초음파를 이용하여 제한된 시간 동안 인간을 무력화 시키는 대테러 기술의 실현은 2019년, 보급 시기는 2022년으로 전망하였으며, 투명 망토 개발기술의 실현 시기는 2026년, 보급 시기는 2029년으로 전망을 하고 있다.



표 2-2 2012년 국가과학기술위원회가 실시한 미래과학기술 예측 결과

| 공간 | 미래기술 | 기술실현 시기 | 사회보급 시기 |
|-------|---|---------|---------|
| 가정 | 의류 등의 가상물체에 대한 질감을 전달하는 홀로그램기술 | 2019 | 2022 |
| | 기억 기록용 브레인 스캔 기술 | 2027 | 2031 |
| 학교 | 인간의 오감을 활용한 가상현실 기술(예컨대 직접적인 해부 실습이 아닌 가상현실을 통한 실습이 가능) | 2019 | 2022 |
| | 방대한 언어 코퍼스(Corpus)를 토대로 구축된 다중 언어 모델을 활용한 정확도 90%이상의 통계기반 자동통역(정확도 90%이상) 및 대화처리 기술 | 2022 | 2027 |
| 병원 | 외과수술에 사용되는 티타늄 나사 등을 대체하고 뼈의 성장을 촉진하는 생체 흡수성 마그네슘 합금 | 2019 | 2022 |
| | 부작용이 없는 인공혈액 기술 | 2025 | 2026 |
| 도로철도 | 도로의 형태(커브, 경사 등) 상태(접지력 등) 및 도로의 성격(속도 제한 구간 등)에 따라 차량의 속도가 자동으로 조절되는 기술 | 2019 | 2022 |
| 항공 | 제도 엔진을 활용하여 비행(이착륙)이 가능한 개인용 비행 보조 장비(Flying Suit) | 2026 | 2035 |
| 전쟁 테러 | 레이저나 고 섬광 및 초음파를 이용하여 제한된 시간동안 인간을 무력화시키는 대테러 기술 | 2019 | 2022 |
| 현장 | 투명 망토 개발 기술 | 2026 | 2029 |

또한 그림 2-5는 2005년을 기준으로 특정기술이 전문가에 의해 확인된 일반화될 수 있는 시기를 예측한 것으로 미국의 기술예측 기관인 TECHCAST에서 제시하는 2040년까지의 미래기술들의 발전 동향을 나타낸 것이다. 여기에서 주요 군사기술과 관련된 분야로는 통신, 센서, 무인화, 에너지, 바이오, 화생방, 사이버 기술 등이 포함되었으며, 이러한 첨단 기술들을 적용하는 감시 정찰 위성, 초소형 무인기(UAV), 초정밀 유도 타격무기 등과 같은 첨단 무기체계는 여러 단위 기술들이 융합 및 복합된 것이라고 할 수 있다.

본 조사서에서는 향후 예측되는 미래 신형기술들과 아울러 첨단기술들이 융·복합적으로 응용된 무기체계의 동향을 조사하고 분석한 내용을 수록하였다.

3 장

신흥기술 발전 동향



■ 군사과학기술 동향 ■

The Future Emerging Technology Trends

The Future Emerging Technology Trends

주요국 국방·군사 동향 시리즈

군사과학기술 동향

- 3.1 융합기술과 영역간의 기술
- 3.2 통신
- 3.3 컴퓨팅 기술
- 3.4 전체적 지식기반과 SNS
- 3.5 센서
- 3.6 연산 모델링
- 3.7 로봇 체계
- 3.8 지향성 에너지 무기
- 3.9 화생방 무기
- 3.10 비살상 무기
- 3.11 사이버 방호
- 3.12 군수
- 3.13 생체 모방 기술과 나노 기술
- 3.14 에너지
- 3.15 미래의 의학기술



I 제3장 신형기술 발전 동향

3.1 융합기술과 영역간의 기술

기술발전의 양상으로 대두되고 있는 또 하나는 기술의 융합이다. 융합기술*이란 두 가지 이상의 기술이 화학적으로 결합함으로써 개별요소 기술들의 특성이 상실되면서 탄생하는 전혀 새로운 기술적 특성을 갖는 기술이다. 신기술들의 생성과 소멸에 이르는 주기는 갈수록 짧아지고 있고 기술들의 이합집산도 동시에 벌어지고 있다.

신기술들의 융합(Fusion, Convergence)으로 전혀 새로운 개념의 기술들이 만들어지고 있고 이러한 현상은 앞으로 더욱 가속화될 것이다. 단일 과학기술의 발전 속도는 이제 거의 포화상태에 이르렀고, 이제는 2가지 이상의 기술을 융합함으로써 지금까지의 단일 기술의 한계를 극복하려는 융합기술 개발이 세계적 추세이다.

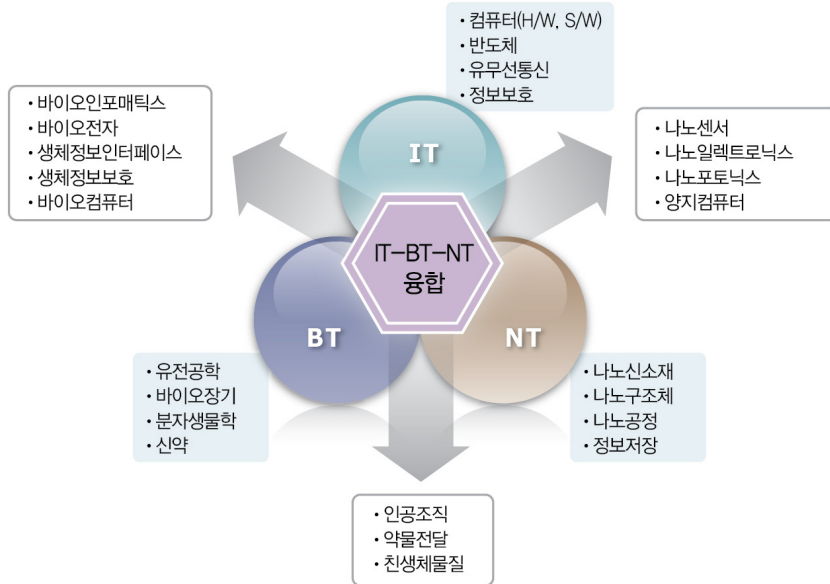
신형기술의 출현과 새로운 과학적인 발견은 미래 세대의 삶의 시간을 소비하는 방식을 바꿔놓을 것이다. 이들은 그야말로 혁신적인, 기존의 패러다임을 변화시키는 방식으로 새로운 영역을 개척할 것이다.

대부분의 신형기술 개발의 이용과 관련된 응용은 통신, 게임, 이동성 및 에너지와 같은 광범위하고 다양한 분야에서 본래의 설계의도를 넘어서는 영향을 미칠 것이다. 더욱이 똑같은 이러한 신형기술들이 군사체계에도 자리 잡고 미래의 전쟁과 분쟁양상, 그리고 승패에도 영향을 미치게 될 것이다.

또한 기술의 확산과 함께 상업적으로 구입할 수 있는 대부분의 규격품 전자 컴포넌트를 이용한다는 양면적인 성격으로 인해 앞으로는 최신 기술을 통합하여 현저한 성능향상을 달성한 독특한 하위 시스템들을 만들 수 있다.

* 미래 융합기술의 틀은 2002년에 '미국국립과학재단'에서 'NBICV'으로 제시되었다. 즉, 나노과학(nano), 생명과학(bio), 정보과학(information) 및 인지과학(cognitive)의 4가지의 서로 다른 과학 분야가 서로 상호작용하여 하나로 융합된 과학기술분야로 재탄생한다는 것을 의미한다.

그림 3-1 융합기술의 범위(정통부, IT기반 융합기술 발전 전략에서 인용)



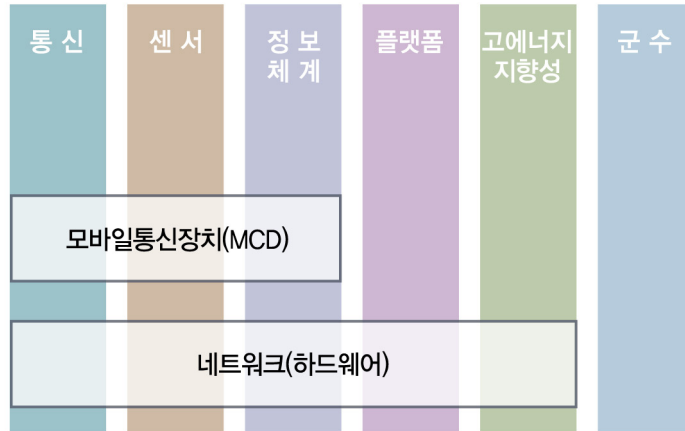
역사적 데이터를 분석해보면, 많은 경우에 처음에는 하나의 발전적인 기술이었던 것이 또 하나의 발전적인 기술이 추가됨에 따라서 나중에 혁신적인 기술로 바뀌는 것을 알 수 있다.

이것은 1990년대 중반에 휴대전화의 상용화가 유선전화의 발전으로 논의되었다는 사실에 대해서도 적용된다. 소형의 강력한 컴퓨터 칩과 재충전 배터리가 개발됨에 따라서 휴대전화는 휴대전화 사용자의 행동을 극적으로 변화시킨 강력한 도구가 되었다. 오늘날 사용자들이 정보에 대한 즉각적인 접근에 의존하게 됨에 따라 휴대전화 없는 세상은 상상할 수 없게 되었다.

복수의 영역에 걸친 특정한 영역을 추가적으로 개발하기 위해서는 주변 및 지원 기술이나 보완적 기술들의 역할이 충분한 뒷받침이 될 수 있을 때에만 특정 기술이 그 목표를 달성할 수 있다. 예를 들어, 주요 통신 구성요소로서 이동통신 기기(MCD, Mobile Communications Devices)의 중요성이 증대되고 있음은 명확하다.



그림 3-2 영역간의 기술



MCD의 발전과 관련된 애플리케이션의 증가는 “휴대전화”를 인간의 행동적인 정서(Behavioral Emotion)로부터 위성 위치확인체계(Global Positioning System, GPS)의 사용을 통한 지리 공간 위치확인에 이르기까지 광범위한 상태를 감지할 수 있는 기능을 갖춘 혁명적인 장치로 전환시키는 역할을 해왔다.

어떤 기술조사에 의하면 새로이 등장하게 될 모바일 전화는 일부 예만 들더라도 안면 인식 기능을 장착하고 다중 언어 번역을 수용할 수 있는 계산능력을 갖추게 될 것이고 지금 어느 정도 실현이 되고 있다.

이제는 모든 사람이 어느 장소에서든 모든 곳에 기록을 전하고 논평을 남기고 동영상/사진을 올릴 수 있게 되었다. 이로부터 MCD는 통신, 센서 및 정보시스템뿐만 아니라 인간의 행동에 영향을 미치거나 심지어는 행동을 변화시키는 데 필요한 기술을 제공하는 시스템으로서 여러 영역에서 중요한 역할을 하게 될 것이라는 결론에 도달하게 된다.

3.2 통신

3.2.1 통신 기반

미래 연구소(the Institute for the Future)^{*}는 미래 통신의 기반을 무선통신, 센서 및 컴퓨터 과학의 시맨틱(Semantic) 기술^{**}이라는 세 가지 핵심적 기술의 발전이라고 설명한다. 이러한 기술에서 일련의 상황/맥락인식(Context Aware)^{***} 애플리케이션이 형성될 것이다.

사람이 지시하기 전에 의도를 미리 파악해 대응하는 ‘상황인식 기술’은 1990년대부터 발전하기 시작하여 2000년대부터는 GPS를 통한 위치정보 지역 기반 서비스를 제공하는 방식으로 발전이 되고 있으며 지능형 콘텐츠가 도입되면 개인비서와 같은 형태로까지 발전할 것이고, 향후 5년 안에 상황인식 기술이 범용화 되어 사용자 행동 예측의 시대가 열릴 것으로 전망이 된다. 상황인식 컴퓨팅은 사용자의 디바이스 등을 통해서 주변 환경을 인식하는 하드웨어 센서와 그동안의 패턴을 분석하는 소프트웨어 센서의 조합을 통해 시스템이 구축된다.

그림 3-3 상황인식 시스템 기능도



* www.IFTF.org

** 시맨틱 기술은 단어와 문장 뒤에 숨겨져 있는 의미와 문맥을 컴퓨터 세계에 도입하는 기술이다.
<http://www.wisageek.com/what-is-semantic-technology.htm>

*** 통신 및 컴퓨팅 능력을 가지고 주변상황을 인식하고 판단하여 인간에게 유용한 정보를 제공하는 서비스이며 이를 위한 상황정보는 사용자가 상호작용을 하는 시점에 이용할 수 있는 모든 정보로서 사람, 객체의 위치, 식별, 활동, 상태 등을 포함한다.

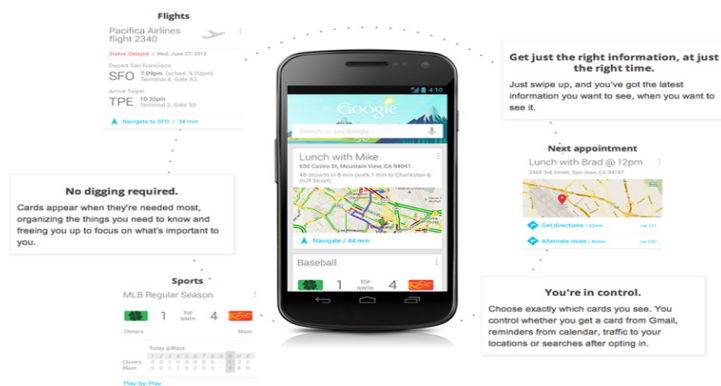


그러나 이러한 기술들은 상황정보가 네트워크와 연결된 이질적인 센서들에 의해 습득되기 때문에 일관된 형태로 제시되거나 이해되어야 하는 ‘상황습득’ 관련 문제와 다양하게 습득되는 상황정보 속에서 컴퓨팅 시스템 상으로 이해 가능한 특정 상태로 추출해야 하는 ‘상황의 추출’ 문제, 그리고 습득, 추출된 상황정보가 상황인식 서비스에 의해 처리과정을 거침으로써 연관된 데이터 구조를 갖고 표현 및 관리되어야 한다는 ‘상황의 이해’ 문제 등 현 기술수준에서의 한계점이 존재한다.

그러나 향후 발전된 IT 환경에서는 다양한 형태의 애플리케이션, 운영 시스템, 브라우저, 디바이스 등을 사용할 수 있게 됨에 따라 이에 대한 통합 관리 차원에서 상황인지 컴퓨팅이 새로운 비즈니스 기회를 제공해 줄 것으로 전망이 된다. 2013년 3월 미국 IT 전문 매체인 BGR에 따르면 애플은 상황에 따라 필요한 기능들을 사용자가 실행하기 전에 먼저 상황인식 기술을 통해 파악하고 사용자의 별도 입력 없이 자동으로 실행하는 특허를 신청했다고 한다.

머지않은 장래에 집이나 사무실에 들어섰을 때 발판 감지를 통하여 사용자의 실내 공간 및 사물에 대한 패턴을 분석하고 자동적으로 기억하였다가 사용자가 집에 들어섰을 때 컴퓨터를 부팅하고 음악을 틀거나 다른 기기들에 대한 사항을 사용자의 터치 없이 자동으로 실행하는 기술이 실현될 것이다. 최근에 사용자 요구를 사전에 예측하여 제안하는 최초의 가상 비서 서비스인 ‘Google Now’ 앱이 출시되어 상황인식 기술 분야에 이미 상당히 의미 있는 발전이 이루어졌음을 알 수 있다.

그림 3-4 스마트폰 앱 ‘Google Now’



기존 센서가 스마트 센서로 진화하면서 센서기술들이 IT 융합의 기반기술이자 차세대 유망기술로 부각이 되고 있으며 최근에는 센서기술 중에서도 인간의 감각을 모방하는 오감인식 기술이 부상하고 있다. IBM은 2012년에 자사가 추진한 연구를 바탕으로 향후 5년 안에 컴퓨터가 인간과 같은 오감을 가지게 될 것이라는 전망을 하고 있다. 또한 이러한 상황인식기술은 방대한 양의 상황정보 데이터를 분석하고 학습해서 사용자의 숨은 의도까지도 알아내는 인공지능 알고리즘이 급격하게 발전하여 향후 5년 안에 일반화될 전망이다. 현재 세계 인구의 38%가 이미 다른 사람들과의 대화를 위해 인터넷을 이용하고 있으며*, 이러한 비율은 전 세계에 걸친 높은 밀도의 통신선과 관련된 하드웨어 시스템의 급격한 보급에 의한 것이라고 할 수 있다.

새로운 통신기술에 의해 지원되는 지속적인 통신수단의 발전과 확산은 세계의 현재 영역과 새로운 영역으로 인터넷 보급을 증가시킬 것이다. 이와 관련하여 구글의 에릭 슈미트 회장은 2013년 4월에 발간된 자신의 저서 “새로운 디지털 시대”에서 “향후 7년 내 전 세계 인류가 인터넷을 사용할 것이며 10년 내 새로운 디지털 시대가 열릴 것이고 50억 명이 온라인을 사용하는 엄청난 상황이 도래할 것”이라고 예측을 하였다.

2015년에는 전 세계 스마트폰 사용자의 40%가 구글, 애플, MS 등이 제공하는 상황인식 서비스에 가입할 것으로 전망을 하고 있다**.

클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing)***을 향한 움직임은 다수의 사용자와 기능이 하드웨어, 소프트웨어 애플리케이션 및 데이터베이스의 네트워크로부터 공유된 정보를 이용할 수 있도록 한다. 페이스북이나 트위터같은 SNS의 대중화와 개인 모바일 디바이스에 의해 생성되는 데이터의 폭발은 데이터의 규모와 다양성 측면에서는 이미 예측이 불가능한 수준에 이르렀다.

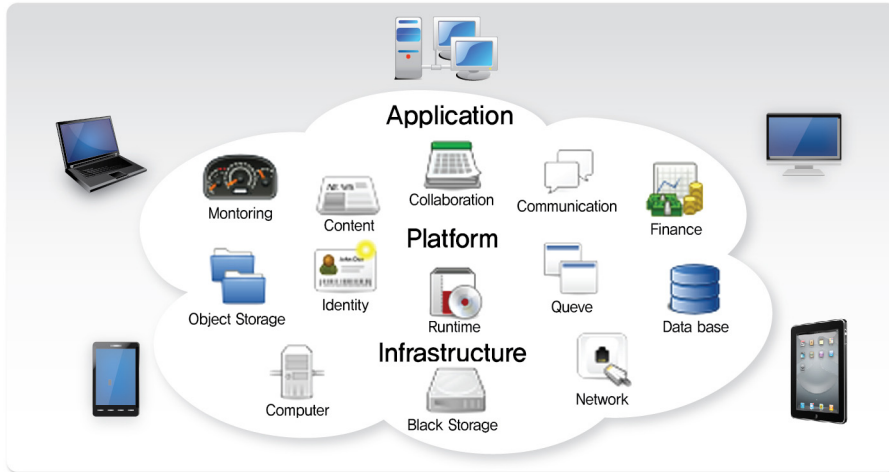
* 세계전기통신연합(ITU)

** Next-Gen, Retail : When Physical and Virtual World Merge, 2012. 3. 17. Forbes

*** 인터넷 상의 유틸리티 데이터 서버에 프로그램을 두고 그때그때 컴퓨터나 휴대폰 등에 불러와서 사용하는 Apps에 기반을 둔 소프트웨어 서비스



그림 3-5 Cloud Computing 개념도



이제는 사람들에게 단 하루라도 없어서는 안 될 일상품이 되어버린 스마트폰에만 근접센서, 가속도계, GPS, 자이로스코프, 나침반, 이중마이크로폰 및 환경광 등 많은 센서들이 장착되어 있고 이 센서들로부터 실시간으로 발생하는 데이터의 종류와 양은 그야말로 어마어마한 양이다. 또한 모든 사물이 인터넷에 연결되는 IoT(Internet of Things)* 인프라를 통해 엄청난 빅 데이터가 양산되면서 데이터의 전달, 처리, 분석, 관리를 보다 효율적으로 수행할 수 있는 클라우드 컴퓨팅에 대한 중요성이 점점 더 부각되고 있다.

인터넷의 진화와 함께 고성능의 소프트웨어를 모바일 단말기로 연결해주는 Cloud Streaming의 요구도 높아지고 있다. 이러한 오픈 플로우(Open Flow) 애플리케이션은 보다 효율적인 정보 흐름을 생성하고 정보를 전달하는 네트워크의 용량을 향상시킬 것이며 이러한 성장을 지원하는 데 필요한 대역폭의 가용성은 현저히 개선될 것이다.

따라서 데이터가 발생하면 1차 저장소에 저장된 후 필요한 분석을 위해 다시 가공처리를 하여 의사결정이나 지원을 하는 기존의 방법들에서 이제는 데이터가 발생하면 별도의 저장 없이 실시간으로 분류, 분석 결과를 시각화까지 가능해야만 방대하고, 다양하며 빠르게 창생되는 데이터의 처리가 가능하다.

* ICT 기반의 주위 모든 사물을 유, 무선 네트워크로 연결하여 사람과 사물, 사물과 사물 간 정보를 교류하고 상호 소통하는 지능형 인프라. 기존의 Ubiquitous 센서 네트워크와 M2M에서 진화된 형태를 말하는데 기존 M2M이 통신장비를 통한 사람 간의 교류가 주목적이었다면 IoT는 그 범위를 넓혀 우리가 볼 수 있는 전화기, 전등, 책, 온도계 등 사물과 사람 사이의 통신이 가능하도록 함.

그림 3-6 사물 인터넷(IoT) 개념도

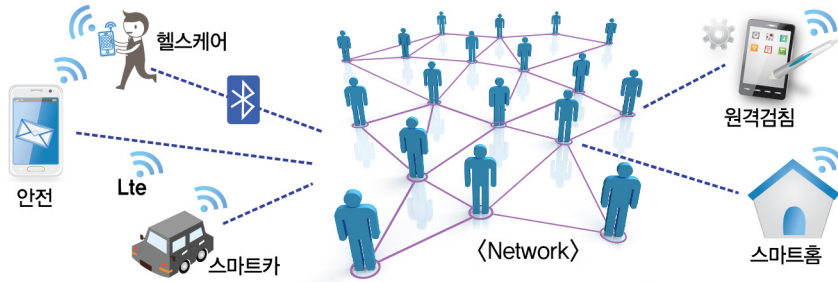


표 3-1 빅데이터와 결합된 센서 기술의 활용(일본)

| 활용분야 | 사 례 |
|-------------|---|
| 마케팅 | NEC는 매장의 영상정보를 클라우드 서버에서 분석하여 고객의 연령, 표정, 이동경로, 체류 시간 등을 분석 |
| 건물 내진 강도 진단 | 후지전기는 대형건물의 곳곳에 진동 센서를 설치하고 전용 시스템에서 데이터를 분석하는 내진진단시스템을 판매 |
| 장비 모니터링 | Yanmar는 농기계, 건설기계의 유지, 보수에 활용 |
| 수면상태 모니터링 | 타니타의 수면계는 매트에 내장된 압력센서로 수면 중의 맥박이나 호흡, 신체의 움직임을 분석하여 수치화 |

대부분의 정부와 군대가 상업적인 사업자로부터 통신선을 임대하고 있기 때문에 지휘와 통제(C2; Command and Control) 시스템의 현대화는 민간 통신 분야 발전에 크게 의존하게 된다. 광섬유 선로의 지속적인 건설과 전 세계적인 디지털 교환방식으로의 업그레이드는 각국 및 전략적 C2 통신의 신뢰성, 보안 및 속도를 향상시켰다.

인간이 신기술과 다른 인간과 대화하는 방식은 시간의 흐름에 따라 변화할 것이며 새로운 기술과 혁신기술에 의해 극적으로 영향을 받는다. 우리가 예측할 수 있는 한 가지 동향은 미래의 MCD가 온보드(On Board) 기술과 통합될 것이라는 점이며 이 기술은 사용자의 행동, 태도, 문제점 및 요구를 “감지”하고 이것을 네트워크를 통해 다른 네트워크 사용자들에게 전달할 수 있을 것이다. 이것은 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)과 함께 최적 조건을 유지하는 데 필요한 환경을 감시하고 변화를 평가하게 될 사물지능통신(M2M, Machine-to-Machine)* 인터페이스의 거대

* 모든 사물에 센서, 통신 기능을 부과하여 지능적으로 정보를 수집하고, 상호 전달하는 기술



한 네트워크에 의해 지원될 것이다. 센서가 휴대전화 네트워크를 사용하여 중앙 컴퓨터에 데이터를 전송하는 M2M 링크는 오늘날 널리 사용되고 있고 향후 10년간 지속적으로 현저한 성장을 보일 것이다. 차량 텔레매틱스(Telematics), 주차 요금 징수기 및 일부 의료기기에 사용되고 있지만, 장래에는 현저히 더 많은 용도로 이용될 것이며 현재는 대중화된 스마트폰이 유비쿼터스의 기준이 되지만 향후 10~20년 내에 초전도체의 상용화로 최첨단 기기가 등장할 것으로 예측된다.

그림 3-7 M2M Link



각 분야에서는 인간이나 소프트웨어 애플리케이션을 이용하여 이러한 방대한 양의 정보를 수집하고 이 정보는 데이터베이스에 보관하며, 다양하고 정교한 분석 기법에 의해 이 정보가 인간 행동과 그 밖의 문제에 대한 지식개발에 이용된다.

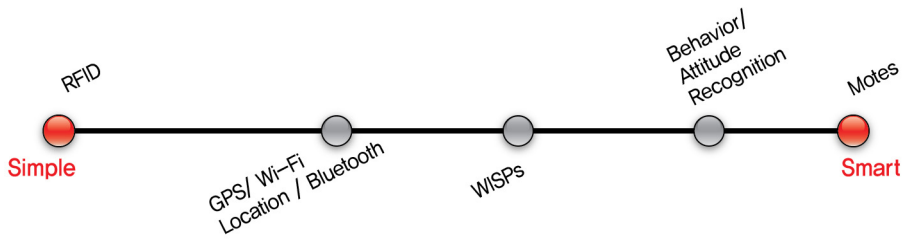
현대의 MCD에서의 GPS 이용은 사용자의 움직임을 추적하고 증강현실(AR, Augmented Reality)*에서 사용자의 위치를 결정하는 지리정보 데이터를 제공하는 센서 사용의 초기 단계이며 증강현실에서 사용자는 '클라우드'에 상주하는 모든 정보에 접근이 가능하게 될 것이다. 이러한 동향은 개별적으로는 발전적인 동향으로 간주될 수 있지만 이들이 함께 모이면 미래의 MCD 이용에서 혁신을 일으키게 될 것이다.

* 가상현실(Virtual Reality)의 한 분야에서 파생된 기술로, 현실 세계의 정보에 컴퓨터로 처리된 가상의 정보를 결합시켜 제공하는 기술

그림 3-8은 단순 센서에서 스마트 센서로의 센서 기술의 진보를 보여준다. 이 진보에서 중요한 이정표 중 하나는 인텔의 무선식별 및 센싱 플랫폼(Wireless Identification and Sensing Platform, WISP)의 이용이다. WISP는 특정한 맥락적 소통 및 감지장치를 구축하기 위해 피동적 무선주파수 식별(RFID, Radio Frequency Identification)을 센서들과 결합시킨다.

이러한 장치는 많은 상업적 및 군사적 용도를 갖는다. 예를 들어, 인간과 그 밖의 물체의 움직임을 감시하고 보고하기 위해 원격장소와 적대적 장소에 가속계 측정장치를 이용할 수 있다. 이러한 M2M의 능력은 경찰, 스마트 그리드 및 시스템 건전성 감시를 위한 여러 가지 애플리케이션을 파생시키게 될 것이다.

그림 3-8 단순 센서로부터 스마트 센서로 (IFTF에서 인용)



IFTF는 통신이 이루어지는 방법의 이러한 변화를 폐쇄적인 형태로부터 개방적인 이용으로의 전환이라고 설명한다. 그림 3-9는 폐쇄 형태에서 개방 형태로의 이러한 통신 네트워크의 발전을 보여준다. 폐쇄 형태에서 개방 형태로의 진전에 따라서 개방 네트워크를 위한 플랫폼으로서 보다 효율적인 방식으로 기술이 이용된다.

고정된 폐쇄 네트워크 서비스에 병행하여 지그비(Zigbee)*를 배치할 수 있다. 와이파이(WiFi) 네트워크보다 에너지 효율적인 지그비는 센서 네트워크로 형성될 수

* 지그비(Zigbee)는 저속도 무선 개인 영역 통신망(Low-Rate Wireless Personal Area Network, LR-WPAN)을 위한 IEEE 802.15.4-2003 표준을 기반으로 한 소형 저전력 디지털 무선장치를 사용하는 높은 수준의 통신 프로토콜 스위트(suite)에 대한 규격. 예를 들면 전등과 무선 전등스위치, 홈 디스플레이(in-home display)와 전력량계, 낮은 데이터 전송속도를 필요로 하는 근거리 무선장치를 통한 소비자 전자기기 등이 있다. 지그비 규격에 의해 정의된 이 기술은 블루투스나 같은 다른 WPAN보다 단순하고 저비용 방식으로 제안되었다. 지그비는 낮은 데이터 속도, 긴 배터리 수명 및 안전한 네트워크 구성을 요구하는 무선주파수(RF) 애플리케이션을 목표로 한다.

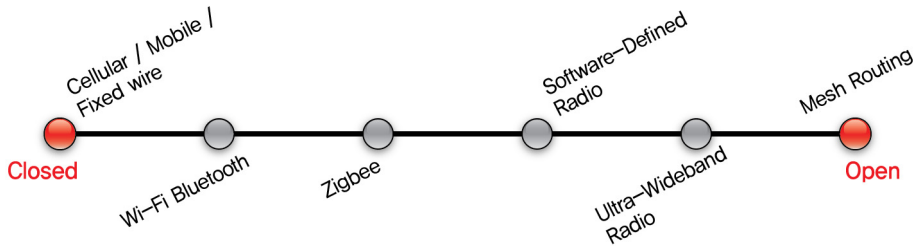


있는 소형의 저전력 디지털 무선장치에서 사용된다. 이러한 네트워크의 규모는 네트워크 조직에 지그비 노드를 추가하거나 제거함으로써 키우거나 줄일 수 있다.

이러한 발전의 개방된 종단에서는 메시 네트워크(Mesh Network)*를 사용하여 장치들 사이에 자율적으로 메시지의 경로를 결정하고 그 밖의 장치와 폐쇄 네트워크는 우회하게 될 것이다. 보다 장거리 무선 시스템을 추가하면 네트워크의 지리적인 범위가 확대 될 것이다. 이러한 개방 형태의 네트워크는 미래 통신방식의 기본이 될 것이다.

소프트웨어 기반 무선장치는 컴퓨터로 제어되어, 많은 비용이 소요되어 교체 대신에 재(再)프로그래밍을 통해 새로운 기능을 받아들일 수 있도록 되어 있다. 이러한 유연성에 의해 항공기는 다른 항공기나 지상군 또는 해군과 보다 용이하게 협력할 수 있다. 처리능력의 증가는 또한 암호화와 주파수관리를 통해서 보다 우수한 보안의 제공도 가능하게 된다.

그림 3-9 폐쇄형에서 개방형까지의 통신 (IFTF에서 인용)



3.2.2 이동통신 기기(Mobile Communication Device, MCD)

미래의 MCD는 전쟁을 혁신할 것이다. 예측에 의하면 2015년까지 세계 컴퓨팅 능력의 50%는 이동식 기기에서 이루어질 것이라고 한다** . 애플리케이션은 지능을 공유하고, 언어를 번역하고 항법(Navigation)과 조준 데이터를 제공하며 생체 측정 정

* 장치들을 통해 얻어진 멀티-홉으로 형성된 그물망 형태의 통신망으로 사각지대 간의 통신을 효율적으로 지원하는 네트워크를 말하며, 요소기술로는 라우팅 기술, 저전력 기술, 멀티링크 기술 및 장치나 기기의 소형화기술이 있다

** <http://memeburn.com/2011/02/the-future-of-smartphones/>



보를 수집하고 공유하기 위한 애플리케이션이 지금도 개발되고 있다.

데이터 클라우드와의 정보교환은 현재는 기본적인 작동이다. 제한적인 환경에서의 데이터 교환을 허용하기 위한 통신 노드의 교환은 더욱 복잡하다. 운송수단, 무인 항공기(UAV), 공기 역학식 기구(Aerostatic Balloon) 등에 부착되는 배치 가능한 무선 네트워크는 필요한 연결성을 제공할 것이다.

인식 네트워크(Cognitive Network)와 소프트웨어 기반 무선장치(Software Defined Radio)와 결합된 MCD는 장애를 감소시키고 그에 따라 사용성을 높이기 위해 이용 가능한 최선의 무선주파수와 파형을 선택할 수 있는 능력을 갖출 것이다. 언어번역 처리 기능과 결합된 동영상 호출기능은 각 군 사이의 정보교환을 용이하게 하여 작전 지역 전체에 걸쳐서 지휘관들의 의도를 전달할 수 있는 능력을 제고하고 따라서 모든 이해당사자들과 함께 작전의 목적에 보다 더 초점을 맞추고 집중할 수 있도록 할 것이다.

미래의 MCD는 쓸모가 더욱 증가할 것이다. 음성인식(Speech Recognition) 기능은 MCD와의 주요 인터페이스로 종래의 키보드를 대체할 것이다. 오늘날에도 구글은 매우 효율적인 음성인식 기능의 시범을 보이고 있다.

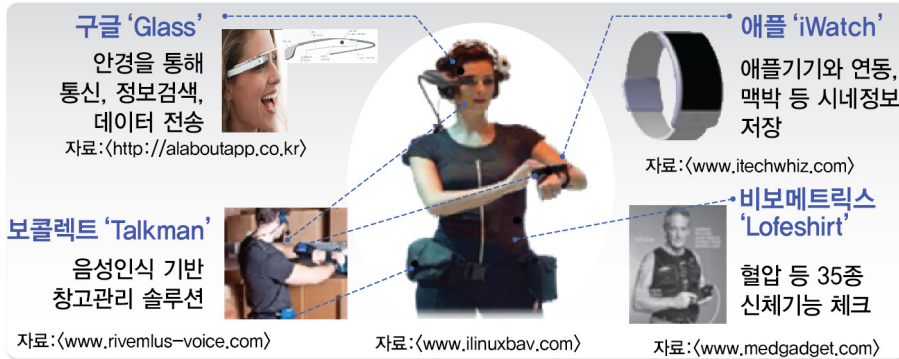
또한 다양한 정보를 수집·분석하는 컴퓨터 기기를 신체나 의복에 착용하는 착용형 컴퓨터(Wearable Computer)는 최근 스마트 폰과 연계한 제품이 증가하고 있다. 2000년대 중반까지 보콜렉트의 'Talkman'이나 미 육군의 'Land Warrior' 등 물류, 군사 분야의 착용형 모바일 기기들이 속속 출현하고 있으며 착용형 컴퓨터 제품은 2011년 1,400만대에서 2016년에는 9,300만대로 증가하여 시장규모는 60억 달러에 달할 전망이다.

구글 글래스 및 각종 손목 착용형 제품들이 2014년 전후로 출시되며 의류제품들은 2015년 이후 본격적인 시장을 형성할 것으로 예상된다. 현재 미국의 초고속인터넷 이용 가구 중 5%가 fitbit, jawbone 등 손목 착용형 건강기기를 이용하여 기억력 개선, 체중 감량, 음식/영양 관리, 운동, 금연, 스트레스 관리, 수면의 질 개선, 음주관리, 건강평가, 정신 건강/테라피 등 다양한 서비스를 이용하고 있다.*

* MobilHeathNews(2013, 5)



그림 3-10 Wearable Computer의 응용 사례



미국의 Affectiva사가 개발한 손목 착용형 'Q-센서'는 무선 생체 측정장치로 피부반응전도장치(Skin Conductance)를 통해 감성적인 작성정도를 측정하는데 피부의 전위활동(Electrodermal Activity)이 흥분, 몰입/집중, 근심/걱정/열망 등의 감정 상태에 따라 상승하고 지루함, 편안함 등의 상태에서 낮은 수치를 보이는 데 근거하고 있으며 피부 온도변화와 신체움직임(가속도 센서)을 측정할 수 있다.

아직까지는 기술 및 핵심 서비스 등이 미진한 상태이나 가까운 미래에 착용형 컴퓨터 기술은 인간공학적 착용감 향상 기술, 효율적인 전원공급 시스템 기술, 다양한 인간과 컴퓨터간의 상호 인터페이스 개발 기술 등이 추가되며 이를 기반으로 스마트 의류, 손목 착용형 컴퓨터, 착용형 로봇 등의 다양한 체계가 개발될 것으로 예상된다.

그림 3-11 사람의 스트레스 수준을 측정하는 'Q-센서'



MCD는 대부분의 애플리케이션에서 데스크톱과 노트북 PC를 대체할 가능성이 있다. 개방형 연결 프로토콜은 이러한 장치들이 사용되는 방식을 변화시키는 중요한 역할을 담당하게 될 것이다. 현재 미군에서 활용하고 있는 대표적인 모바일 기기로는 미 육군의 여단급 이하 전투제대에서 사용하는 우군위치확인체계인 BFT(Blue Force Tracking)*가 있는데 특히 미군은 향후 미 애플사의 아이팟을 군용으로 활용하는 계획을 추진하고 있다. 신병 대다수가 사회에서 아이팟을 사용한 경험이 있으며 실제로 보유하고 있기 때문에 군에 적합한 콘텐츠를 활용하여 훈련시키기에 적당하기 때문이다.

또한 이러한 차원에서 최근 미 국방부 고등연구소(DARPA)는 전장에서 전투병사가 일반 스마트폰이나 태블릿으로도 운용을 할 수 있는 변형 앱 개발 사업(Transformative Apps Project)의 개발에 착수하였다.

변형 Apps 개발 사업은 야전에서 운용할 수 있는 새로운 성능을 만족시킬 수 있는 군용 이동 애플리케이션 시장을 개발하고 궁극적으로 개발된 시스템은 군용으로 사용이 되며 아울러 관련 소프트웨어의 획득, 소개, 유지 및 성능 향상 등의 새로운 소프트웨어도 계속 성숙시켜 나가는 사업이다. DARPA가 개발한 몇 개의 변형 애플리케이션들은 이미 아프가니스탄에서 야전운용시험을 거쳤지만 앞으로 좀 더 광범위한 환경조건에서 운용을 할 수 있도록 보완하고 아울러 새로운 변형 Apps들도 개발할 예정이다.

오늘날 군용 휴대 컴퓨터와 네트워크들은 튼튼하고 보안성은 좋지만 운용상의 유연성이 부족하고 가격 또한 비싼 단점이 있는데 앞으로 몇 년간 이러한 단점을 보완할 수 있는 새로운 Apps을 개발하여 야전에 적용할 것이다. 사업의 운영 체계는 안드로이드 시스템이며, 사용자 인터페이스, 사용 편의성, 단순성 등이 보장되어야 하고, 사용하는 주파수 대역은 가능한 최소화하고, 빈번한 네트워크 끊김 현상에서도 큰 문제없이 사용이 가능한 Apps 개발이 목표이다.

* 미 육군 군단급 이하 C4체계에 의해서 우군의 위치를 일정주기(시간기준은 5분 거리, 거리기준은 800m 이동)로 자동 통보하는 기기로 전송체계로는 위성 및 지상 전송체계를 사용한다.



그림 3-12 미 육군의 Wearable Computer



또한 상용 스마트폰과 같이 사용할 수 있는 가격이 저렴하고 보안성이 보장되는 전술 네트워크 개발도 병행할 예정이며, 궁극적으로 전장에서의 사용자 요구사항을 만족시킬 수 있는 군용 Apps의 확보가 수월할 수 있도록 집중화된 시장을 형성하고, 업체와 함께 가장 하급제대에게까지 광범위한 보급이 가능한 휴대용 기기와 Apps 개발계획을 추진하고 있다.

그림 3-13 전장에서의 Transformative Apps 운용개념



증강현실(Augmented Reality)은 향후 10년 이내에 일반화될 것이다. 사람들은 콘택트렌즈나 안경을 통해 주변 환경과의 시각적 접촉을 유지하면서 정보를 볼 수 있게 될 것이다. 센서와 네트워크를 통한 M2M 통신은 렌즈나 안경 착용자에게 광범위한 데이터를 제시할 수 있게 할 것이다. 컴퓨터 비전(CV, Computer Vision)과 청각 센서는 환경을 인식하고 이해할 수 있는 수단과 함께 증강현실을 보완해줄 것이다.

이것은 AR 시스템으로 하여금 안면인식(Facial Recognition)을 통한 사람의 인식과 동시 음성번역을 통한 개인간의 대화를 지원하도록 할 것이다.

이러한 AR 능력을 향한 초기 단계는 구글 고글(Google Goggles)과 같은 시스템을 통해 지금도 이용할 수 있고, 컴퓨터 비전을 개선하고자 하는 노력도 지속되고 있으며 제한된 환경 내에서의 실험들은 일부 매우 우수한 결과를 보여주고 있다.

그림 3-14 구글 안경의 증강현실



상업 부문에서의 이러한 애플리케이션의 발전적 개발은 군을 위한 혁신적인 새로운 능력으로 축적될 것이다. 거의 모든 환경에서의 연산장치의 확산은 연산장치의 구성과 상호 연결에 있어서 현저한 향상을 요구하게 될 것이다.

이러한 연산 노드(Computing Node) 또는 허브(Hub)는 대부분의 경우에 플러그 앤 플레이 방식으로 무선으로 상호 연결될 것이다. 강력한 접근통제와 인증 서비스는 이러한 무선 네트워크의 건전성을 보장할 것이다.



증강현실 기술의 발전을 위해서 요구되는 기술들은

- 1) 현실세계 위에 덧씌워질 가상 정보를 만들기 위한 3차원 모델링 기술
- 2) 이용자의 위치 변화를 주어진 그래픽에 적합하게 반영하기 위한 추적기술
- 3) 이용자가 AR 가상정보(컨텐츠)를 조작할 수 있는 방법을 명시한 상호작용
- 4) 현실과 가상정보를 결합하기 위한 디스플레이 기술 등이 있다.

최근 들어 증강현실 시스템이 유비쿼터스화되고 또한 다양한 제품에 적용되면서 센서, imbedded 운영체제, 상황 및 위치 인식, 네트워크와 같은 관련 기술에 대한 요구가 늘고 있다.

증강현실, 컴퓨터 비전, 인공지능을 이용하는 스마트 장치들은 다음과 같다.

- 개방형 네트워크 계급 구조, 기존 통신 네트워크 이용/확장
- 향상된 에너지 효율과 다중 센서 시현
- 언어번역 기능을 포함하는 음성인식
- 인식 네트워크
- 소프트웨어 기반 무선장치
- 안면인식

또한 연결 완전성 측면에서는 컴퓨터와 무선장치의 통합으로 로밍장치에 대한 완전한 연결이 가능해진다. 선진국의 인구 밀집지역과 선진 개발도상지역은 유비쿼터스 개념의 무선 인터넷 접근이 가능해질 것이다.

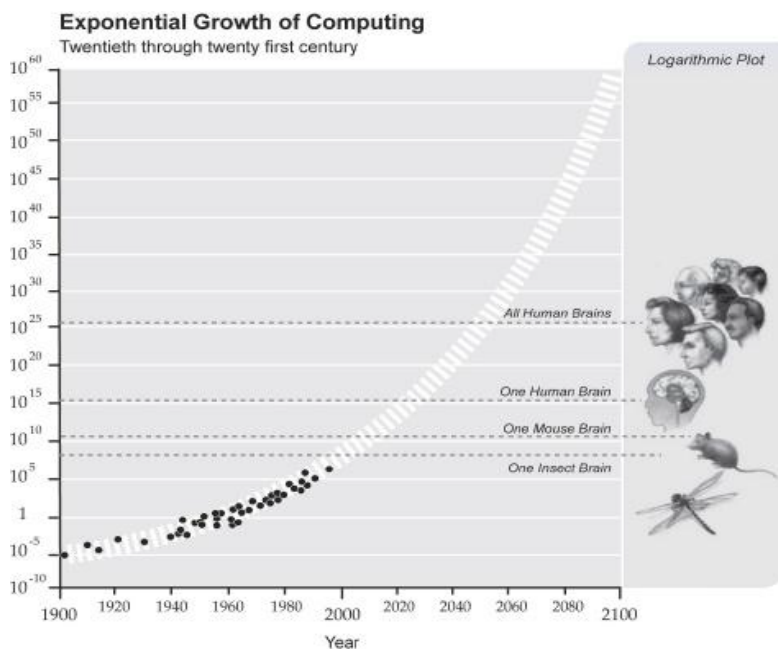
또한 점증하는 소형화 추세는 동일한 비용으로 더 많은 기능을 제공할 것이며 신 기술의 연산장치와의 통합으로 네트워크 환경에서 장치의 완전한 통합을 가능하게 할 것이다. 소형화, 지능화가 요구되는 미래 환경에 대응하기 위한 핵심기술인 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술*과 나노기술(Nano-Technology)의 진전이 뒷받침될 것이다.

* 위키피디아(Wikipedia) 인용: 미세기술로서 기계부품, 센서, 액츄에이터, 전자회로를 하나의 실리콘 기판 위에 집적화한 장치를 가리킨다. 현재 제품으로 시판되고 있는 것은 잉크젯 프린터의 헤드, 압력센서, 가속도 센서, 자이로스코프, 프로젝터 등이 있다. 응용분야가 다방면에 걸쳐 있기 때문에 시장규모가 확대되고 있고 이 때문에 제2의 DRAM이라고도 한다.

3.3 컴퓨팅 기술

풍부한 연구결과 트랜지스터와 회로의 재료 기반인 실리콘의 한계를 지속적으로 뛰어넘게 되었다. 이로부터 무어의 법칙이 지속적으로 적용되어 연산능력의 기하급수적인 성장을 가져왔다.

그림 3-15 연산 능력의 기하급수적 성장 (Kurzweil에서 인용)



제조업체들이 향후 10년에서 15년 동안 지속적으로 마이크로 전자공학의 크기 축소라는 도전에 대응하는 동안에 다른 기본 재료를 사용하기 시작할 것이다. 궁극적으로는 원자 수준에서의 실리콘의 분자구조가 컴퓨터 칩에 추가될 수 있는 한계를 제시하게 될 것이다.

컴퓨터 칩의 주요 구성요소로서 실리콘을 대체하기 위한 그래핀(Graphene)*과

* 흑연에서 벗겨낸 한 겹의 탄소 원자 막으로서 원자들이 6각형 벌집구조로 결합된 나노소재로서 CNT의 탁월한 전기·물리적 특성을 지니면서 두께와 투명도는 CNT보다 뛰어나며 구부러거나 늘려도 전기적 성질이 변하지 않아 Flexible display, Touch screen, 초고



같은 재료의 개발과 3차원 칩(3D Chip)의 구축은 컴포넌트 내 열의 누적을 방지하면서 연산속도의 지속적인 성장을 가능하게 할 것이다. 그래핀은 반도체의 속도와 성능을 결정한다고 할 수 있는 전자의 속도가 매우 빠르다. 그래핀의 전자 유효질량은 거의 '0'에 가까워 전자가 마치 광자처럼 빛의 속도를 내는 효과를 보이며 반도체 성능을 한 단계 더 높여줄 것이다.

한국생산기술연구원은 그래핀 반도체 시장이 2030년에 50조원 규모를 기록할 것으로 전망을 하고 있다.

그림 3-16 그래핀 소재의 활용 분야



고속으로 동작할 수 있는 탄소 나노 튜브(Carbon Nano Tube, CNT) 전계 효과 트랜지스터와 같은 그 밖의 신형 기술은 군사체계의 향상된 계산능력과 부수적인 개선을 지원할 것이다. 표적 문제(Target Problem)를 병렬 컴퓨터 칩에 의해 분해하여 해석하는 병렬 컴퓨팅(Parallel Computing)은 솔루션의 일부가 될 수 있다. 다만 일관성 있게 분해하고 해석하며 결과를 재구축하는 것에는 지속적인 어려움이 있을 수 있다.

속 반도체 소재, 고효율 태양전지, 투명전극, Wearable computer 등 다양한 전자-반도체 산업 분야에서 활용이 가능한 꿈의 소재

그림 3-17은 새로운 컴퓨터 처리기술에 대해 예측된 몇 가지의 실제 구현시기의 예측을 보여준다. 네트워크를 통한 막대한 양의 데이터가 서버에 의해 처리되고 그러한 서버 덕분에 통신부문이 발전한다. 인터넷의 이용은 지난 10년간 세계에서 4.5 배 이상 성장하였다. 개선된 연산능력은 향상된 소프트웨어와 함께 미래 기술의 개발과 이용의 관건이다.

그림 3-17 IT 예측 (Halal: 기술의 약속에서 인용)

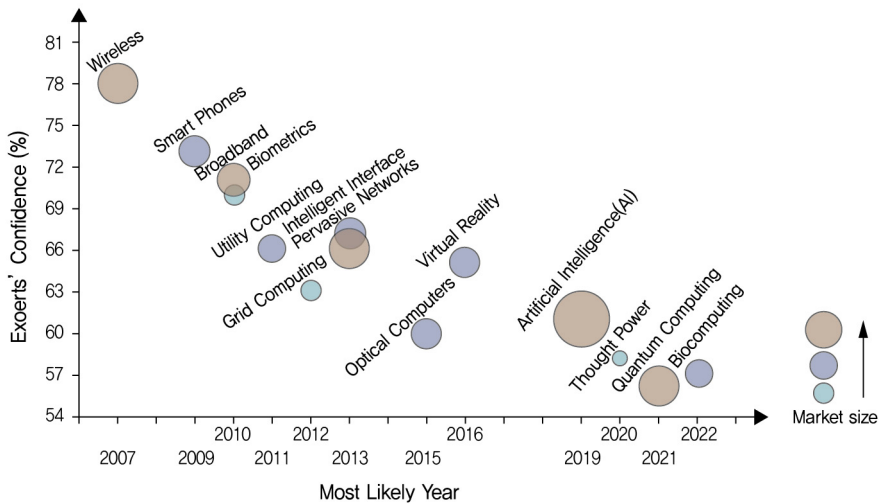


그림 3-18은 연산기술과 연산기술의 장래 이용 사이의 몇 가지 상호연결 관계와 동향을 보여준다. 이 지도는 컴퓨터 처리능력과 그의 이용이 미래의 기술개발을 추진하는 '계산 가능한 세계'의 해석을 표시한다. 이 미래에 대한 설명에서 웹 애플리케이션은 훨씬 더 높은 수준의 능력과 복잡성에 도달할 것이다.

컨텍스트 기반 프로그래밍(Contextual Programming)은 검색엔진이 단지 검색된 핵심 단어를 찾아줄 뿐만 아니라 또한 검색의 의도를 구별하고 보다 목표가 정해진 정보를 제공할 것이다. 검색엔진 내의 인공지능의 시현은 최근에 시작되었으며 이 부분에 집중되는 연구의 양을 감안할 때 조만간 이 연구의 큰 진전을 이룰 가능성이 있다.

유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)*은 단순 컴퓨터 칩 가격의 급속한 하락의 결과로 등장할 것이다. 이렇게 되면 앞서 언급한 바와 같이 컴퓨터 칩이 많은 생활가전제품, 의복, 주택 등 일상생활 용품에 널리 이용될 수 있을 것이다. 네트워크 내에서 이러한 칩들이 통신하도록 함으로써 현재 인간의 주도가 필요한 많은 기능이 장래에는 자율적으로 이루어지게 될 것이다.

이것은 군사체계들이 지속적으로 업데이트된 상태를 제공하고 그 밖의 정보를 제공하는 것을 가능하게 할 것이다. 유럽에서는 2000년대 초반부터 유럽연합의 정보화사회기술계획의 일환으로 ‘사라지는 컴퓨팅(Disappearing Computer)’이 추진되고 있는데 이것이 유럽판 Ubiquitous 컴퓨팅이다.

사라지는 컴퓨팅은 정보기술을 일상 사물과 환경 속에 내장하여 인간의 생활을 지원하고 개선하려는 취지를 담고 있다. 일상 사물에 센서, 구동기, 프로세서 등을 내장하여 사물의 고유 기능에 정보처리와 교환기능이 향상된 정보 인공물(Information Artifacts)들을 새롭게 고안한다. 그리고 이들이 무선통신을 통해 서로를 자율적으로 감지할 수 있도록 하고, 새로운 기능성과 서비스를 창출할 수 있도록 한다.

사라지는 컴퓨팅은 궁극적으로 이를 통해 인간의 일상 활동을 지원하거나 향상시키는 것을 목표로 한다.

양자 컴퓨팅(Quantum Computing)은 또 하나의 유망한 컴퓨터 기술동향이다. 양자상태의 전자를 이용함으로써 컴퓨터는 여러 계산을 동시에 처리할 수 있게 되고 그 결과 계산속도의 현저한 향상을 가져와 엑사플롭(Exaflop)**의 장벽에 도달할 가능성이 있다.

이러한 특성은 특히 암호 해독, 대규모 모델링 및 대형 데이터베이스 작업에 유용하다. 최근 호주과학자들은 고체상태의 Quantum 컴퓨터를 서로 연결, 통합하여 압

* 이것은 때로 제 3의 패러다임 컴퓨팅이라고 불리며, 개인용 컴퓨터를 통해 많은 개인들에 의해 공유되었던 대형 메인 프레임 컴퓨터로부터, 컴퓨터는 배경으로 사라지고 개인이 일상적으로 다수의 컴퓨터에 접근하는 새로운 패러다임으로의 전환을 가리킨다.

** 엑사플롭은 초 당 10^{18} (100만의 1조배)번의 계산이다.



호화된 통신에 의한 Quantum 인터넷을 가능하게 하는데 성공을 하였다고 한다. 이제 Quantum 통신 시스템이 정부, 군사, 금융, 보건 산업 등 보안이 중요한 산업에서 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 전망이 된다.

네트워크 하드웨어의 미래는 보다 효율적인 클라우드 컴퓨팅 이용으로의 전환이다. 이러한 동향은 하드 드라이브와 로컬 서버를 불필요하게 만들 것이다. 데이터가 디바이스 자체로 흐르게 되기 때문이다.

컴퓨터 기술의 동향을 종합해보면 다음과 같다.

- CPU에서 그래핀이 실리콘을 대체한다.
- 컴퓨터 칩의 3차원 구조
- 양자 컴퓨팅
- 향상된 컨텍스트 기반의 폭넓은 프로그래밍이 가능할 것이다.

3.4 전체적 지식기반(Holistic Knowledge Base)과 SNS

3.4.1 전체적 지식기반

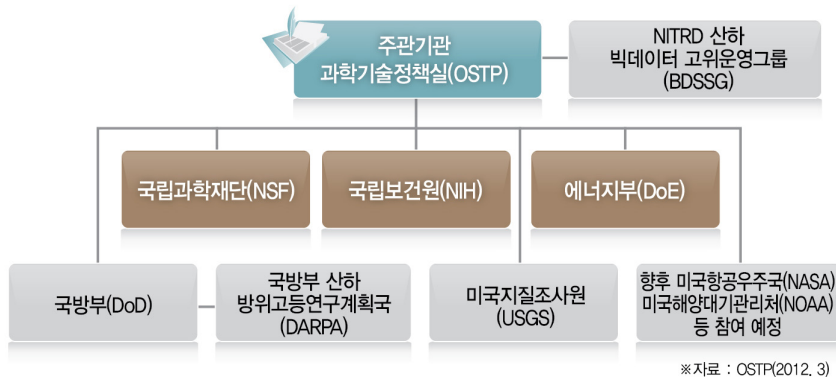
미래의 군은 배치된 군에 대해 수많은 ‘리치 백(Reach Back)’ 기능*을 제공하는 전체적인 지식기반에 접근할 수 있을 것이다. 이것은 최종 사용자에게 대해 적절한 시간에 올바른 포맷으로 방대한 양의 데이터를 수집, 분류, 분배 및 제시하는 것을 포함하는 폭넓은 연구 분야이다. 전체적인 지식기반을 구축할 수 있는 능력은 대역폭, 소프트웨어 및 기반이 되는 알고리즘에 대한 물리적인 해결이 전제되어야 하며, 요구되는 정보를 지식기반으로 가져오기 위해서는 충분한 수준의 데이터 수집능력 역시 필요로 할 것이다.

* 전방으로 전개되지 않는 부대로부터 제품, 서비스 및 애플리케이션 또는 물자를 획득하는 과정. 여기에서는 비대칭전 등에 대응하기 위한 부대의 상위부대나 기관 등으로부터 정보 획득의 개념으로 설명을 하였음

특히 다양한 종류의 대규모 데이터의 생성·수집·분석·표현을 그 특징으로 하는 빅 데이터 기술의 발전은 다변화된 현대 사회를 더욱 정확하게 예측하여 효율적으로 작동케 하고, 개인화된 현대 사회 구성원마다 맞춤형 정보를 제공·관리·분석 가능케 하며, 과거에는 불가능 했던 기술을 실현시키기도 할 것이다. 이를 위해서는 유비쿼터스 컴퓨팅, 웹 기반 검색 애플리케이션, 네트워크 개발 및 양자 컴퓨팅 등의 미래 기술의 융합이 포함된다.

이와 같이 빅 데이터는 정치·사회·경제·문화·과학 기술 등 전 영역에 걸쳐서 사회와 인류에게 가치 있는 정보를 제공하며, 그 중요성 또한 부각되고 있다. 미국은 2011년 대통령 과학기술자문위(PCAST)가 연방정부 차원에서 빅데이터 관련기술 투자 필요성을 대통령에게 보고하여 백악관 산하 ‘과학기술정책실(OSTP)’ 주도로 2012년 3월에 “Big Data R&D Initiative” 추진을 결정하여 현재 6개 연방부처 및 기관이 참여하고 있으며 예산 규모는 6개 기관의 총 R&D 예산의 0.1%인 총 2억 달러 규모이다.

그림 3-19 미 연방정부의 Big Data R&D Initiative 참여 부처 및 기관



또한 국방 분야의 동향을 살펴보면 미 국방부는 이미 군사관련 빅 데이터 프로젝트에 연간 2억5,000만 달러의 투입을 결정하여 추진하고 있으며, 전투원 및 군 분석가의 전투수행 능력 배가를 위한 빅 데이터 기술연구에 주력하고 있다. 대용량 데이터를 활용한 자율의사결정시스템 구축 및 상황인식 능력 개선을 위해 의사결정을 위한 데이터 프로젝트를 수행할 예정이며, 전 세계의 다양한 언어와 문자로부터 정

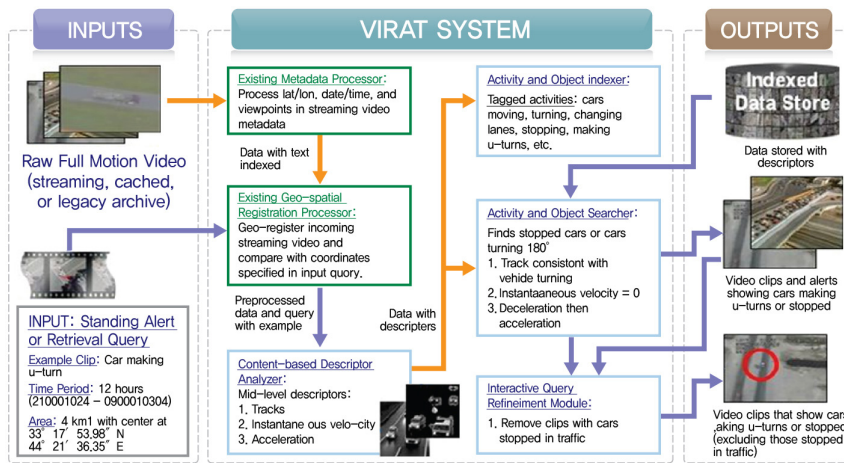


보를 추출, 분석하는 능력을 현재의 100배 이상 향상시킨다는 계획을 추진하고 있다.

또한 미 고등연구소(DARPA)는 향후 4년 간 매년 2,500만 달러씩을 지원하여 빅데이터 기술 및 관련 SW 개발 프로젝트인 “XDATA” 계획을 추진하고 있다. 2011년부터 추진하고 있는 ‘ADAMS’* 프로그램과 같은 분산되어 있는 불완전한 데이터를 처리하는 알고리즘 개발과 범주 데이터, 메타 데이터 등 준 정형 데이터와 텍스트, 문서 등 비정형 데이터 등 모두에 대한 분석과 대용량 데이터 처리를 위한 소프트웨어 툴 키트 개발도 함께 추진하고 있다.

또한 방대한 군사 동영상 콘텐츠를 빠른 속도로 검색, 분석할 수 있도록 돕는 “VIRAT”와 “The Mind's Eye” 프로그램을 통해 입력된 영상정보를 기초로 관련 정보를 추론하고 내러티브를 창출하는 사업을 추진하고 있다.

그림 3-20 미 DARPA의 빅데이터 처리를 위한 ‘VIRAT’ 시스템 작동 Process



정보전으로 대변되는 미래전쟁은 결국 데이터 전쟁이라고 할 수 있는데 이러한 능력은 네트워크 전체에 걸쳐서 데이터의 저장되는 일정 포맷을 갖는 구조화 정보와 문자, 동영상, 음성 등 구조화 데이터보다는 훨씬 규모가 큰 비정형의 대용량 데이터를 분석해 의미 있는 정보를 추출하는 ‘빅데이터’ 기술발전이 크게 영향을 받을 것이다.

* ADAMS는 ‘Anomaly Detection At Multiple Scales’의 약어로서 거대한 데이터 중에 비정형 특성을 갖는 데이터들을 분류 및 분석하는 프로그램임

비구조화 정보들에 대한 데이터 마이닝(Mining), 분석, 변형, 해석 및 평가 등을 거치는 지식표현에 대한 연구는 지속적으로 자동화된 데이터 Mining과 분석을 통해 데이터의 접근이 가능하도록 할 것이다.

앞서 언급한 바와 같이 많은 양의 문자정보를 분류하고 패턴과 연결 관계를 구별할 수 있는 시맨틱 웹(Semantic-Web)^{*} 개발은 이러한 분야를 지원할 것이다.

전체적 지식기반을 채우는 데 필요한 많은 양의 데이터를 모으는 데는 개별 데이터베이스 수준을 포함하는 정보영역을 심층적으로 검색하기 위한 자동화된 툴을 이용할 것이다. 봇(Bot)과 스파이더(Spider)와 같은 웹 툴은 지식기반이 최신 상태를 유지하도록 실시간 감시와 데이터 수집을 가능하게 한다.

다중 레벨의 보안 시스템은 정보의 흐름을 방해하지 않으면서 정보와 지식의 흐름을 통제할 것이다. 이러한 지식기반은 전투 공간 내의 모든 요소들을 연결하기 위해 개입 없이 형성되는 비상 네트워크를 통해 이용할 수 있을 것이다. 이러한 능력은 소규모 부대도 넓은 범위의 전문가 시스템(Expert System)에 접근할 수 있도록 허용할 것이다. PMESII^{**} 분류 전체에 걸친 문화, 지리, 생체 측정 및 그 밖의 정보를 네트워크 전체에서 이용할 수 있을 것이다. 전체적 지식기반의 동향을 요약해 보면 모든 PMESII 정보에 대한 리치 백(Reach Back)과 시맨틱 웹으로 대변할 수 있다.

3.4.2 소셜 네트워크 서비스(Social Network Service, SNS)^{***}

SNS는 사용자 간의 자유로운 누구와도 연결되고 생각과 정보를 공유하는 능력은 소셜 컴퓨팅에 관한 최초의 약속을 반영한다. 이미 수많은 SNS가 탄생하였고 지금도 새로운 SNS가 등장하고 있다. 페이스북, 트위터 등 전세계 SNS 사용자 수가 2012년에 이미 10억명을 넘어섰다. 한국은 페이스북 이용자 수가 가장 빠르게 성장하는 나라 중 하

^{*} 현재의 인터넷과 같은 분산환경에서 웹문서, 각종 파일, 서비스 등의 리소스에 대한 정보와 자원 사이의 관계, 의미정보(Semanteme)를 기계가 처리할 수 있는 온톨로지 형태로 표현하고 이를 자동화된 기계(컴퓨터)가 처리하도록 하는 프레임워크이자 기술. 웹 창시자인 팀 버너스리가 1998년에 제안을 하였다.

^{**} PMESII는 정치, 군사, 경제, 사회, 기반구조 및 정보 시스템(Political, Military, Economic, Social, Infrastructure and Information System)을 가리킨다.

^{***} 위키피디아(Wikipedia) 인용: 사용자 간의 자유로운 의사소통과 정보 공유, 그리고 인맥확대 등을 통해 사회적 관계를 생성하고 강화시켜주는 온라인 플랫폼을 의미한다.



나이며 2012년 말 기준 한국 페이스북 월 이용자 수가 1,100만 명이 넘었으며, 이들 중 55% 이상이 하루에 한 번 이상 로그인을 하고 있는 것으로 조사되었다.*

그림 3-21 SNS를 위한 각종 Social media(FredCavazza.net/Google에서 재인용)



SNS의 핵심인 사회성은 상호간의 소통에 기반을 두기 때문에 강력한 통신 능력을 가진 모바일 기기는 SNS의 핵심적인 도구이다. 따라서 모바일 기기의 성능 향상과 통신 속도의 증가는 이러한 경향을 더욱 가중 시킬 것이다. 소셜 네트워크는 지인의 삶을 들여다 볼 수 있는 Lifestreams부터 대화를 나누기 위한 Conversation, 즐겨찾기를 관리하는 Social Bookmarks 등에 이르기까지 다양한 형태로 우리 삶속에 깊숙이 들어와 있다. SNS를 분석하여 기업 마케팅에 활용하거나 맞춤형 서비스를 제공하는 것처럼, 축적된 사람들의 관계 데이터를 통해 사람들의 생각과 미래 행동을 예측하는 것이다. 최근에는 단순 텍스트를 넘어 이미지, 위치 정보까지 SNS를 통해 파악할 수 있는 정보의 종류도 증가하고 있기 때문에 예측 활용도가 높아질 전망이다.

소셜 네트워크에 대한 사회적 연구는 네트워크의 놀라운 힘과 네트워크가 우리의 삶을 형성할 수 있는 방법을 보여주고 아울러 개인의 행동과 기분 그리고 활동이 다른 사람들에게 측정할 수 있을 정도의 영향을 미친다는 것을 입증하였다.

단순한 커뮤니케이션의 도구일 줄 알았던 SNS가 정치·경제·문화·미디어 등 우리의 삶과 관련이 있는 모든 측면에서 변화를 이끌고 있다. 우리 네트워크의 결과적인 사회적 그래프는 우리가 상호간에 미칠 수 있는 가능한 영향력을 보여준다.

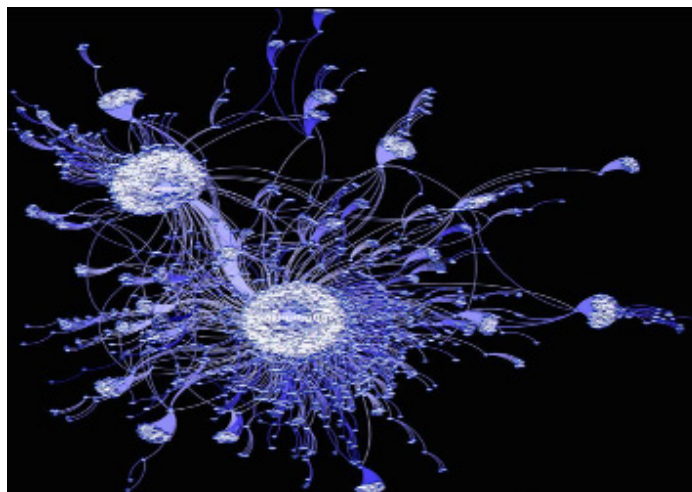
* 페이스북 코리아의 기자간담회 발표(2013. 2. 14)

각각 다른 목적을 갖는 복수의 소셜 네트워킹 사이트를 하나의 플랫폼에 연결하는 것이 동향이다. 이것은 정치적 견해에 관한 개인적 입장, 소비 행태, 사회적 네트워크의 깊이, 침투 능력(Pervasive Power) 등을 이용하는 알고리즘의 장래 개발을 지원할 것이다. 소셜 네트워크의 위력은 최근 2010년 선거 이후의 항의사태와 2011년의 ‘아랍의 봄’ 과정과 미군의 오사마 빈 라덴 사살 소식에서 증명되었다.

2011년 5월 2일 새벽 미군은 파키스탄 북동부 아보타파드의 안전가옥에 은신 중이던 오사마 빈 라덴을 급습하여 사살하였다. 작전이 종결되고 시신을 후송하는 단계에 접어들자 백악관은 5월 1일 밤 9시 45분(미 동부시간)에 몇 시간 안에 중대발표가 있을 것이라는 예고를 하였다.

그런데 백악관의 예고 이후 불과 40여 분만인 10시 24분에 부시 행정부 당시 럼스펠드 국방장관의 보좌관이던 Keith Urbahn이 밝히지는 못하지만 믿을만한 소식통을 통해 빈 라덴이 죽었다는 소식을 들었다고 트위터에 올렸다. 그러자 이 소식은 삼시간에 전 세계로 퍼져 나갔는데 그 속도가 무려 초당 5,000회에 이를 정도였는데 SNS의 위력을 다시 한 번 되새기는 예라고 할 수 있다.

그림 3-22 트위터 상에서 ‘빈 라덴 사망’ 소식 전파 모습(<http://blog.socialflow.com/>구글에서 재인용)





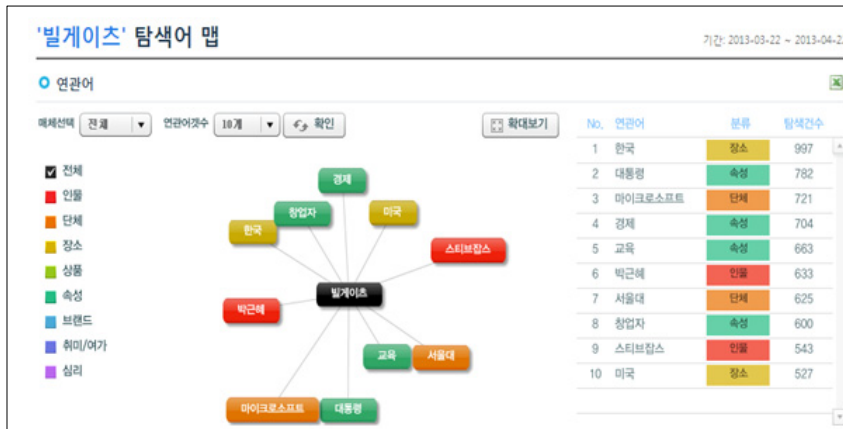
이러한 사건과정에서 영향을 받은 지역 내부와 외부로 정보를 전달하는데 트위터, 유튜브 및 페이스북과 같은 소셜 네트워킹 사이트가 이용되었다. 텔레비전, 라디오 및 출판과 같은 구식 미디어를 통제하고자 하는 권위주의 정부들의 노력에도 불구하고 시위자들은 그들의 뜻을 함께 모으고 외부 세계로 메시지를 전달할 수 있었다.

이와 같은 SNS의 분석결과는 설득력 있는 논쟁을 원하는 방향으로 이끌고 가기 위해 여론 형성자들에 영향을 미치는 데 이용될 수도 있다. 그림 3-23은 사용자의 프로필에서 사용된 가장 지배적인 단어들을 그래픽 방식으로 보여준다. 이 분석은 연결되어 있는 소셜 네트워크 사용자들에게 영향을 미칠 수 있는 기회가 있음을 보여주고 있다.

소셜 네트워크의 동향을 정리하면 다음과 같다.

- 소셜 네트워크는 침투력이 강화되고 있다.
- 복수의 소셜 네트워크가 하나로 통합되었다.
- 소셜 네트워크에서 언어는 장벽이 아니다.

그림 3-23 2013년 3월 빌게이츠가 방한했을 당시 SNS상에서의 빌게이츠 관련 탐색어 맵



3.5 센서

연산능력과 그 밖의 보완적 주변기술들의 발전은 센서능력을 향상시킬 것이다. 센서시스템은 모든 조건에서 점점 더 튼튼해지고 보다 상세한 표적정보를 추출할 수 있을 것이다. 물론 이러한 향상된 기능에 대처하기 위한 대책도 또한 향상될 것이다. VHF와 UHF 방송 및 통신 신호를 ‘기회의 조사기(Illuminators of Opportunity)’로서 이용하는 바이 스태틱(Bi-Static) 레이더 체계 및 멀티 스태틱(Multi-Static) 레이더 체계*가 개발될 것이며, 일반 시장에서 저비용 야간투시(Night Vision) 기기를 살 수 있게 될 것이며, 기술의 발전은 가격 인하로 이어지고 그 결과 다른 센서 기술의 발전이 확대될 것이다. 무기체계 내의 다중 센서 포착 및 추적기능이 일반화되었고 이제는 대부분의 신형 시스템에서 표준이 되고 있다. 이러한 센서들은 일반적으로 마이크로웨이브 및/또는 밀리미터파 레이더, 중간파장 또는 장파장 적외선 대역의 레이저 거리 측정기, 자외선 수신기 및 단파장 적외선과 가시광선 대역에서 작동되는 텔레비전 시스템으로 구성된다. 다양한 센서를 이용하여 획득한 정보로부터 사용자가 원하는 표적을 컴퓨터 프로세싱에 의해 자동적으로 표적을 인식하고 식별하는 자동 표적인식(ATR, Automatic Target Recognition)은 점점 더 널리 확산될 것이다.

ATR은 신속한 판단을 하여야 하는 영상분석가, 전투기 조종사, 탱크 조종사 등의 부담을 덜어 줄 수 있으며 또한 목표물 조준이나 정찰임무 수행에 있어 매우 중요한 역할을 담당한다.

합성개구 레이더(SAR, Synthetic Aperture Radar)**와 적외선 센서의 융합은 표적 인식 및 식별 성능을 크게 향상시킬 수 있으며 이를 위하여 센서 융합과 융합단계에서의 자동표적 인식 및 식별에 대한 기반 연구가 뒤따라야 할 것이다. 또한 이러

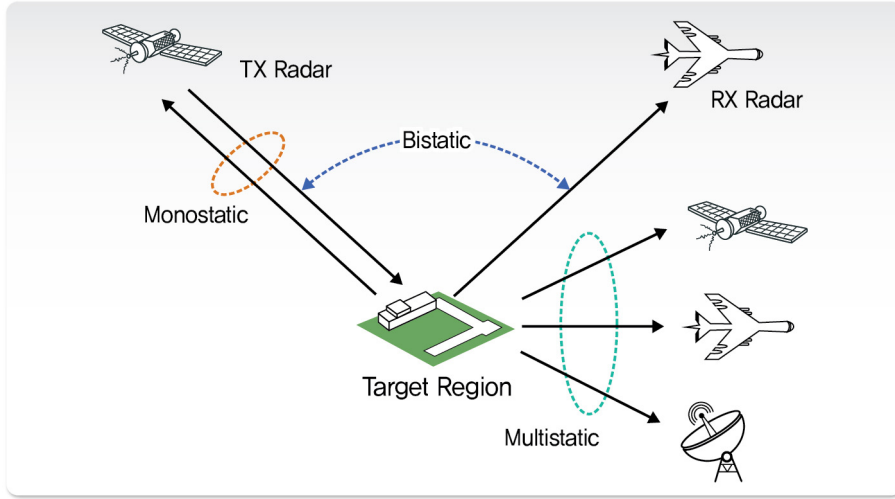
* Bi-Static 레이더 체계는 각 1개씩의 레이더 송신부(Transmitter)와 수신부(Receiver)가 목표물 탐지에 적합하도록 일정 거리로 이격되어있는 레이더이며, Multi-Static 레이더는 송, 수신부가 적어도 3개 이상인 레이더를 의미한다. 예를 들어 1개의 수신부와 2개의 송신부 또는 2개의 수신부와 1개의 송신부 또는 각각 2개 이상의 송/수신부로 구성된 레이더 체계임.

** 자상 및 해양에 대해 공중에서 레이더파를 순차적으로 방사한 후 레이더파가 굴곡면에 반사되어 돌아오는 미세한 시간차를 선착순으로 합성해 자상 지형도를 작성하는 레이더 시스템이다. 레이더를 사용하기 때문에 주, 야간 그리고 악천후에 영향을 받지 않는다. 1960년 때부터 주로 군용정찰 장비로 개발되기 시작했으며 1980년대에 들어와서 단순한 지형패턴이 아닌 이동목표 추적(MTI, Mobile Target Indicator)능력을 가지게 되었다.



한 능력은 ‘발사 후 망각(Fire-and-Forget)’ 모드로 발사되는 유도탄과 함께 발생하는 방대한 양의 디지털 데이터의 자율적인 분석 역시 지원할 것이다.

그림 3-24 Mono/bi/multi-Static Radar 개념도



적외선 검출기술은 기존의 탐지재료를 이용하여 해상도를 높이고 픽셀간 크기를 줄이면서 검출 성능을 증대시키는 방향으로 발전되고 있으며, 새로운 탐지소자를 이용하여 탐지성능을 향상시키는 기술을 개발하고 있다. 기존의 널리 쓰이는 탐지물질인 HgCdTe(MCT, Mercury Cadmium telluride)는 양질의 기관을 만들기가 까다롭고 취급하기가 어려운 면이 있어 대체물질에 관심을 가지고 있다.

또한 GaAs/AlGaAs 양자우물 적외선 검출소자(QWIP, Quantum Well Infrared Photodetector)는 77°K이하에서 동작하고 양자효율이 적은 것이 단점이지만 MCT보다는 탐지율이 우수한 것으로 보고가 되고 있다. 또한 MCT나 QWIP등은 고온에서의 작동에 한계가 있는 단점이 있어 최근 기존 소자의 제한조건에 영향을 덜 받는 T2SL(Type 2 Superlattice)형인 InAs/GaSb 소자가 대체기술로 부상되고 있다.

또한 더 많은 시스템들이 그들의 유도 시스템에 위성항법(SATNAV, Satellite Navigation) 기능을 갖추어 시스템에 전천후 공격이 가능하도록 하고 있다. 다중 분광 센서와 지원 알고리즘을 이용하여 불리한 환경에서의 무기체계의 조준능력도 크게

향상될 것이다. 이와 관련하여 몇 가지 새로운 흥미로운 기능이 현재 존재하고 있고 시장성이 확인되면 업계에 의해 곧 실용화될 수 있다. 디지털 수신기와 연산능력이 증가한다는 것은 소프트웨어 레이더(Software Radar)의 출현 가능성이 매우 높다는 것을 의미하며 이것은 저렴한 비용으로 현재의 시스템보다 훨씬 더 높은 신뢰성과 유연성을 제공할 수 있을 것이다.

그림 3-25 T2SL 소자를 이용한 온도별 중파적외선 영상



요소 레벨의 디지털화(Element-Level Digitization), 적응형 빔 형성 및 에너지 관리에 대해서는 어느 정도 기술이 성숙되어 있고 해군과 유도탄 방어 환경에서 실제 운용되고 있다. 이것은 즉시 지상 기반 공중감시로 확장되어 복잡한 전자적 수단 환경에서 관측성이 낮은 목표의 유연한 검출을 제공할 수 있다.

보다 고밀도의 센서 배치가 경제적으로 가능해짐에 따라 수동 비밀 레이더(Passive Covert Radar)에 관한 연구의 확산이 가능할 것이고 낮은 주파수의 사용과 다중 상태 형성으로 인하여 향상된 낮은 레벨의 감시와 낮은 관측성의 목표 검출 가능성과 함께 저비용 공중 감시 솔루션이 등장될 것이다. 일부 기업에서는 장거리 저고도 감시능력을 갖춘 HF(고주파) 레이더 시스템을 제안하고 있고 국경 넘어 수



천 킬로미터 밖이나 바다 건너 낮은 고도의 상황인식 능력까지도 확보할 수 있도록 할 수 있다. 이러한 시스템 중 일부를 2025년까지 이용할 수 있을지 여부는 기술적인 문제보다는 군의 자원과 우선순위 및 지각된 시장(Perceived Market)에 의해 더욱 좌우될 것이다.

3.5.1 전자전 지원책(Electronic Support Measures, ESM) 센서

ESM 데이터가 다른 센서 정보와 융합됨에 따라서 ESM의 위협 식별과 회피 역할보다는 감시 측면이 점점 더 중요성을 갖게 될 것이고 ESM 센서의 동향을 살펴보면 다음과 같다

- 안테나 기술 - 현대 알고리즘과 조립방법 및 안테나 배열의 디지털 신호 처리를 이용하여 개발된 발전된 안테나 구조를 통한 높은 이득, 동적인 방향성 및 더 넓은 주파수 범위
- 디지털 신호 처리 기술 - 스펙트럼 분석능력과 결합된 높은 주파수에서의 아날로그-디지털 변환은 향상된 감도, 시간 일치(Time Coincident) 신호의 검출 및 펄스 내부 분석을 제공한다.
- 전 세계에서 이용할 수 있는 정밀 시계는(예, GPS) 향상된 도착시간 차이(Time Difference of Arrival, TDOA)와 도착 주파수 차이(Frequency Difference of Arrival, FDOA) 방향 탐지 및 삼각 측량법을 가능하게 한다.
- 데이터 통신 - 고속 광대역 데이터 링크는 향상된 상황인식과 에미터(Emitter)의 지구 위치 확인을 가능하게 한다.

물론 Emitter 기술도 ESM 기술의 발전에 뒤지지 않기 위해 개선될 것이며 여기에는 구체적으로 다음이 포함된다.

- 방사 시간단축
- 저(低)탐지 확률(Low Probability of Interception, LPI) 신호
- 검출이나 추적이 불가능한 TV나 라디오 방송국으로부터의 신호를 사용하는 피동형 레이더 다만 통신은 탐지될 수 있음

일반적으로 미래의 군사작전에는 고해상도 영상 시스템이 이용될 것이다.

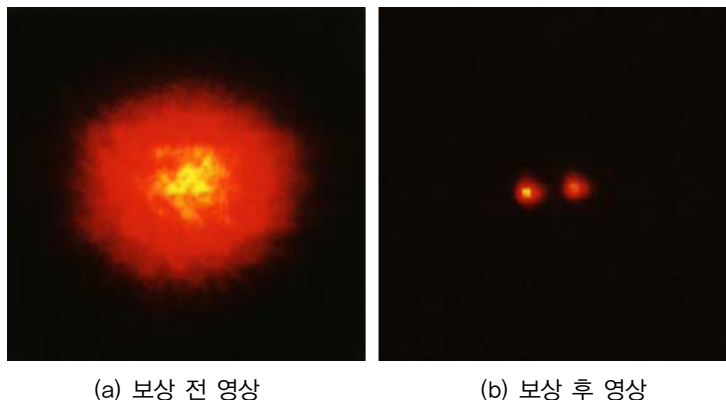
나노기술(Nanotechnology)은 작전지역에 폭넓게 분산된 매우 소형의 지속성 센서 네트워크를(스마트 더스트, Smart Dust) 지원할 수 있다. 오늘날의 기술로도 다양한 종류의 특정 스펙트럼의 센서 애플리케이션을 이용할 수 있고, 위에서 논의한 일부 기능을 수행할 만큼 견고한 장비가 개발되어 있으며 단지 구현만 남아 있는 상태이다.

미래의 전기 광학센서의 장점에는 영상 안정화와 환경 보상을 위한 적응광학(Adaptive Optics) 기술이 적용된 장치가 포함된 고해상도 영상 시스템이 포함될 것이다. 적응광학 기술을 이용할 경우 이것은 현재로서는 검출 불가능한 목표의 특징을 이용할 수 있고 보다 먼 거리에서 수동적 전투식별과 고해상도 영상에 의한 특정한 생체 측정 인식을(안면 표정, 몸짓, 걸음걸이, 키, 동공 분리와 같은 불변 거리 등의 생체 측정 검출) 크게 개선할 수 있을 것이다.

분광 민감 기술(Spectrally-Sensitive Technology)은 혼란스러운 배경의 목표와 위장된 목표를 검출할 것이다.

이러한 시스템은 자동 목표 인식기능의 지원을 받을 것이다. 이들은 맞춤형 강력한 스펙트럼 흔적(Signature)을 제공하는 분광방식의 맞춤형 입자 태그(Tag)를 검출할 수 있으며 그러한 흔적은 검문소/국경 통과 지점에서의 수상한 차량에 대한 태그 부착 또는 특정 환경에(방, 기지 등) 들어간 개인에 대한 태그 부착과 같은 다양한 시나리오에서 이용될 수 있다.

그림 3-26 적응광학 망원경 영상





예를 들어, 현재 고르곤 스테어(Gorgon Stare) 감시체계는 무인 정찰기 상에 운반 되도록 설계된 포드(Pod) 용기에 부착된 9대의 카메라로 구성되는데, 전투를 벌이고 있는 지상의 병사들에게 하늘에서 촬영한 영상을 실시간으로 전송할 수 있는 최신 무인정찰장비로, 각각 500kg에 이르는 두 개의 Pod로 구성되며 ‘MQ-9 Reaper’ 무인기 양 날개에 장착해 운용된다.

그림 3-27 초분광 영상감지 센서 개념도

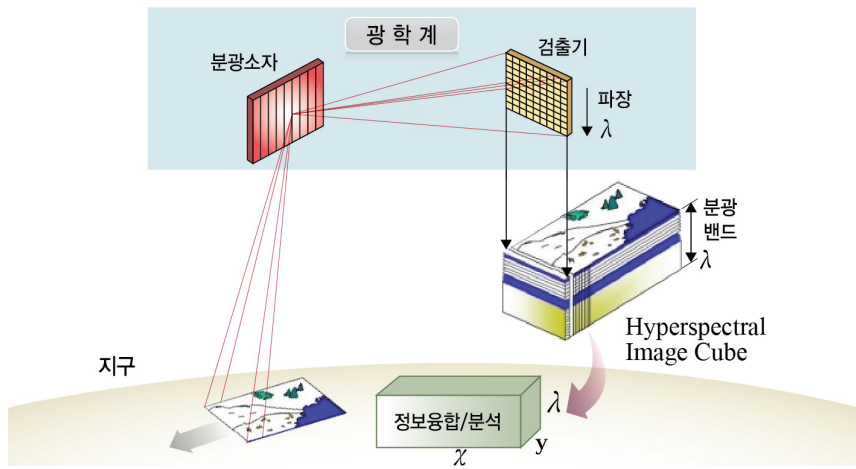


그림 3-28 고르곤 감시체계를 장착한 MQ-9 Reaper 무인기



이 체계는 “도시 크기” 면적의 전체 영상을 제공하도록 되어 있다. 전체 관찰 영역에 걸쳐서 차량이나 사람까지도 자동적으로 추적할 수 있는 잠재력을 갖춘 알고리즘에 대한 작업이 진행되고 있다. 따라서 시간이 지남에 따라 이러한 발전된 전기광학 센서에 의해 수집된 현저히 많은 양의 디지털 데이터를 분석하기 위해서는 전문가 시스템이 필요할 것이다.

3.5.2 우주기반 시스템

글로벌화와 기술의 확산을 통해 새로운 우주 경쟁자들이 등장함에 따라 이 분야에서 선진국의 기술적인 우위는 점차적으로 잠식되고 있다. 글로벌 요인과 국내적 요인은 전략적인 환경의 불안정성, 불확실성, 복잡성 및 모호성에 현저한 영향을 미치고 이에 따라 우주 시스템의 중요성을 강력히 부각시키고 있다.

주요 군사 선진국들은 통신, 항법, 정보 및 기상관측에 대해 우주에 배치된 시스템에 점점 더 의존하게 됨에 따라 만약 이러한 시스템을 상실하는 경우에는 중대한 취약성을 드러낼 수 있으며 이러한 취약성에 대한 주된 대응은 우주 상황에 대한 인식수준을 높이도록 요구하는 것이다.

정밀 위성 공격능력, 재밍(Jamming) 또는 위성체계로부터 도출되는 정보나 일반적인 우주공간에 대한 접근을 불가능하게 하고자 하는 전자파 펄스를 포함하는 그 밖의 방법을 개발할 수 있는 가능성으로 인해 신속히 대체 정보 제공원으로 이동하거나 이러한 정보 없이 운영할 수 있는 능력으로 이에 대처하여야 한다.

수 년 이후 글로벌 환경안보감시(Global Monitoring for Environment and Security, GMES)/코페르니쿠스(Kopernikus)*가 운영되기 시작하면 우주정보에 접근하지 않고도 작전을 고려할 수 있는 이러한 신뢰성과 대응되는 요구를 강화할 수 있을 것이다. 이와 관련하여 위성은 본질적으로 취약하고 중대한 군사적 기능에 관해 위성에 의존해서는 안 된다고 주장하는 이론적 학파도 존재하고 있다.

* EU의 코페르니쿠스 프로그램은 글로벌 환경안보감시(Global Monitoring for Environment and Security, GMES) 구상의 새로운 명칭이며 프랑스 릴(Lille)에서 2011년 9월 16-17일에 개최된 포럼에서 지구관측(Earth Observation, EO) 서비스의 첫 번째 패키지를 출범시켰다. 이러한 출범은 유럽의 환경과 안보요구를 위해 갈릴레오(Galileo)와 EGNOS의 사용을 부각시킨다.

<http://www.gsa.europa.eu/go/news/gmes/kopernikus-launches-ee-services>.



신속한 대안에는 위성을 다른 위성으로 교체하는 옵션이 있을 수 있다. 명령을 기다리는 백업위성을 보관궤도에 대기시킴으로써 위성의 신속한 교체가 달성될 수 있다. 이러한 백업시스템은 운영에 투입되기 전에 먼저 번 위성과 같은 운명에 처하는 것을 피하기 위해 가장을 하거나 어떤 방법으로든(장갑, 위장, 더 높은 고도 등) 보호조치가 있어야 할 것이다.

원래의 시스템이 상실된 후에 궤도에 새로운 시스템을 진입시킬 수 있는 저렴하고 신속한 발사옵션 또한 운영범위의 간극을 좁힐 수 있을 것이다.

만약 다른 위성의 목적을 파악하기 위해 위성을 찾아내고 조사할 수 있는 능력을 갖춘 우주 시스템이 있다면 우주에 배치된 위성 공격위성이 공격하기 전에 개입하는 것이 가능할 것이다. 민간 위성에 탑재되어 운반되는 패키지의 기능을 확장시키는 데 투자한다면 신속한 대체가 가능할 것이다.

또한 정찰위성을 현혹시키거나 시야를 가려서 광학장치나 초점면 배열에 영구적인 손상을 가져올 수 있는(적외선 또는 가시광선) 레이저의 사용을 방지하기 위한 방어 기능의 개발에도 우선순위가 주어져야 할 것이다.

우주자산을 보호하기 위해 센서의 방향을 관심 지역으로부터 돌리도록 강요할 수 있는 레이저 공격의 위협을 다루기 위한 요구사항이 있어야 한다. 합성 개구 레이더(Synthetic Aperture Radar)나 업링크/다운링크의 재밍(Jamming)을 처리할 수 있는 방법도 또한 개발할 필요가 있다.

우주비행선 탑재 SAR 체계는 단순 영상 레이더가 아닌 전자조향, 다중편파를 포함한 다기능 영상 레이더로서, 지상의 관측지역 관측 및 신속한 관측지역 변경이 가능하다. 이를 위해 대형 전개형 안테나와 유연성을 가진 PCB를 적용한 T/R 모듈 개발이 필요로 할 것이다. 부분적인 감시영역 커버리지를 제공하기 위해 장기 체공 UAV 또는 UAV 편대를 신속히 배치하면 위성을 대체하기 위한 그 밖의 조치가 취해지는 동안 지속적인 ISR(정보감시 및 정찰) 활동을 제공할 수 있다. 일부 상황에서는 공기 역학식 기구(Aerostatic Balloon)나 항공기보다 가벼운 그 밖의 장치를 사용하는 것이 적절할 수 있다. 신뢰할 수 있는 초지평선 전리층 후방 산란(Over-the-Horizon Ionospheric Backscatter) 레이더*의 개발도 대안이 될 수 있다.

* 단파대전파(短波帶電波)가 이온층에서 반사되어 도약전파(跳躍電波)하는 성질을 이용, 수백~수천 km의 장거리를 대상으로 하는 레

그림 3-29 미 해군의 정찰위성 MOUS-2



적절한 국제적 합의가 수정되고 존중될 수 있는 경우에는 달을 기지로 하는 ISR체계는 공격이 불가능한 우위를 제공할 수 있으나 달의 궤도로 인해서 허용되는 ISR 커버리지는 제한될 것이다.

인지 무선통신* 네트워크(Cognitive Radio Network)는 우주와 우주기반 요소들 사이의 통신을 불가능하게 하는 방해요소를 회피하기 위해 이용 가능한 다른 네트워크에 대한 우주연결을 재설정할 수 있는 능력을 가질 수 있다.

이와 유사하게 분산된 인지 프로세싱과 자율적 계산을 위한 자율적 및 자동적 패러다임을 개발하면 시스템으로 하여금 새로운 연결방법과 동적 환경 내에서의 임무를 지속하기 위한 예비수단을 추구할 수 있다. 지구 위치확인 데이터(GPS)가 정확하고 지속적으로 업데이트되는 자료 저장소가 개발된다면 실시간 공간정보의 일부 측면에 대한 대안을 제공할 수 있다.

이것은 특히 조준과 항법 임무에 관련될 수 있다. ‘강화된 구글 어스(Google Earth)’라고 부를 수 있는 이러한 능력은 동영상 저장과 검색, 홀로그래피 표현 및 인공지능 분야의 가능화 기술(Enabling Technology)의 개발을 필요로 하게 된다.

이더. 미사일 등이 이온층을 통과할 때 이온층에서 일어나는 산란파를 단파를 이용해서 탐지한다. 단파는 지구의 표면과 이온층 사이를 반사를 반복하면서 높으로써 지평선 너머에 있는 발사 직후의 미사일도 탐지할 수 있게 된다.

* 선순위 사용자에게 할당된 채널이라도 특정 시간, 특정 지역에서 사용되고 있지 않다면 자신의 통신에 활용하여, 고정적으로 할당받은 채널이 없어도 데이터를 주고받을 수 있도록 하는 것이며 기술을 구현하는 방식은 Underlay 기법과 Overlay 기법이 있다.



그림 3-30 SAR 체계 운용 개념도

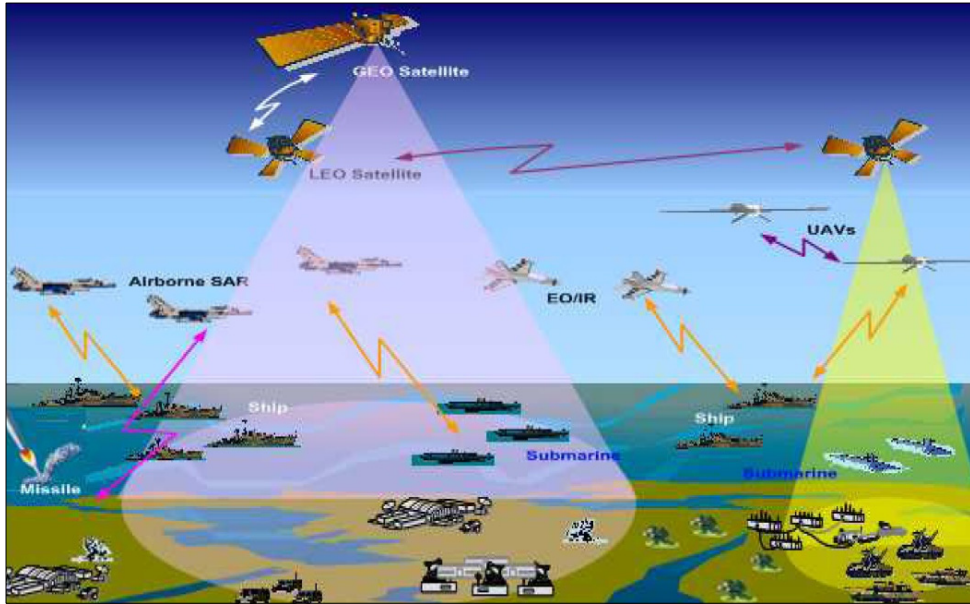
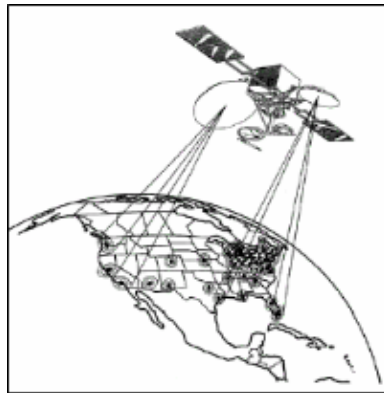


그림 3-31 Spot-Beam 레이더 개념도



물론 과거에 타당성이 입증된 관행은 특히 항법분야에서 유효하게 작동할 것이다. GPS 신호는 알려져 있는 고정된 주파수와 수신기에서의 매우 낮은 전력 레벨이라는 두 가지 이유로 인해 상대적으로 손쉬운 재밍(Jamming) 대상이기 때문에 우주 시스템의 지원 없이 운영될 수 있는 능력을 보유하기 위해서는 어떤 프로그램에서

나 훈련이 핵심적인 요소가 될 수 있다. GPS 이전 세대 장비와의 역방향 호환성은 비(非) R&T 대안이 될 수 있다. 우주시스템에서 전통적으로 취약한 지상 부분을 보호하는 것은 우주에서 얻어진 정보에 대한 접근을 유지하는 데 필요한 또 하나의 중요한 요소이다.

스팟 빔(Spot Beam)은 종래의 고정 빔보다 향상된 유연성을 제공한다. 스팟 빔은 정해진 영역에 고정되거나 필요한 경우에는 새로운 영역을 커버하도록 이동이 가능하기 때문이다. 스팟 빔은 보다 작은 영역에 방송 전력을 집중하며 이것은 위성과 지상 사용자에게 대해 의미 있는 이점을 갖는다. 전력을 절약하면 위성의 전반적인 능력이 향상되고 신호 전력을 높이면 보다 작은 지상 단말기를 사용할 수 있으며 신호 전력을 더욱 높이면 대기의 감쇠 영향에 대한 취약성이 낮아지기 때문이다.

3.6 연산 모델링(Computational Modeling)

최근 디지털화된 대량의 정보나 데이터를 이용해 개인과 집단의 행동 패턴 등을 분석하는 컴퓨터 사회과학(Computational Social Science)이 새로운 분야로 부상하고 있다. 이는 정보통신 기술의 발전이 견인한 네트워크 사회로의 진전이 가져온 현상이다. 개개인의 공적, 사적인 공간에서의 움직임과 행위와 관련된 모든 정보가 디지털화되어 종합적인 그림으로 모이면서 개개인의 일상생활은 물론이고 집단의 행동 패턴을 넘어 이제는 사회 전체 움직임에 대한 판독을 가능하게 하고 있다.

전문가 체계(Expert System)는 수집된 데이터의 질을 평가할 뿐 아니라 그것을 분류하고 범주화할 것이다. 패턴에 대한 검색과 PMESII(정치, 군사, 경제, 사회, 기반 구조 및 정보) 영역 전체에 걸친 수많은 분야의 지식기반 내의 귀중한 통찰을 자동화하는 네트워크/노드 분석과 그 밖의 알고리즘이 개발될 것이다. 바람, 파도 및 해류에 관한 데이터를 정보원, 정찰 및 기타 수단에 의해 수집된 해적의 습관에 관한 정보에 통합하기 위해 이러한 유형의 모델 형식이 오늘날 이용되고 있다.



여기에는 해적들의 소형 보트가 이동할 수 있는 거리, 그들의 공격 전술 및 습격 시점이 포함되며 이것은 장래에 어느 지역에서 해적 사건이 발생할 가능성이 가장 높은지를 평가하기 위한 것이다. 이러한 체계는 다양한 조건 하에서 현실적이고 예상하지 못한 행동을 예측하기 위해 의도, 동기, 목적, 목표 및 전략을 포착하는 개인/집단의 고충실도 모델의 구축을 허용함으로써 포괄적인 접근방식의 개발을 지원할 것이다.

복잡한 적응 체계로서 적과 아군 및 중립자의 모델링이 이루어지는 시스템 모델링의 시스템은 거동과 영향의 동기화를 가능하게 한다. 이것은 작전의 목표를 달성하기 위해 특정한 시스템에 중점을 두는 방법을 식별할 수 있도록 한다.

이러한 방법론은 행위과정(Course of Action, COA) 개발을 지원하기 위해 전략적 레벨에서 기술적인 레벨까지 모델의 다차원적 상호의존적 성격을 이해할 수 있도록 하며 이러한 행위과정의 개발은 시간적 영역을 감안하면서 동적 및 비동적 행위를 직접, 간접적, 누적적, 병렬적 영향 및 의도되지 않은 영향에 연계시킨다.

베이지안(Bayesian) 네트워크*, 통계적 분석 및 은닉 마르코프(Markov) 모델**은 이 분야에서도 유망하다는 것이 입증되었다. 인지 모델링은 운영자들에 의해 보다 용이하게 동화되는 방식으로 정보가 수집되어 형태화되고 제시되는 것을 허용한다. 대규모 다중 참여자 게임과 보강/혼합된 가상현실을 지원하기 위해 개발된 시각화(Visualization) 기술은 사용자가 지식기반으로부터 정보를 동화하고 적절한 조치를 취할 수 있는 능력을 개선할 것이다.

전투공간으로부터의 실제 영상과 동영상이 지리 공간 데이터베이스에 저장된 컴퓨터 생성 지형데이터와 함께 등록되고 가상환경으로서 표시될 수 있는 증강현실 기법은 상황인식을 향상시킬 것이다. 이러한 기술은 전략적 레벨에서 기술적 레벨까지 의사결정, 임무 리허설, 통신, 작전 계획 및 워 게임(War Game) 수행을 현저히 개선할 것이다.

* 위키백과에서 인용: 변수들의 집합과 그들 간의 확률적 의존성을 나타내는 확률그래프 모형. 베이즈, 네트워크에서는 추론과 학습을 수행하기 위한 효과적인 알고리즘이 수행한다. 음성신호나 단백질 순열과 같은 일련의 변수를 모형화하는 베이즈 네트워크를 동적 베이즈 네트워크라고 한다.

** 모델링하는 시스템이 미지의 모수(Parameter)를 가진 Markov Process일 것이라고 가정하여 그 가정에 기초해서 관측된 모수로부터 숨겨진 모수를 결정하려 하는 하나의 통계 모델

이러한 유형의 지식기반을 부대단위 수준까지 제공하는 것은 리치 백(Reach Back)을 통해 부대 수준의 인원들도 문화적, 정치적, 심리적 측정 및 생체 측정과 임무수행을 용이하게 하는 그 밖의 주제 사항의 전문지식에 접근할 수 있는 ‘라이프 가드(Lifeguard)’ 기능의 개발을 가능하게 할 것이다.

후방에 기반을 둔 전문가들과의 실시간 데이터 교환을 통해서 소규모 부대와 연관이 없는 특화된 기술적 집합이 요구되는 임무를 달성할 수 있을 것이다. 이러한 임무에는 인간 정보원 유효성의 평가, 언어 해석 및 문화적 평가가 포함된다.

마지막으로 이러한 유형의 시스템에는 조직적인 학습을 활용하면서 모호한 환경에서 활동할 수 있는 능력을 갖춘 적응성 있는 지도자의 교육과 훈련을 지원하는 몰입적 훈련환경을 구축하는 것을 가능하게 할 것이다.

전문가 체계는 작전과 연습에서 축적된 경험에 의해 구축된 암묵적인 지식을 가다듬어 전파할 수 있는 도구를 제공하는 동시에 명시적인 정보를 정리하고 이용할 수 있을 것이다. 적응성을 갖춘 리더십은 학습된 교훈을 수집, 해석 및 배포하는 조직적인 학습을 지원하고 그에 의해 환경 내의 위협과 기회에 대한 조직의 유연성, 적응성 및 탄력성을 높일 것이다.

전문가 체계는 또한 리스크 분석과 같은 분야도 지원한다. 리스크란 불리한 결과에 대한 가능성이나 확률을 가리킨다. 리스크의 개념은 군사 환경에서 결정 문제의 무한 집합에 적용될 수 있다. 지난 수십 년에 걸쳐 리스크 분석 분야는 프로세스의 이해를 개발하기 위한 방식을 포괄하고 리스크와 불확실성의 범위와 성격을 형성하면서 발전되어 왔다.

환경 내의 복잡성이 증가하면서 새로운 유형의 리스크가 등장하였으며 여기에는 새로운 리스크 발생원(예, 사이버 보안 리스크), 조합된 효과로부터의 리스크, 종속적인 결과로부터의 리스크 및 새로이 등장하는 위협으로부터의 리스크가 포함된다.

주요 구성요소 분석(PCA, Principal Component Analysis)*은 한 집합의 데이터 내의 가변성을 축진하는 주요 구성요소를 결정하는 데 사용될 수 있는 중요한 도구이다. 이것은 의사결정자로 하여금 결과에 가장 큰 영향을 미치는 주요 구성요소에 관

* 데이터 집합을 분석하는 기법의 하나로서 원 변수에 의해 주성분 변수를 구하고 일부 주성분(Principal Component)에 의해 원 변수의 변동이 충분히 설명되는지 알아보는 기법



한 조치와 부족한 자원의 우선순위를 부여할 수 있도록 한다. 의사결정자는 복잡한 문제를 더 단순한 구조로 축소시키면서 리스크를 다루기 위한 전략을 개발하는 데 보다 유리한 입장에 서게 될 것이다.

복잡한 적응 체계(Complex Adaptive System)에 관한 새로운 사고는 빠르게 발전하는 환경에서 리스크 구조 분석을 가능하게 한다. 정보통신기술의 발달과 함께 대규모 데이터가 축적되고 컴퓨터의 연산 능력이 비약적으로 향상되어 ‘복잡한 현실을 그대로 재현하고 예측한다’는 시스템 역학(System Dynamics) 또는 행위자 모델(Agent Model)과 같은 복잡계 방법론을 현실에 적용할 수 있을 것이라는 기대가 높아지고 있다. 그러나 아직까지는 현실을 완벽히 재현하기에는 데이터도, 연산능력에도 한계가 있다는 점이 나타났다.

행위자 기반(Agent-Based) 모델링*, 고급 시뮬레이션 및 시스템 역학(Systems Dynamics)은 리스크에 대한 적절한 대응을 개발하기 위한 도구를 제공하며 유효한 인간, 사회, 문화적 및 행동 모델은 리스크의 보다 완전한 기술(記述)을 가능하게 한다.

게임 이론은 적의 의사결정 문제와 아군의 의사결정 문제 사이의 불가분의 관련성을 규명하기 위한 기본적인 프레임워크를 제공함으로써 그러한 분석에 도움이 될 수 있다.

3.6.1 모델링 이론 기술

연구되고 있는 한 가지 구체적인 모델링 이론 기술 분야는 행위자 기반 모형이다. 모델링의 가장 흥미롭고 개선된 형식의 일부에는 소위 “행위자 기반 체계”가 관련되며 이러한 시스템에서는 상대적으로 단순한 속성과 거동을 갖는 낮은 수준의 실체가 집합적으로 복잡하고 현실적인 “새로운” 시스템 거동을 만들 수 있다. 이러한 유형의 모델 개발을 개선하면 일반적으로는 복잡한 적응 체계의 이해와 특정하게는 군사 C2(명령과 통제)의 이해에 대한 잠재적인 강력한 접근으로 이어질 수 있다.

* 사회경제계의 거시적인 구조와 양식의 발생을 그 시스템을 구성하는 행위자들의 미시적인 상호작용(Interaction)으로부터 상향식(Bottom-up)으로 찾아가는 Simulation 기법으로서 사회과학에서 다루는 개별 주체를 하나의 행위자(Agent)로 표현하고, 이들의 사회 내 행동을 모사하는 컴퓨터 Simulation 모형이며 사회변화 원리와 동학을 규명하는 것을 목표로 하는 모형이며 지능형 자율 에이전트(Intelligent Autonomous Agent) 모형이라고도 표현함.

3.6.2 고급 방법론 기술(Advanced Methodology Technology)

전시의 전투와 평시의 지원운영 모두 점점 더 복잡해지고 있다. 적에 대한 예측성은 낮아지고 그 성격도 비대칭적이 되고 있으며 고전적인 기반 모델은 이러한 비대칭적 측면의 필요한 요구를 충족시키지 못한다.

따라서 모델화되는 상황의 보다 큰 불확실성을 다루기 위해 고급 방법론이 필요하다. 시뮬레이션을 준비할 때 아무리 주의를 기울인다고 하더라도 특정 속성과 상호작용에는 어느 정도의 불확실성이 존재할 것이다. 흔히 불확실성에 의해 문제가 지배된다. 불확실성은 시뮬레이션 출력의 큰 불확실성으로 이어질 수 있기 때문에 불확실성을 특성적으로 식별하고 전파를 추적할 수 있는 방법이 필요하다.

이것은 구성요소들의 불확실성이 비직관적이고 예측할 수 없는 방식으로 상호작용할 가능성이 있는 비균질, 비선형 동적 시스템에서 특히 문제가 될 수 있다.

• 불확실성 하의 탐색적 분석

고정된 조건의 한 집합에 대해 시뮬레이션을 수행하는 것은 일반적으로 만족스럽지 못하다. 흔히 시스템 전체에 걸친 대규모 불확실성이 존재하기 때문이다. 한 번에 한 개의 변수를 기반으로 하는 정상적인 민감도 분석도 상호작용 효과로 인해 충분하지 않다.

이때 중요한 연구 분야는 시뮬레이션 결과 공간을 탐색하고 흥미 있는 체제(Regime)를(예, 작전에 대한 높거나 낮은 리스크, 혹은 특히 무기 성능의 비용 대 효과나 수용 불가능한 성능의 높거나 낮은 리스크를 대표하는 체제 등) 탐색하기 위해 현대의 컴퓨터 능력을 이용하는 방법을 개발하는 것이다.

이러한 연구는 모델, 검색엔진 및 가시화 방법의 설계와 관련이 있다. 이것은 의사결정자로 하여금 흔히 일반적인 결과로 나타나는 최선의 추정결과를 요구하기보다는 “시나리오 공간”에서 많은 가정들로 인하여 전략의 결과가 각각 어떻게 달라질 수 있는지를 요구하도록 권장하기 때문에 분석과 의사결정에 대해 보다 기본적인 관련성을 갖는다.

이것은 운영과정에서 “위험한 체제”를 피해야 할 필요성에 관심을 집중시킴으로써, 가장 중요한 정보의 검색에 관심을 집중시킴으로써, 그리고 헤징(Hedging)과 적



응성 양쪽에 대한 요구를 강조함으로써 도움이 될 수 있다. 물론 이러한 접근방식은 가공적인 최적 상태를 찾고자 하는 것과는 상당히 다르다.

• **해설 능력(Explanation Capability)**

이 능력은 결과로 이어진 논리의 흐름을 표시함으로써 시뮬레이션의 결과를 설명하는 데 도움이 된다. 이러한 능력의 실현은 공식적 의미에서도 개별 사용자를 만족시키는 데 있어서도 시뮬레이션의 검증, 확인 및 인정(Verification, Validation and Accreditation, VV&A)의 달성에 중심적인 역할을 할 것이다.

이러한 능력은 야전 지휘관, 관리자 및 엔지니어에게 중요하다. 예를 들어, 행동 과정을 평가하기 위해 M&S(모의분석)를 이용하는 지휘관은 다음을 알아야 한다. 어떠한 가정에 의해 시뮬레이션 결과가 결정적으로 좌우되는가? 이러한 가정을 수정하고 시뮬레이션을 다시 실행할 것인가? 그러한 능력은 개발에 많은 비용이 소요되지만 요구되는 능력은 일반적으로 더욱 큰 가치를 갖기 때문에 상업 부문에서 충분히 개발이 가능하다.

3.7 **로봇체계**

미래의 플랫폼은 더 많은 로봇기능을 포함할 것이며 원격제어 플랫폼으로부터 보다 자율적인 플랫폼으로 진화할 것이다. 앞으로 업계는 인구구조로 인해 노인층에게 서비스를 제공하고 특히 로봇에 적합한 3D(Dull, Dangerous, Dirty, 단조롭고, 위험하고 더러운) 작업과 3H(Heavy, Hot, Hazardous, 무겁고, 뜨겁고, 위험한) 작업을 위한 기능을 개발하도록 요구될 것이다.

로봇은 이러한 유형의 임무를 수행하기 위해 시각, 지형에서의 위치확인, 소통, 정보공유, 환경 스캐닝, 특정 형태의 논리나 교수법에 기반을 둔 의사 결정과 같은 핵심적인 능력을 개발해야 할 것이다.

그림 3-32 급조폭발물 원격 무력화용 레이저 파괴기



3.7.1 로봇체계 대 인간

봉급뿐만 아니라 연금과 그 밖의 혜택 및 변화하는 인구구조(Demographics)를 포함하여 급속히 상승하는 인건비와 인구의 노령화, 징집 인구기반의 감소 및 군복무에 대한 시각변화 등을 모두 감안하면 많은 사람을 고용하는 것은 비용 효율성이 점점 더 떨어지고 있으며 이것은 필요한 시점까지 손쉽게 장기간 보관이 가능하여 운영 및 유지보수에 거의 비용이 소요되지 않는 기계를 구입하는 것과 대비된다. 로봇은 세계 각지의 여러 병참기지에 미리 배치가 가능하기 때문에 실제 배치시간이 절약된다.

로봇공학의 주요 연구 분야 중 하나는 볼 수 있는 능력, 즉 기계시각(Machine Vision)이다. 컴퓨터 시각은 로봇/인간 상호작용을 추진하고 정확한 언어인식(Speech Recognition)/생성 기능과 결합될 때 소통 루프를 완성하기 때문에 중요한 애플리케이션이다.

정확도가 향상된 애플리케이션이 개발되었으며 이것은 증강된 계산능력과 새로이



개발된 수학적 알고리즘에 의해 실현되었다. 최근의 방대한 양의 디지털 사진을 시험에 이용할 수 있게 됨으로서 이 분야의 발전을 더욱 촉진하였다.

그림 3-33 국내 기술에 의해 실용화 단계에 있는 외골격 로봇 ‘하이퍼’ (생기원)



이것은 몇 가지 계산 방법론을 조합하는 경우에 85% 수준의 시각 정확도를 구현하였다. 이제는 로봇이 남성/여성, 장발/단발, 모자의 착용 여부 및 승마/자전거 타기/전화 통화와 같은 여러 가지 행동을 구별할 수 있게 되었다.

그리고 미래학자들은 로봇이 서버에 저장되어 있는 뇌(로봇기능) 자체를 다운로드 받음으로서 로봇이 수행할 수 있는 능력범위가 결정될 것으로 전망하고 있다. 즉, 미래 로봇이 스마트폰과 유사한 하나의 매체가 되면서 애플사의 앱 스토어처럼 로봇 소프트웨어 시장이 크게 열릴 것이다.

이와 같이 로봇은 인간능력을 점점 더 보강하여 3D 환경에서 작업하는 군인들을 더 강력하고 재빠르게 만들 것이다. 외골격 군복(Exo-Skeletal Suit)은 인간 전사들로 하여금 더 많은 장비를 더 먼 거리로 더 장시간 운반할 수 있도록 할 것이다. ‘짐 나르는 노새(Pack Mule)’ 로봇은 부대의 군수품과 장비수송을 지원할 것이다. 미국

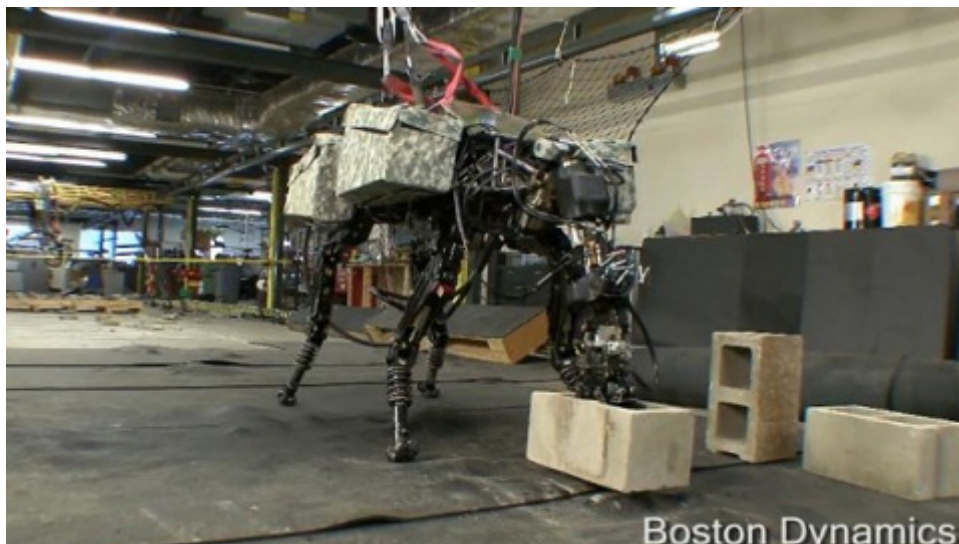
Boston Dynamics 사에서 개발 중인 ‘BigDog’은 험지에서 최대 340파운드(154kg)의 짐을 운반할 수 있으며, 몸통의 자세와 가속도, 관절구동기(Joint Actuators)의 동작과 강도를 측정하는 50개의 센서 집합체를 사용하여 똑바로 선 상태의 유지 및 지형에 따른 보폭 조절이 가능하며 최근 뛰어난 조정력과 강도 및 균형이 요구되는 콘크리트 블록을 구석으로 던지는 동작 기술시연에 성공한 바 있다.

무인 항공기(Drone, 드론)는 감시와 화력지원을 위한 정찰을 제공할 것이다. 강력한 계산 시스템과 알고리즘은 교수법과 향상된 기계학습(Machine Learning)을 통해 로봇체계 내의 일정한 수준의 의사결정을 가능하게 할 것이다.

나중에는 시스템이 명령된 임무를 수행하기 위해 가능한 행동과정을 평가하는 “사고(思考)”를 수행하는 것까지 가능해질 것으로 전망하고 있다. Stephen Hawking 박사는 ‘인류가 유전자 구성을 변경하여 DNA를 변경함으로써 스스로 재설계하지 않는다면, 컴퓨터가 만든 로봇들이 세계를 장악하게 될 것’이라는 가설을 내놓았다.

이는 실현이 된다고 하더라도 분명히 먼 미래의 이야기이고, 논쟁의 소지가 있기는 하지만, 최소한 전장에서만큼은 나쁘지 않을 수 있다.

그림 3-34 4족 로봇 ‘BigDog’이 블록을 뒤로 던지는 신기술 시연 장면





3.7.2 무인지상차량(Unmanned Ground Vehicle, UGS)

무인지상차량의 개발은 전장에 군사력을 유지하는 데 필요한 다량의 군수품 공급을 지원할 것이다. 일반적으로 모든 연료, 물 및 그 밖의 보급품을 특정 중심 지역으로부터 전역(戰域) 전체에 분포된 군부대로 수송해야 한다.

이것은 노동집약적인 작업으로 최근의 작전 전역에서는 더욱 위험한 일이 되었다. 이것은 차량이 일정 수준 안전하게 운영될 수 있는 정적 상태의 전선과 후방지역으로부터 수송선이 보다 쉽게 공격받을 수 있는 분산된 비접적(非接敵) 운용으로 전환되기 때문이다. 자율적인 능력이 있으면 이러한 위험한 임무에서 군 운전자나 하청 운전자를 제외시킬 수 있고 적절한 시기에 이르면 군용 보급품의 보다 효율적인 이동이 가능해질 것이다.

이러한 기술을 상업적인 용도에 전용한다면 차량사고와 도로 정체를 감소시키게 될 것이다.

미래전에서의 UGS는 화학적, 생물학적, 방사선적, 핵 조기 경보를 포함하여 경계선 방어, 감시정찰, 타겟, 위치 인식 기능을 수행할 것으로 보인다. 또한, 미래전 프로그램은 소모성 이미지와 비이미지(Non-Imaging) 센서, 지진, 음향, 전자기적 센서를 포함해 원격 센서 기능을 갖추게 될 것이다. 회수 가능한 센서들은 표적 인식, 원격 조정, 게이트웨이 제공, 신호처리, 연합 능력 등을 갖춰 더 똑똑해질 것이다.

이러한 센서들로 인해 미래 병사 지휘자의 감시 정찰 이미지 능력이 크게 신장될 것으로 보인다. 무인지상차량의 지속적인 개발은 복잡한 작업이다. 이러한 능력을 실현하는 데는 추진 장치, 데이터 전송, 센서 및 컴퓨터 시각과 같은 다양한 분야의 개선이 필요할 것이다. 더욱이 일정 수준의 의사결정을 필요로 하는 무인지상차량의 임무 수행과정에는 여러 가지 문제가 동시에 해결되어야 할 것이다.

미지의 지형에서 움직이는 차량에는 지형인식, 불확실한 지역에서의 위치확인, 장애물이 있을 수 있는 환경의 스캐닝과 같은 문제가 제기되고 보다 높은 수준의 데이터처리가 필요할 것이다. 2012년 말, Insitu사의 호주기반 자회사인 Insitu Pacific 사는 McQ iScout 무인지상센서(UGS: Unattended Ground Sensor)와 OmniWatch 기술을 ScanEagle 무인기에 성공적으로 통합했다. 이러한 통합을 통해 UGS 표적 탐지



경보가 ScanEagle의 I-MUSE(Insitu Multiple UAS Software Environment) 운영체계에
서 새로운 표적으로 자동 도시될 수 있다.

그림 3-35 McQ 지상 센서와 통합된 ScanEagle



인공지능(Artificial Intelligence, AI)의 개발은 차량 사이의 정보공유에 의한 상황인
식을 개발할 수 있는 전반적으로 향상된 호위능력에 의해 지원을 받으며 이러한 어
려움의 일부를 해결할 것이다.

자율적이거나 원격 제어되는 소형 무인차량의 ‘스웜(Swarm, 벌떼)’을 만들 수 있
는 기술이 가시화되고 있다. 상대적으로 단순한, 그리고 즉시 이용할 수 있고 신경
네트워크와 같은 자율 제어체계를 갖춘 상대적으로 단순한 로봇의 집단이 상당히
복잡한 목표를 달성하도록 협조할 수 있다는 것이 입증되었다.

3.7.3 무인항공체계(Unmanned Aerial System, UAS)

로봇방식 항공체계의 이점이 인식됨에 따라 근년에는 로봇체계에 대한 투자가 현
저히 증가하고 있다. 현재 미 공군 전력의 50%가 무인기에 의존하고 있는 것으로



분석이 되고 있다. 미래의 UAS는 레이더 정보 흔적을 감소시켜 탐지확률을 낮추도록 설계될 것이고 이렇게 되면 특히 위험한 임무를 수행하는 것이 가능해진다. 무인기의 임무는 주로 전술적 정찰에 초점을 맞추었다. 그러나 무인기의 임무수행 범위는 ISR 및 전투공간 인식 임무 영역내의 대부분의 능력들을 포함하도록 확장되어왔다.

또한 무인항공체계는 군이 실시간 표적획득 및 처리를 위해 다중 타격 임무를 수행할 수 있는 무기체계를 배치함에 따라 타격 임무에서 그 역할이 더욱 커지고 있다. 이들의 임무시간(On-station) 또는 지속시간은 항공기의 연료용량에 의해서만 결정된다. 감독 제어의 발달은 한 명의 조종사가 조종할 수 있는 항공기의 수를 증가시킬 것이다.

최근 미 해군연구소(NRL)는 연구소에서 자체 개발한 극저온 저장 액화수소 연료 전지를 동력원으로 한 “Ion Tiger” 무인기의 비행지속시간이 48시간 1분을 기록함으로써, 5,000psi 가압수소 가스를 사용한 종전의 26시간 2분의 비행지속시간 기록을 갱신하였다고 밝힌 바 있다.

그림 3-36 액화수소 연료를 이용한 Ion Tiger 무인기의 비행 모습



또한 인공 지능에 의한 온보드 처리의 향상은 운영자에 대한 분석 요구를 점차 감소시킬 것이며, 인간은 예측 가능한 미래까지만 의사결정 루프에 계속 남아 있게 될 것이다.



이러한 UAS는 수학적 알고리즘을 이용하며 이러한 알고리즘은 자동 목표인식 시스템을 기반으로 하는 의사결정 지원을 부분적으로 가능하게 한다. 목표를 볼 수 있는 능력은 컴퓨터 시각의 향상에 의해 촉진될 것이며 2030년까지는 무인 항공기들이 상호 연료보급이 가능하게 되어 운용 지속시간을 더욱 증가시키게 될 가능성이 있다.

최근 미 해군이 사상 처음으로 항공모함에서 이륙에 성공한 무인기 X-47B는 한번 급유로 6시간 동안 3,000km를 비행할 수 있으며 2톤의 무기를 탑재할 수 있고, 기존 무인기와는 달리 이·착륙에 필요한 기동을 자동으로 수행하며 휴대용 단말기로도 조종이 가능하다.

특히 지금까지의 무인기는 육상에서 출격했기 때문에 해당 국가의 승인을 받아야 했으나 이제는 항공모함에서 출격이 가능하므로 언제 어디서나 마음먹은 대로 무인기 공격이 가능해짐으로써 무인기 작전운용에 새로운 지평을 열었다고 할 수 있다.

그림 3-37 항모 이륙 중인 X-47B 무인기



미국의 록히드마틴사와 노드롭그루먼사는 극비리에 100,000피트 상공에서 시속 4,000마일의 극초고속으로 비행할 수 있는 “Super Drone”을 개발하고 있다. “SR 72” 또는 “Aurora”라고 불리는 이 무인기는 2020년 이후 개발이 완료될 것으로 전해지고 있다.



그림 3-38 미국에서 개발 중인 “Super Drone” 개념



3.7.4 무인해양체(Unmanned Sea Vehicle)

무인수상정(USV)은 무인잠수정(UUV)과 더불어 기뢰대항책(Mine Counter-measures, MCM)이 수반하는 ‘더럽고, 지루하고, 위험한’ 임무들을 수행하는데 특히 적합하기 때문에 기뢰대항책을 수행하는데 중요한 역할을 할 것이다. 무인수상정들은 집요함과 지속성으로 광범위한 기뢰탐색 및 제거 능력을 제공하고 보조 또는 전용 플랫폼의 효과성을 증대시킴으로써 더 낮은 비용을 가능하게 한다.

또한 무인수상정은 기존에 기뢰전 임무를 수행하지 않은 플랫폼에 기뢰대항책 능력을 지원하는 잠재력을 가지고 있다. 해군은 이미 현대 방공체계가 격퇴시켜야 할 고속의 많은 인바운드(Inbound) 표적에 의해 초래되는 자율체계에 대한 일부 경험이 있다. 일부 경우에 이것은 인간의 관여를 필요로 하지 않는다. 인간이 이용 가능한 주어진 제한된 시간 이내에 이러한 유형의 표적을 평가하고 관여하는 것이 불가능하기 때문이다.

USV를 대해적작전에 투입할 수 있으나, 다음과 같은 이유로 당장은 어려울 것이다. 첫째, 국제해양법 및 교전규칙에 따르면 해상에서의 무기사용 및 통제는 심각한 문제를 야기할 수 있다. 둘째, 무기와 인화물질을 함께 보관해야 하는 문제. 셋째,

USV의 진수 및 회수 시 문제 발생 가능성. 넷째, USV를 운용하기 위해 요구되는 전문성은 대부분의 상선 승조원들에게는 생소한 것으로, 법적책임이나 비용 및 훈련 등에서 문제가 되는 제한요소를 안고 있다. 그렇다면 방법은 없는 것인가?

USV는 해군 함정에서 진수되면 정보, 감시, 정찰(ISR) 임무 수행능력을 확장시키는 좋은 툴이 될 수 있다.

그림 3-39 수상함의 USV 운용 개념도



살상무기의 사용이 불가피해질 때까지는 비살상무기가 운용될 것이다. 해역을 지속적으로 순찰함으로써 해적이 접근하기 전에 경계경보에 신속히 대응할 수 있도록 하는 데 USV가 운용될 수 있다.

또한 USV가 순찰활동 중 수집하는 전자정보는 이후 법정 소송을 위한 자료 수집에 큰 도움이 된다. 동아프리카 해적들의 활동이 점점 증가하고 있는 상황에서 이들이 야간 습격을 보다 능숙하게 수행할 수 있게 될 것이라는 짐작은 당연하다. USV는 이러한 위협에 대처하는 데에도 도움이 될 것이다. USV가 해적문제를 해결할 수 있는 만능의 대안은 아니지만, 방어와 공격 면에서 동시에 대응할 수 있는 효과적인 수단으로 대두될 것이다.

민간과 군사목적을 위한 자율 잠수정(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)이



제작되어 왔다. 현재의 AUV와 개발되고 있는 AUV의 용도에는 기뢰탐지와 정찰, 해저감시 및 해양데이터 수집이 포함된다. 자율무인선박(Autonomous Surface Sea Vehicle, ASSV)은 마약밀수에 이용되는 반잠수식 장치의 탐지와 수송수단과 관련된 대량 살상무기의 잠재적인 운반 및 테러분자나 불법 이민자의 색출과 같은 장래의 용도에 더 많은 관심을 끌게 될 것이다. ASSV의 장래 추진 시스템은 해양의 운동(즉 파도)과 같은 환경에너지 공급원과 태양, 수소, 풍력 및/또는 조력(潮力)과 같은 광범위한 대체 신재생 동력원을 이용할 것이다.

미국 샌프란시스코 대학의 생태계 기술단(USF EcoSystems Technology Group)은 연안 환경에서 센서 패키지를 운용하기 위해 태양에너지 무인잠수정(SAUV: Solar-powered Autonomous Underwater Vehicle) Tavros AUV를 운용하고 있는데 완전 자율형인 Tavros SAUV의 가장 두드러진 특징은 태양전지판을 탑재하고 있어 운용 지속 시간의 제한이 거의 없다는 점이다.

해양의 멀리 떨어진 장소와 험악한 환경에서 자급자족이 가능하고 재보급이 필요하지 않다는 점 때문에 ASSV는 바다에서의 은밀한 정보/정찰 및 감시(ISR, Intelligence/Surveillance and Reconnaissance) 임무에 이상적이다.

그림 3-40 Tavros SAUV





그러나 향후 무인해상체계의 잠재력을 완전하게 실현시키기 위해 필요한 기술적 탐구를 확대하여야 하는 분야는 내구성, 수중 C2 및 교전 회피, 열악한 환경에서의 생존력, 발진과 회수, 동적 임무 수행, 검색(조회), 데이터 전송을 위한 통신 기술 등이 있다.

이미 배치된 1세대 무인해상체계의 경험과 기여를 바탕으로 무인해상체계는 유인 함정들과 잠수함들의 센서 체계들을 위한 단순한 연장 역할부터 자율성 확대를 통해 완전한 임무능력을 제공하는 기반으로 변화가 진행 중이다.

3.7.5 무인로봇체계의 상호운용성

무인체계의 잠재력을 극대화하기 위해 무인체계들은 서로 원활하게 공중, 지상, 해상 영역 전반에서 유인체계와 함께 운용될 수 있어야 한다. 시스템 상호운용성은 이러한 목표들을 달성하는 데 중요하다. 적절하게 시행이 된다면, 상호운용성은 전력 승수의 역할을 수행하고 합동 전투능력을 개선시키며 통합시간을 줄이고 군수지원을 단순화시키며 총소유비용(Total Ownership Costs, TOC)을 줄일 수 있을 것이다.

여러 영역에 걸쳐 전투원들이 끊임없이 지휘·통제·통신하고 무인체계로부터의 센서정보를 이용하고 공유할 수 있는 것은 분명한 이점을 가지고 있다. 최근 미국 국방부 무인항공체계(UAS) TF는 무인 체계 상호운용성 이니셔티브를 주도하면서 유인 및 무인체계의 전 영역에 걸쳐 활용할 수 있는 전략을 수립하는 장기 비전을 가지고 무인체계의 상호운용성을 높이기 위한 중요한 전략을 개발하고 있다.

국방부의 목표는 각 군/기관의 독특한 단독능력으로부터 상호운용성 표준을 실질적으로 개선시키는 방향으로 나아가는 것인데, 이렇게 되면 보다 개선된 협력적 작전 환경을 이끌어낼 수 있을 것이다.

역사적으로 볼 때 지금까지 무인시스템은 여러 제조업체에 의해 다양한 모델들로 개발되어 배치가 되어왔으며 미국의 경우 예산 면에서도 2002년에 2억 8,400만 달러에서 2010년에는 30억 달러로 10배 이상, 운용 무인체 규모로는 40배 이상 증가하였으며 앞으로 이러한 증가 추세는 지속될 것으로 전망이 된다.

이와 같은 획기적인 컴퓨터 Code-based 소프트웨어는 전투원이 모든 종류의 무인 시스템 자체 작동에서부터 장비나 무기탑재에 이르기까지의 모든 조종/통제가 가능하도록 할 것이다.

미래 언젠가는 해군 병사가 공군의 무인항공기를 조종한다거나, 공군 병사가 해군의 무인체를 또는 해병대 병사가 육군의 플랫폼을 조종하는 날이 올 것이다. 기존의 내장된 컴포넌트와 시스템을 제거하여 시스템 자체를 단순화하고, 구매나 훈련과정도 단순화함으로써 비용절감 효과도 기대할 수 있을 것으로 전망을 하고 있다.

부가적으로 시스템에 의해 획득된 모든 데이터들은 클라우드 컴퓨팅 환경 내에 저장될 것이며 또한 모든 사용자들이 이를 신속하게 접근하여 운용할 수 있도록 투명하게 관리될 것이다.

그림 3-42 무인체 통합 조종/통제 개념도



3.7.6 군사작전에 대한 무인체계 기술의 영향

군은 최근 작전에서 적 병사와 폭발물이 숨겨진 터널, 동굴 및 건물을 탐색하는데 로봇을 이용하고 있다. 로봇은 경계임무를 수행하면서 지치지 않기 때문에 특히 감시기능에 적합하다. 로봇에 의한 화생방 물질의 탐지와 식별 및 사후결과 관리의 대량 살상무기 확산과 넓은 면적을 사람이 살 수 없도록 만드는 그러한 무기의 능력에 대해 특히 중요해질 것이다.



이것은 산업현장 사고 가능성에 대비해 직접적으로 민간에서 활용될 수 있다. 기술의 발전은 더 작고 더 민감한 시스템의 개발을 가능하게 할 것이다. 곤충형 로봇은 그 특성상 초소형으로 최상의 은밀성(Stealth)을 가지며, 생명체의 고도감지(Sensing) 메커니즘 응용을 통한 감시정찰 능력의 획기적 향상, 소금쟁이 로봇과 같이 특수한 환경에서의 임무 적용이 가능한 로봇 등 다양한 형태로 개발이 진행되고 있다.

그림 3-43 초소형 곤충로봇(Robot Bee)

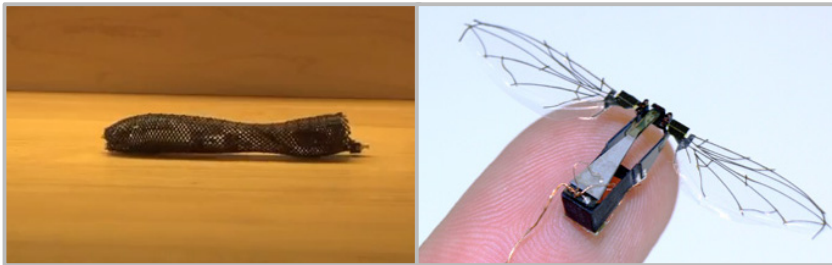


최근 세계에서 가장 작은 로봇인 ‘Robot Bee’가 개발되어 관심이 쏠리고 있다. 몸체길이는 백 원짜리 동전만 하고 무게는 0.1g도 되지 않는 그야말로 실제 곤충과 다를 바 없는 극소형 로봇이다. 가벼운 탄소섬유로 된 날개는 1초에 120번의 고속으로 움직이면서 비행을 하는 ‘로봇비’는 재난구조나 농작물 관리 등의 민간부분에 이용하는 목적으로 개발되었지만 향후 군사 분야에도 활용이 충분히 가능할 것이다.

미 국방고등연구소(DARPA)에서는 손톱만한 크기의 지렁이 형태의 로봇인 “Meshworm”과 반딧불의 외형과 크기를 닮은 초소형 로봇을 개발하고 있다. “Meshworm” 로봇은 지렁이가 이동하는 동작을 그대로 모방하면서 아주 작은 크기의 목표물 내에 조용히 진입하여 내부의 온도와 같은 데이터는 물론 내부에서 발생하는 음향과 동영상 까지도 실시간 전송을 하는 초소형 로봇이며, 특히 로봇의 외부는 강력한 합성소재로 만들어져 햄머로 내리치는 등의 어지간한 강력한 외부의 충격에도 파손이 되지 않고 임무 수행을 지속할 수 있는 곤충 로봇이다. 이 사업은 미 MIT대와 하바드대 그리고 한국의 서울대학교가 공동 참여하고 있다.

또한 반딧불이 크기와 외형을 닮은 “Flybot”은 원격조종에 의해 화생방 오염지역 등 위험한 지역이나 화학탄 탐지 기능과 같은 작전을 수행하는 로봇이며 무게가 핀의 무게보다 적은 그야말로 극초소형 로봇으로 추진에너지는 아주 작은 태양전지를 이용하게 될 것이다.

그림 3-44 미 DARPA가 개발 중인 초소형 로봇(좌: Meshworm, 우: Flybot)



이와 같이 로봇기술의 지속적인 발전으로 로봇의 극소형화와 함께 MEMS 기술에 기반한 고성능 온도센서 및 홍채 인식 스캐너 등의 극소형화, 그리고 무게와 부피는 줄면서 내구성은 더욱 강화된 복합 신소재 개발 및 적용이 가능해진다면 소형로봇의 군사적 활용도는 상상 이상으로 확대될 것이다. 그 밖에 전장에서의 로봇의 보다 전술적인 용도에는 로봇에 의한 ‘짐 나르는 노새(Pack mule)’를 제공함으로써 병사 개인의 장비 하중을 줄이는 것이 포함된다. 장래에는 더 소규모의 부대 작전을 지향하게 되기 때문에 소규모 부대가 점점 더 무거운 하중을 운반해야 할 필요성이 증대되면서 이러한 유형의 지원은 더욱 중요해질 것이다.

로봇체계는 또한 보다 신속한 부상자 회복과 후송을 제공하는 데도 이용될 수 있을 것이다. 이것은 전장과 ‘골든아워(Golden hour)’* 이내에 군 치료 설비로의 수송 과정에서 더 많은 전문가적 치료를 제공할 수 있도록 할 것이다.

또한 전장에서 의무병에게 원격 의료장비와 그 밖의 장비를 제공하고 사상자 후송(Casualty Evacuation, CASEVAC)을 수행하는 UAS도 시험하고 있다. 이러한 체계는 다양한 지형을 이동하고 적절한 착륙구역(Landing Zone, LZ)을 선정하고 거의

* 골든아워: 외상성 부상 이후 한 시간, 부상 한 시간 이내에 수술실에 들어간 환자는 훨씬 더 높은 생존률을 보인다.

Miller-Keane 의료, 간호 및 보건 백과사전, 제 7판. © 2003 by Saunders, an Imprint of Elsevier, Inc.



방해를 받지 않고 의무팀과 통신하게 될 것이다. 이러한 분야의 발전을 감안할 때 수송 중에 혹은 전선에서 가까운 전장에서 로봇에 의한 외과수술이 수행될 가능성도 매우 높다.

미 국방부에서 자국에서 멀리 떨어진 전장의 환자를 본국의 유능한 의사들이 수술하거나 치료할 수 있게 하기 위하여 고안한 개념으로 개발한 로봇 외과수술장비인 'DA Vinci Surgical system'은 이미 상용화가 완료되었다.

그림 3-45 외과수술 로봇 다빈치



기술이 정책과 법률검토의 개발보다 빠르게 발전하는 경우에 로봇이 이용될 수 있는 그 밖의 분야도 있다. 아마도 무엇보다도 가능성이 높은 것은 로봇에 의한 자율적인 군사력의 이용 분야일 것이다.

자율로봇이 이용될 수 있는 가능한 모든 분야와 이러한 로봇이 등장할 수 있는 가능한 모든 상황을 실험실에서 모델링하거나 컴퓨터 코드로 개발하는 것은 불가능하기 때문에 자율체계를 개발하는 것은 단순한 프로그래밍의 문제가 아니다. 또한 이러한 프로그램은 극히 복잡하고 여러 명의 프로그래머들에 의해 작성되어 전반적인 복잡성에 의해 소프트웨어 오류와 예상하지 못한 새로운 행동으로 이어지게 될 것이다.

이것이 소위 '제 1세대 문제(First Generation Problem)'이며 자율체계가 저지를 수 있는 실수의 유형은 실제로 저질러질 때까지 아무도 알 수 없다. 인간조차 의사결정을 내리는 데 어려움을 겪을 수 있는 상충적인 정보에 의해 로봇이 겪게 될 많은 모



순적인 상황을 상상하는 것은 어렵지 않다. 이로 인해 로봇의 실수를 누구의 탓으로 할 것인지에 대한 의문이 제기된다.

다시 말해, 로봇을 배치하도록 명령한 지휘관인가, 로봇을 제작한 제작자인가, 혹은 로봇의 임무를 수행하는 방법에 대한 명령을 제공한 프로그래머인가? 로봇체계는 감정, 흥분상태 및 스트레스에 의해 영향을 받지 않을 것이며 그에 따라 인간 병사로 하여금 과도 혹은 과소 반응하도록 하는 조건에 의한 영향이 적다. 그러므로 이러한 유형의 체계를 개발하고자 하는 일부 동기가 있을 수 있다.

기술적으로 예측 가능한 장래에는 로봇 시각, 센서 시스템 및 동적으로 변화하는 매우 어려운 환경에서 지각 창출을 지원하기 위한 AI(인공지능) 개발에는 상당한 문제가 계속될 것이다. 자율로봇은 앞으로 당분간 표적을 구별하는 데 문제가 있을 것이다. 또한 로봇체계 사이의 연결과 로봇체계와 운영자의 연결도 강화되어야 할 것이다.

로봇체계의 동향을 요약해 보면 다음과 같다.

- 상황에 따른 임무 수행능력
- 스웜(swarm) 규모의 집단까지에 대한 정보교환
- 컴퓨터 시각
- 인공지능의 추가
- 상황인식
- 완전 자율임무 수행능력
- 승인된 적응형 동적 추진시스템
- 스웜 방식의 임무 수행능력
- 지상 기반 감시와 정찰(S&R)
- 폭발물 처리(Explosive Ordnance Disposal, EOD) 수색, 분류 및 파괴
- 자동화된 의료지원차량



3.8 지향성 에너지 무기(Directed Energy Weapon, DEW)

지향성 에너지 무기(Directed Energy Weapon, DEW)는 전자기 에너지를 집중, 표적을 파괴, 무력화시키는 무기체계로서 대표적인 무기체계가 전술 고에너지레이저(THEL, Tactical High Energy Laser)와 같은 광파대역부터 앞서 언급한 전자기펄스(EMP*, Electro Magnetic Pulse)나 고출력 마이크로파(HPM, High-Power Microwaves) 무기와 같이 낮은 주파수 대역의 무기 등이 있다.

3.8.1 고출력 마이크로웨이브(HPM) 무기

비록 마이크로웨이브 무기체계가 아직까지는 폭넓게 이해되고 있지 않지만, 이는 21세기 군사작전의 개념을 새로이 정의할 수 있는 극적인 신무기체계를 창출할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. EMP의 효과는 매우 짧지만(수백 나노초) 강력한 전자기 펄스의 생성으로 특징지을 수 있다.

이러한 에너지 펄스는 전선이나 인쇄 회로 기판 상의 도전성 경로에 수천 볼트에 달하는 짧은 과도전압을 생성할 만큼 충분히 강력한 전자기장을 생성한다. 전자전 장비는 일정 주파수대를 공격하도록 설계됨으로 모든 주파수를 공격할 수 없다. 넓은 주파수 대역에서 사용되는 장비는 전자전 공격에 보다 덜 취약한데, 이는 그 공격이 몇몇 주파수에 한정되어 있기 때문이다.

궁극적으로 마이크로웨이브 무기체계는 표적의 거부, 확산, 또는 대응에너지 능력을 압도하며 전자장비에 심각하고 종종 치명적인 영향을 미친다. 빛의 속도로 진행되는 마이크로웨이브 방사는 탄도탄 미사일보다 40,000배나 빠르다. 현재 기술로 마이크로웨이브 무기체계는 수십 km 정도의 사정거리를 갖지만 기술이 발전하면 그 거리가 확대될 것이다. 마이크로웨이브 무기의 또 한 가지의 이점은 전원이 충분하

* 핵무기로부터 발생하는 일종의 파동으로서 전자기기에 과전류를 일으켜 영구적인 파손을 일으킨다. 전자기 펄스는 전기를 사용하는 모든 기기들의 사용을 불가능하게 만드는데 이러한 성질을 이용하여 무기를 개발하는데 관심이 집중되고 있으며 특히, 최근 비핵무기로서 개발하여 개별적인 운용을 시도하는 개발이 진행 중이며 이것은 인체에 무해하여 21세기 첨단 무기시대의 주목을 이룰 무기가 될 것으로 전망을 하고 있다.

기만 하면 언제든지 방사할 수 있다는 것이다. 즉, 소모성 폭탄이나 탄환처럼 일회용 체계가 아니다. 마이크로웨이브 무기는 표적의 특성, 원하는 효과 등에 맞도록 제작할 수 있어 변화가 심한 군사작전에 더욱 적합하다고 할 수 있다.

근래 연구개발 분야에서는 다양한 주파수에서 작동하는 HPM 발전기와 안테나의 크기, 중량, 부피를 줄이며 동시에 보다 높은 출력을 전송하는 안테나를 개발하는데 많은 발전이 있었다. 예를 들면 어떤 마이크로웨이브 방사원은 수십억분의 일초에 1GW의 출력을 내지만 중량은 20kg 이하이고 또 다른 방사원은 20GW의 출력을 내지만 무게는 180kg 정도에 불과하다.

그림 3-46 EMP탄의 개념도



마이크로웨이브 무기는 전자전과는 달리 에너지를 거부하거나 분산시키거나 견딜 수 있는 표적의 능력을 압도하도록 설계된다. 마이크로 무기체계를 전자전체계와 차별화하는 네 가지 주요한 구별되는 특성이 있다.

첫째, HPM 무기는 적 체계의 정확한 지식에 의존하지 않는다.

둘째, HPM 무기는 전자회로, 컴포넌트 및 서브시스템의 손상과 파괴를 통해 적



표적에 지속적이고 영구적인 영향을 남긴다.

셋째, HPM 무기는 적 시스템이 꺼져 있는 동안에도 영향을 미친다.

마지막으로, 마이크로웨이브 무기의 영향에 대응하기 위해서는 개별 컴포넌트나 회로뿐만 아니라 반드시 전체 시스템을 강화해야 한다. 또한 마이크로웨이브 무기를 작동시키기 위한 전력은 축전지나 항공기 엔진과 같은 내부 전원으로부터 얻을 수 있는데 대부분의 마이크로웨이브 무기는 장시간 동안 여러 차례 마이크로웨이브를 방사할 수 있다.

재래식 무기처럼 소모성 연료나 탄약을 사용하지 않는다는 것을 고려할 때 이들 무기체계에 대한 군수지원 소요는 기존의 무기에 비해 훨씬 작다. 마이크로웨이브 무기체계가 폭발적으로 발생하는 단일 전자기펄스 발생 장치라면 그 군수지원 소요는 종래의 탄약과 동일할 것이다. 마이크로웨이브 무기체계는 부차적인 손상을 최소화하는 차별성을 갖고 있다. 세계 각국은 최근의 분쟁에서 부수되는 파괴나 인명 살상을 최소화하여야 한다고 목소리를 높이고 있으며 앞으로 이러한 추세는 더욱 강화될 것이다.

비록 무기체계 사정범위 내의 취약한 전자장비는 손상을 입을 수 있지만 물리적 시설이나 구조는 그렇지 않다. 더욱이 마이크로웨이브가 부수적 손상을 최소화할 수 있는 가장 큰 이유는 그 방사파가 사람과 구조물에는 손상을 주지 않는다는 것이다. 영향 영역 내에서 병원내의 의료기기 등과 같은 비전투용체계에 대한 영향을 감소하기 위해 마이크로웨이브 무기체계는 이들 구역에 방사를 약하게 줄이거나 금하도록 설계를 할 수도 있을 것이다.

현재 이러한 유형의 무기의 유효반경은 원자력 EMP의 영향만큼 크지는 않다. 공개된 문헌자료에 의하면 “수백 미터 또는 그 이상”의 유효반경이 가능하다고 한다. EMP와 HPM 장치는 상대적으로 넓은 면적에 걸쳐 폭넓게 다양한 군사장비나 기반 구조 장비를 무력화할 수 있다. 이것은 흩어져 있는 목표에 대해 유용할 수 있다.

HPM 무기의 주요 이점으로는 먼저 영향력의 전파가 빛의 속도로 이루어지기 때문에 반응시간이 짧으며(수십억분의 일초), 표적에 대한 효과가 순간적이다. 또한 일반적으로 기상 상태와 무관하다. 마이크로웨이브 방사는 구름, 수증기, 비 및 먼지를 통과할 수 있다. 기존의 무기체계 중 극히 소수만이 전천후로 사용할 수 있는



현실에서 이는 군사작전에 있어 매우 큰 이점이라 할 수 있다.

아군 체계와 군사력도 적군과 아군의 마이크로웨이브 방사에 의해 모두 영향을 받기 때문에 이러한 체계는 마이크로웨이브 주파수에 대해 강화되어야 한다.

자체의 센서를 방호하지 않으면 일반적으로 HPM을 이용하는 적에 의해 모든 전자장치가 영향을 받고 군사력이 무용지물이 될 것이다. 고도의 기술을 갖추지 않은 적이라도 상당한 기간 동안 센서와 전자장치를 무력화할 수 있는 조악하거나 부분적으로만 정교한 HPM 무기를 사용할 수 있다. HPM에 취약하지 않은 광학 컴포넌트와 광섬유 케이블과 같은 기술을 널리 이용해야 할 것이며 그러한 방법으로 위협의 일부를 완화시킬 수 있다. 마이크로웨이브 무기체계 개발에 핵심이 되는 주요 기술로는 마이크로웨이브 발전기와 안테나의 선정, 마이크로웨이브의 효과와 치명도 시험기술, 개발 당사국 체계의 강화, 응용체계 개발기술 등을 들 수 있다. HPM에서의 가장 중요한 요소인 순간출력은 최근 약 15GW까지 달성되었으나 추가적으로 요구되는 펄스폭, 발전효율, 작동 수명 등은 앞으로 해결해 나가야 될 기술적 과제들이다.

3.8.2 고출력 마이크로웨이브 무기체계 유형

정밀유도탄

전통적인 정밀 유도탄과 정밀 유도 마이크로웨이브 장비를 비교해 보면 폭발 및 파편 영역은 유사하나 치명 반경과 영향력은 발생 에너지가 폭발효과를 일으키지 않고 마이크로웨이브 장치에 출력을 제공한다는 주된 이유 때문에 수백 배나 더 크다.

2,000파운드(900kg) 마이크로웨이브 탄은 최소 반경이 약 200m로 약 126,000m²의 치명구역을 형성할 것이다. 더욱이 폭발과 파편에 잘 방호된 표적일지라도 마이크로웨이브 에너지에는 노출될 수 있다. 또한 마이크로웨이브 탄은 재래식 탄으로 손상을 주거나 기능을 마비시키기 극도로 어려운 강화표적에 대해서도 사용할 수 있다.



대·소형 항공기용 자체 방어체계

HPM 체계는 미사일에 대하여 능동적으로 교전할 수 있다. 항공기의 미사일 경보 센서가 미사일의 위치와 궤적에 관한 정보를 제공하는 바, 여기에 연동시키면 마이크로웨이브 체계는 일정 공역에 마이크로웨이브 에너지로 충만하게 할 수 있다.

마이크로웨이브가 미사일 궤적의 급격한 변화를 유도할 수 있다면 결국 미사일은 연료가 소모되든지, 극도의 격한 회전으로 미사일 자체의 파괴 또는 탄두의 폭발을 유도하게 되어 완전히 무력화될 것이다. 이러한 용도로서 마이크로웨이브 무기는 다른 종류의 무기보다 3가지의 이점이 있다고 할 수 있다.

첫째, 공역 내의 모든 미사일을 무력화시킬 수 있고

둘째, 마이크로웨이브 빔은 특히 몇 개의 방향을 동시에 보호할 수 있는 위상배열 안테나와 연동시킨다면 신속히 새로운 표적으로 전환이 가능하다.

셋째, 마이크로웨이브 무기는 대부분의 항공기 보호용으로 크기를 조절하여 패키지화할 수 있다. 대형이며 속력이 낮은 항공기의 경우 장거리의 미사일과 교전 가능한 충분한 출력을 내면서도 기체 내부에 장착할 수 있다.

무인 전투기

정찰 및 탐색능력을 갖춘 무인기를 전투용으로 전환하기 위하여 마이크로웨이브 무기체계를 추가한다면 몇 가지 이점이 있을 것이다. 마이크로웨이브 무기체계를 탑재한 무인전투기는 자동으로 운용할 수 있고, 지상이나 항공기에 설치한 조종장치에 연동시켜 통제할 수 있다. 공격 중에 무인전투기의 엔진에서 무기에 필요한 전원을 제공함으로써 무인기의 연료가 있는 한 지속적인 작전이 가능하다.

현재 개발 중인 마이크로웨이브 무인전투기의 최대성능은 임무당 100,000펄스(또는 충격)의 마이크로웨이브 에너지를 방사하는 것이다. 한 개의 표적당 1,000개의 펄스를 상정할 때 전형적인 임무에서 100개의 표적을 공격할 수 있으며 이와 동시에 적의 미사일로부터 무인기를 보호할 수 있다.

최근 USS George H.W.Bush 항공모함에서 이륙에 성공한 X-47B Drone 무인기에도 마이크로웨이브 무기나 레이저 무기를 탑재할 계획을 갖고 있다.

3.8.3 고출력 마이크로웨이브 방호

고출력 마이크로웨이브 무기(HPM, High Power Microwave Weapon)는 미래 전장의 새로운 위협이다. 소총, 총포 등 일부 무기를 제외하고는 사실상 모든 군사장비가 전자제품을 사용한다. 최근 HPM 기술 관련 연구결과를 보면 군용 및 상용 전자장치를 교란시키는 것으로부터 파괴하는 것에 이르기까지 엄청난 효력을 발휘할 수 있다는 것을 보여주고 있다. 이러한 무기는 생산에 대규모 산업기지가 요구되지 않기 때문에 국가나 비국가 또는 개인에 의해 개발될 수 있다. 보다 강력한 버전은 센서나 통신장치를 혼란시키거나 파괴할 수도 있다. 가장 심각한 영향은 RF(무선주파수) 영역에서 작동하는 센서가 될 것이나, 적외선과 전기 광학센서도 영향을 받을 수 있다.

마이크로웨이브 무기는 아군 전자전 장비와 적 전자장비를 구분할 수 없다는 점이 기술적 딜레마이다. 감수성(Susceptibility)이란 용어와 취약성(Weakness)이란 용어는 때로 혼용된다. 감수성은 어떤 체계가 특정 주파수나 주파수대의 영향을 받을 수 있다는 것이며, 취약성은 이들 주파수에 의해 이용당할 수 있다는 의미이다.

따라서 적의 마이크로웨이브 방사로부터 아군의 전력을 보호하기 위해 군사장비는 마이크로웨이브 주파수에 대해 강화되어야 한다. 그런데 실제 더 심각하게 고려되어야 하는 긴박한 문제는 아군의 마이크로웨이브 무기에 의해 여타 우군장비를 무력화함으로 인해서 자신이 무력화될 수 있다는 것이다.

실제로 대항방책과 방호기술들이 개발되고 있지만 이들 기술이 현재 또는 배치가 계획된 무기체계에 포함된 경우는 상대적으로 희박한 실정이다. 이러한 무기의 도달범위는 안테나 설계나 여러 개의 마이크로웨이브 발전기의 병렬화를 통해 확장될 수 있다.

EMP(Electro-Magnetic Pulse, 전자기 펄스) 방호에 있어서 가장 중요한 것은 전자기파를 완벽히 차단하는 것이다. 건물 내부의 방이나 벽을 전자기파로부터 차폐를 하고, 건물 외부에서 내부의 전자기기로 들어가는 모든 전선에 방호대책을 마련하여 EMP가 전자장비 내부로 흘러들어가는 것을 막는 전자장치의 완전한 차폐 그리고 전자회로 보호와 리미터(Limiter) 등의 기술이 핵심이다. 전자회로의 차폐는 적절한



접지를 갖춘 밀봉된 금속격납에 의해 가능하다. 보호회로는 초광대역 펄스와 베팅이나 원자력과 같은 자연적인 전자기 펄스(MEP, Electron Magnetic Pulse)의 경우의 차이를 구별해야 할 것이다.

그림 3-47 EMP 방호책 개념도



3.8.4 레이저 무기

고에너지 레이저 무기는 발사되는 순간 광속으로 전달되기 때문에 어느 무기보다도 즉각적인 효과와 교전의 은밀성을 갖는 무기이다. 또한 전자 장비 기반의 무기이면서 소모성 발사체가 불필요한 시스템으로 전원공급과 운용조건에 따라 저비용으로 무제한적인 발사가 가능하며 명확하게 목표에 대한 제한적인 타격이 이루어지기 때문에 원하지 않는 군사적 피해를 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있는 무기체계이다. 그러나 고에너지 레이저 무기의 경우 주요 억제요인은 레이저를 이용함에 있어서 적절한 이동식 에너지원이 부족하다는 점이다. 레이저는 흔히 입력 에너지의 10%만을 출력 광(光)에너지로 변환하기 때문에 이로 인해 에너지 공급원에 아주 많은 전력이 필요하다.

기술이 변화함에 따라 점점 더 많은 수의 차량의 복합형(hybrid) 전기구동장치에 의해 추진될 가능성이 있고 이것은 미래 레이저 무기에 필요한 전력의 공급원을 제공할 수 있다. 중·장기적으로 이용될 가능성이 있는 레이저에는 대(對)센서, 대유도탄 요격 및 방공용 전술적 레이저무기가 포함된다.

미국의 경우 이동식 전술 고에너지 레이저의 경우 실전배치가 임박하였으며, 공중 레이저, 항공기 전술 레이저 등도 요구되는 성능은 어느 정도 만족을 하였으나 항공기에 탑재할

수 있는 크기로 소형화하는 문제가 남아 있어 전력화가 다소 지연되고 있다.

이동이 불가능한 시스템으로는 초대구경 광학계를 이용해 정찰 위성의 센서를 손상시키거나 파괴시키기 위한 지상설치 레이저(Ground Based Laser)는 현재 미국에서 개발이 진행 중에 있다.

또한 미 해군은 LaWS(Laser Weapon System)과 MLD(Maritime Laser Demonstrator) 등 고성능 고체레이저 기술을 개발 중이며 무인전투항공기를 방어하기 위한 주요 수단으로써 고에너지 레이저 무기를 함정 및 잠수함에 탑재하는 새로운 운용개념 개발을 완성시켜 나가고 있는데, 최근 일련의 기술적 성과를 달성하여 2014년부터 고체 레이저 무기를 최초로 함정에 배치하는 계획을 발표한 바 있다.

미래형 수 메가와트급 자유전자 레이저는 공중전투기동(ACM, Air Combat Maneuvering), 탄도미사일 및 지상군에 대한 기타 공중 위협을 타격할 수 있는 신형 함정기반 능력을 제공할 수 있게 될 것이다.

함정기반 자유전자 레이저는 또한 연안 지역에 위치한 전진기지를 방호하는 데 사용되기도 한다. 지속적인 기술 발달에도 불구하고, 2020년 또는 그 이후에도 메가와트급 자유전자 레이저는 운용하기 어려울 것으로 전망을 하고 있다.

그림 3-48 함정에 탑재된 레이저 무기





메가와트급 자유전자 레이저 장비는 기존 함정에서 다수의 방호벽을 늘릴 가능성이 있는 대형일 가능성이 높아서, 이들을 탑재할 수 있는 새로운 선체 설계를 필요로 할 수 있다. 메가와트급 자유전자 레이저를 개발하는 데 또 다른 장벽은 광범위한 방호물이 포함된다. 이 방호물은 병사 및 전자제품을 자유전자 레이저 가속 트랙을 회피하는 근접 상대론적 전자의 상충으로 발생하는 방사능으로부터 보호하는 데 필요하다. 항공기 탑재 레이저는(ABL, Airborne Laser) 부스터 단계 및 중간 단계의 탄도탄 요격을 위한 레이저 무기로서 현재 개발 중에 있다.

미 공군은 ELSA(Electric Laser on a Small Aircraft, 대공 임무용 전투기 기반 레이저)의 개발에 관심을 두고 있다. 고에너지 레이저 탑재 전투기는 자신을 향해 발사된 공대공 및 지대공 미사일을 무력화할 수 있고, 적의 영공에서 계속 비행할 수 있는 전투기의 능력을 확대시킬 수 있을 것이다. ELSA의 출력은 약 200kW이며, 이는 지상의 수월한 표적을 타격하는 데 유용하다고 입증되었다.

전투기 크기의 유인 또는 무인 플랫폼에 탑재된 고에너지 레이저를 효과적으로 이용하기 위해 레이저체계 총 중량의 kg당 약 5kW의 출력이 필요한데 이는 기존 지상기반 체계에 비해 크기와 중량을 1/10로 줄일 수 있는 기술이라는 의미이다. ELSA가 전장의 작전개념을 근본적으로 바꿀 수 있는 강한 게임 체인저가 될 수 있다는 것을 감안할 때, 기술적 목표를 달성하기 위해 필요한 투자는 미 국방부의 가장 우선적 순위가 되고 있다.

또한 ELLA는 전투기를 지원하기 위해 적의 영공에 근접 운용함으로써 대형 지휘 통제정찰기의 생존성을 향상시킬 수 있다. 미 공군은 향후 5~6년 내에 이 개념의 실용성을 시험하기 위하여 150kW의 고체레이저를 B-1B 폭격기의 전방 포탄 저장고에 통합할 수 있을 것이다. 고체레이저 기술의 현 상황을 감안하여도 가까운 미래에 연장된 사거리를 보유하고, 제공 작전이 가능하며, 비용이 저렴한 고체레이저를 개발하기는 어려워 보인다. 그러나 투자가 계속된다면, 단기간에는 대형 항공기에 부합하는 고체레이저 모듈을, 중기간에는 소형 항공기에도 부합할 수 있는 고체레이저 모듈을 개발할 수 있을 것으로 전망된다.

비행선이나 고고도 장기체공 UAV에 탑재된 전략적 전략중계거울체계(Strategic Relay Mirror System)*는 지상기반 또는 해상기반 레이저체계를 장거리에 있는 미사일,

항공기 및 지상 표적을 막는 데 사용할 수 있을 것이다. 미래형 전략적 중계거울체계는 DARPA의 ISIS(Integrated Sensor Is the Structure)를 이용할 수 있다. DARPA는 600km 거리의 초소형 순항미사일과 무인기, 300km 거리의 비탐승 병사 또는 나뭇잎으로 위장한 소형 차량 등을 탐지하고 추적할 수 있는 비행선용 대형 배열레이더의 개발을 노력 중이다.

그림 3-49 레이저 무기가 탑재된 B-1 폭격기 개념도



미 육군은 이동 중인 지상군을 로켓, 화포, 박격포 등에 대해 방호할 수 있는 이동식 고에너지 레이저 개발을 열망해 왔는데 이동식 체계는 기동부대와 소형 전방 작전거점에 대한 G-RAMM(Guided Rockets Artillery Motars and Missiles) 공격을 막을 수 있는 능력을 제공하기 때문이다.

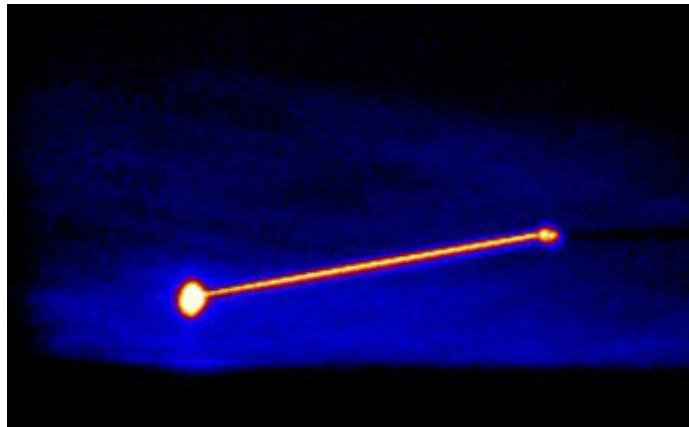
미 육군은 1996년에 전술 고에너지 레이저 시제기를 개발하기 시작했다가, 이동식 무기체계로의 발전이 불명확하다는 결과가 나오자 2005년에 개발을 취소하였다. 2009년 미 육군은 겨우 수백 kW로 G-RAMM 위협에 대응할 수 있는 진정한 이동식 레이저무기인 고체레이저 기술을 개발하는 고에너지 레이저 기술 시제기(HEL TD, HEL Technology Demonstrator) 프로그램을 개시하였다. HEL TD는 자주식 트레일

* 전술중계거울 개념은 일반적으로 원격 소스로부터 레이저 빔을 수신하고, 정화하여 소스 레이저무기의 가시선을 초월한 범위에 있는 표적물로 전송하기 위하여 빔 집속 망원경 2개와 빔 제어 광학기를 사용하는 것을 말한다. 중계거울은 UAV에 탑재될 수 있다.



러를 갖춘 HEMTT(High Expanded Mobility Tactical Truck) 차량*에 통합된 빔 제어, 전자력 공급, 열 관리 및 지휘통제통신 장비를 갖춘 간결한 고체레이저 체계를 개발 중에 있다. 레이저 무기의 사정거리는 지상 배치형은 수십 km, 항공기 탑재형 및 현재 미국 미사일 방어 관련 기관에서 개발 중인 우주 설치형(Space-Based Laser)은 수백 km에 이르는 것으로 알려져 있으나 사정거리는 레이저 출력과 표적의 종류에 따라 가변적이다. 미국은 인공위성을 향해 레이저를 발사시키는 실험을 여러 차례에 걸쳐서 수행한 적이 있다.

그림 3-50 미국에서 개발 중인 우주기반 레이저 개념도



3.8.5 정밀 유도무기

정밀 공격무기는 공격탄두 유형, 표적유형 및 요구되는 군사적 효과에 따라서 미터에서 센티미터 단위의 정확도를 갖춘 타격을 달성하는 것을 목표로 한다. 이들은 지상이나 공중 또는 잠수함을 포함하는 해군 플랫폼으로부터 발사될 수 있다. 미래에는 우주기반의 무기도 가능할 것이다.

* 보급품 및 무기를 신속하게 추진 보급할 수 있는 이지 기동성이 뛰어난 차량. 미군이 사용하고 있으며 5개 종류의 차량이 있다. 크레인, 장착된 차량, 연료 차량, 구조 차량 등이 있으며 신속하게 전 세계 어느 지역에도 전개가 가능하다. 악천후에도 사용할 수 있도록 제작되었다

정밀 공격무기는 표적의 가장 취약한 부분을 겨냥함으로써 치명적인 효과를 향상시키고 부수적인 피해와 잔류 영향을 감소시키는 것을 목표로 한다. 정밀 유도무기의 주요한 발전은 공간적 및 시간적 양면에서 표적결정에 있어서 쉬지 않고 지속적으로 높은 수준의 신뢰도를 갖춘 무기를 사용할 수 있는 능력과 관련된다.

이러한 목표를 달성하기 위한 기술은 무기체계의 일관성 네트워크(Coherent Network) 통합을 통해 현재도 이미 이용이 가능하다. 또한 장래에는 정밀 타격 유도탄의 거의 모든 하위체계에서 기술발전이 이루어질 것으로 예상된다.

에어프레임(Airframe) 기술은 비행성능을 개선하고, 중량을 줄이고, 보다 높은 속도와 신뢰도를 허용하고, 비용을 절감하며 피관측 능력을 감소시키고 있다. 마이크로 전기기계(Micro-Electro-Mechanical, MEM) 기술은 단위 중량당 더 많은 에너지를 만들어낼 것이다. 유도와 제어에 대한 가능화(Enabling) 기술 등을 포함한 고성능 저비용의 상업용 기성품(COTS: Commercial Off-The-Shelf) 프로세서를 통해 혁명적인 발전이 이루어졌다. 저비용, 소형 및 저전력 패키지에서의 다차원 식별을 처리할 수 있는 능력이 등장하고 있다. 연산능력에 있어서 센서 데이터 융합과 정밀 타격 유도탄에 대한 준(準)실시간(Near Real-Time) 탄도 최적화의 적용은 이제 더 이상 제한요인이 아니다.

위성 항법장치와 휴대용 항법지원 장치의 광범위한 이용으로 장래의 유도과 제어 기능이 향상될 것이다. 이러한 기술은 복합형(hybrid) 위성 항법장치(GPS)와 관성 항법장치(INS), 비행중 유도 최적화, 자동 표적인식(ATR) 및 도출된 최적 공격각도에 의존한다. GPS/INS는 고정 표적에 대해 저비용의 추적기(seeker)를 사용하지 않는 유도탄을 사용할 수 있는 계량 정밀 유도(Metric Precision Guidance)를 제공할 수 있을 것이다.

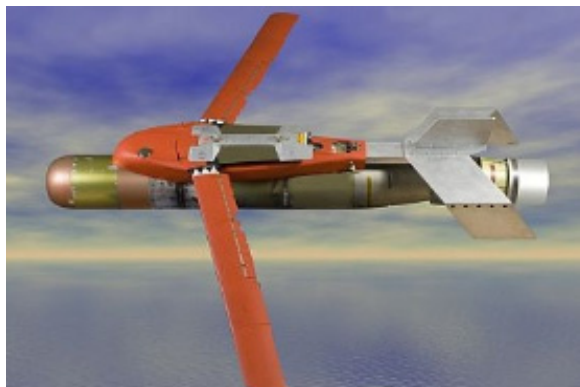
복합형(Hybrid) GPS/INS 항법방식은 보다 높은 위치 확인 정밀도와 속도측정, 재밍(Jamming)의 영향력 감소 및 유도탄 고도 측정능력을 보장하고 이것은 추적기 고정(Lock-On)과 자동 표적인식 프로세스에 대한 보다 우수한 초기화 조건을 제공할 것이다.



비유도 자유낙하탄에 장착이 되어 재래식 폭탄을 정밀유도 폭탄으로 만드는 꼬리 날개 키트(Tail Kit)는 저비용에 의하여 GPS 체계의 본질적인 정확성을 보장하고 있다. 이와 같이 추적기가 요구되지 않는 저렴한 유도키트는 터미널 추적기가 요구되는 무기보다 훨씬 더 낮은 비용으로 정밀 타격능력을 제공하고 있으며 앞으로 많은 확장성과 유연성을 갖는 분야로 점점 더 부각이 될 것이다. 최근 미 보잉사는 기존의 경어뢰인 Mark54를 장착한 P-8A Poseidon 초계기가 장거리로부터 30,000피트(약 9km) 상공에서 수중의 적 잠수함 공격을 할 수 있도록 하는 어뢰 장착 부가키트를 개발 중인데 수면 위 활강을 위한 날개는 SLAM-ER 순항 미사일 날개 설계를 이용하였으며, 꼬리부분은 GPS를 장착한 JDAM 미사일 가이드 키트를 포함하고 있는 것으로 알려져 있다.

새로운 추적기 기술에는 다중 분광합성개구레이더(Synthetic Aperture Radar, SAR), 스트랩다운(Strap Down) 및 비냉각 방식 적외선 추적기가 포함된다. 다중 분광/다중 모드 추적기는 자동 표적인식에 대한 향상된 성능을 제공하고 허위 표적과 지상 반사 산란에 대한 향상된 식별능력을 제공한다. SAR 표적기는 불리한 기상조건과 지상 반사 산란에서도 양호한 효과를 갖는다.

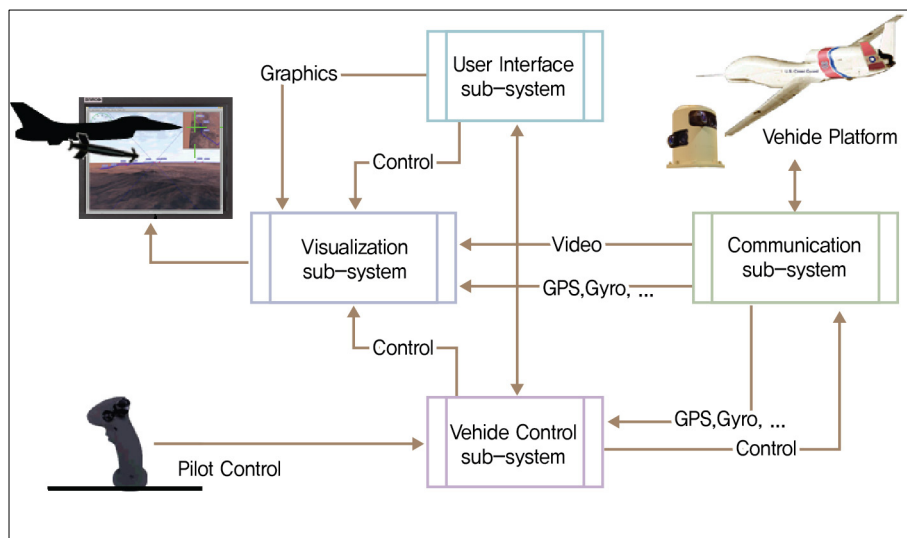
그림 3-51 비행용 부가키트를 장착한 Mk54 어뢰 형상



적외선 추적기에 대한 연구로 긴 보관수명의 고성능 비냉각 방식 추적기를 얻게 될 것이다. 새로이 등장하는 추적기 기능에는 실시간 타격 평가 기능까지 포함될 것이다. 점점 더 많은 추적기가 영상 추적방식을 사용하기 때문에 비행 과정에서 충격 시점까지 추적기로부터 수신국에 사진을 전송할 수 있게 된다.

물체의 모델을 기반으로 하는 인식형 추적방법은 현재 실시간 영상 탐지/추적/시스템에 적용되고 있는 Motion형 추적방법에 비해 잡음에 덜 민감하여 환경변화에 강인한 장점이 있어 앞으로 하드웨어 연산처리기술의 발전에 따라 점차 적용이 될 것이다. 또한 지능형 추적/탐지기술은 항법 시스템이 교란되는 경우에도 시공간상 변화를 인지하여 이동 경로 및 주변환경을 동시에 탐색할 수 있어 전자전 환경에도 적합하다. 사용자가 임의의 시점에 해당하는 영상을 자유롭게 합성할 수 있는 자유 시점(Free Viewpoint)기술, 목표물 표면과 카메라 사이의 빛의 경로를 이용하여 얻어낸 광공간 영상을 통해 3차원 모델링을 가능하게 하는 Surface Lightfield 기술 등은 앞으로 지능형 영상 탐지/추적 시스템 개발에 있어 중요한 기술 분야이다.

그림 3-52 정보감시정찰과 정밀유도무기에서의 영상탐지/추적





ATR은 전장으로부터 반사되거나 복사된 에너지의 관측과 전장과 표적에 관한 정보 데이터를 연결시킨다. ATR은 제트 배기부분 같은 밝은 지점의 검출로부터 건물 뒤에 절반이 가려진 장갑 전투차량 등의 복잡한 영상 인식까지 아우를 수 있다. 일부 형태의 ATR은 다년간 군사체계의 일부가 되어 왔다.

그러나 전장에서 군사 목표물을 인식하는 인간의 정신능력 수준으로 맞춘다는 것은 아직까지는 매우 어려운 도전이다. 제품으로서의 ATR의 개발 노력에는 새로운 알고리즘과 함께 관련 표적의 다중 분광기능을 결정하는 데 상당한 투자가 요구될 것이다.

임무의 계획과 이동표적의 경우 임무의 업데이트는 ATR의 성공에 대한 중요한 추진 요인이다. 고정된 표적은 실제 임무에 충분히 앞서서 맵핑, 조사 및 특성화가 가능하다. 반면에 이동하는 표적은 처음에는 표적을 목표로 하지 않았던 전투기들이 임무과정에서 만나게 되는 임기표적(臨機標的, Target of Opportunity)이 될 가능성이 더 높다.

정밀 타격 유도탄을 위한 향상된 탄두기술에는 고에너지 밀도 탄두, 다중 모드 탄두, 견고 표적 관통 탄두, 자탄(子彈, Submunition) 분배 및 동력 자탄(Powered Submunition)이 포함된다. 자탄의 사용을 금지하는 국제적 협약으로 인해 자탄 분야에서 변화가 나타날 수 있다. 이것은 현재 기술의 진화이며 현저한 기술적 도전은 아니다.

대부분의 포(砲) 현대화 노력을 추진하는 것은 탄약기술의 발달이다. 포 병기에 이용할 수 있는 최신 기술은 MEMS를 기반으로 하며 비용, 중량 및 필요한 공간을 현저히 줄일 수 있는 잠재력을 갖추고 있다. 여러 가지 새로운 탄약 유형이 이러한 무기체계에 극적인 치명성과 유연성을 제공한다.

성형 작약(成形炸藥, Shaped Charge) 설계와 생산의 발전은 지속적으로 장갑 개발자들에게 스트레스를 제공할 것이다. 다중 분광센서와 지원 알고리즘을 이용함으로써 특히 불리한 환경에서의 무기체계의 조준능력이 개선될 것이다. 파이로 기만장치(Pyrotechnic Decoy) 분야에서는 그의 플랫폼과 분광학적으로 일치하는 기만장치 구성을 개발하는 데 많은 노력이 집중되고 있다. 2030년의 상황평가는 발전된 IR 기만장치 발전의 상대적 속도와 유도탄 추적기의 “지능”에 좌우될 것이다. 전체적으로 감안할 때 유도탄의 우위가 유지될 가능성이 높다.

3.9 화생방 무기

세균과 독성 무기의 개발, 생산 및 비축의 금지와 이들의 파괴에 관한 협약(BWC, Biological Weapons Convention, 생물 무기협약이라고도 알려짐)* 및 화학무기 협약은 이러한 무기의 확산방지 조약이다. 불행하게도 이러한 협약들은 생물학적 또는 화학적 무기를 개발하고 생산하는 데 사용되는 기술이 인간과 수의학적 보건의료 연구와 생산 및 농업에 요구되는 기술과 매우 유사한 “이중용도(dual-use)” 문제에 의해 지장을 받는다. 농업, 산업 및 의료 분야로부터의 생물학 작용제의 예상되지 않은 확산은 위협으로 이어질 수 있다. 확인검사와 신뢰구축 조치는 제한적인 성공을 거두어왔으나 협약을 강화하기 위한 노력이 계속되고 있다.

국가가 탐지되지 않고 고전적인 화학전 작용제를 대량으로 생산하는 것은 어려운 것이나 국가나 조직 단체가 생물학 작용제를 생산할 수 있는 기술적인 능력을 개발하는 것은 매우 용이하다. 가상 적은 또한 최신 기술의 발전을 이용하여 새로운 유기체를 만들어내어 공격에 이용할 수도 있다.

확산방지는 적의 능력을 식별하고 그러한 개발을 제한하는 데 있어서의 어려움으로 인해 지장을 받는다. 세계 거대 도시들의 인구 성장과 도심으로의 지속적인 인구 이동은 생물학적 공격의 리스크와 감염률을 증가시킬 것이다.

화생무기(CBW, Chemical and Biological Weapons) 검출기에는 일반적으로 포인트(Point) 검출기와 원격(Stand-Off) 검출기의 두 가지 범주가 있다. 포인트 검출기는 검출기에 물리적으로 존재하는 CB 작용제를 검출한다. 대부분의 포인트 검출기는 공기를 흡입하고 다양한 방식으로 이를 표본처리하며 CB 작용제에 의해 오염된 표면의 표본을 검출하여 작동되는 소수의 검출기도 있다.

원거리 검출기는 광학시스템으로서 일반적으로 수백 미터 또는 수 킬로미터의 거리에서 CB 작용제의 존재를 검출한다. 원거리 검출기는 최근에 개발되었고 현재 소수만이 현장에 배치되어 있다.

* 생물, 독소 무기의 개발, 생산, 비축의 금지와 그 폐기에 관한 협약으로 1971년 유엔에서 채택되어 1975년에 발효되었으며 현재 우리나라와 북한을 포함하여 177개국이 가입을 하였음.



아주 최근의 테라헤르츠(Terahertz) 파(波) 기술*의 진보는 바이오 작용제의 확실한 검출 가능성을 열어놓았다. 특수 레이저 기법은 IED(급조 폭발물) 운반체로 마련된 차량을 오염시킨 미세량의 폭발물을 검출할 수 있음을 입증하였다. 소형무인감시장치(CBUGS: Compact Biological Unattended Ground Sensor)는 생체 독소를 대기 중에서 탐지한다. 레이저로 유도되는 형광을 이용하여 비행 중인 생물을 수집, 분석한다. 이러한 유형의 정보를 획득함으로써 아군의 경계태세를 강화하고 적의 의도를 사전에 파악하여 사상자를 감소시킬 수가 있다.

지상감시장치 과학기술은 입증되었으나 군사용으로 사용하기에는 보다 많은 개선이 필요할 것이다.

원격 검출이든 포인트 검출 시스템이든 하나의 장치로 위협이 되는 모든 작용제를 탐지하는 것은 불가능하다. 일반적으로 화학 작용제 집단은 특수한 기법에 의해 검출되고 대부분의 위협을 검출하기 위해서는 몇 가지 기법이 동시에 이용된다. 생물학 작용제는 화학 작용제보다 화학적 흔적이 훨씬 더 복잡하고, 실시간 바이오 작용제의 검출은 매우 까다롭다.

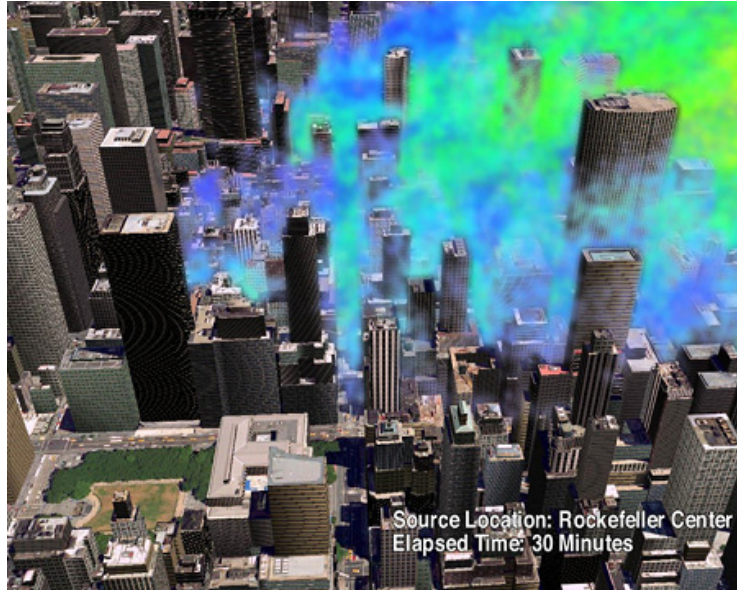
효율적이고 경제적인 원격 CB 검출 방법이 개발되면 생화학전 환경의 검출과 경고 시간을 크게 향상시킬 것이다. 최근에는 나노기술 및 MEMS 기술을 적용하여 탐지센서를 소형화하여 어느 작용제이든 아주 소량이라도 검출할 수 있는 ‘칩 위의 실험실’이 가능할 것이며, 무인정찰차와 무인항공기에 탑재하여 CBR 물질을 탐지하는 무인화생방정찰체계로 발전을 할 것이다.

미 해군연구소에서 개발하여 2009년과 2013년 오바마 대통령 취임식 행사를 지원 하였던 CT(Contaminant Transport)-Analyst는 화생방전을 가상한 한 개의 시나리오당 유체역학 등을 이용한 기존의 방법으로 1~2시간이 소요되던 오염물질 확산 경로를 불과 0.05초, 거의 실시간으로 정확하게 3차원 예측영상을 제공하여 우수한 성능을 입증한 바 있다.

* 투과성을 가진 전자파로서 10^{12} 를 의미하는 Tera와 진동수 단위인 Herz를 합성한 말임. 병리 조직진단을 비롯하여 우편물 등에 숨겨진 폭발물 비파괴검사나 마약을 찾아내는 데 활용할 수 있으며 통신 분야에서는 미래 주파수 확보와 광대역 무선 링크, 차세대 홈 네트워크에 사용된다. 미국, 일본 등은 21세기를 이끄는 유망기술 가운데 하나로 테라헤르츠파를 이용한 계측분석기술을 선정하여 개발하고 있다.



그림 3-53 CT-Analyst에 의한 CBR오염 확산 (예상)경로 영상



3.9.1 바이오기술과 새로운 의학적 대처

유전공학의 돌파구가 마련됨에 따라 인류에게 커다란 편익이 되는 방식으로 유전자를 현저히 변형하고 다른 유전자와 조합할 수 있게 되었다. 군의 입장에서는 인간의 특정한 유전적 결함이나 취약성 또는 그러한 결함을 창출하는 방법에 대한 지식과 병원성을 증가시키는 미생물이나 독소를 변형시키는 능력에 더 많은 관심이 집중되고 있다. 바이오기술에 의해 이론적으로 적에게 기존 유기체를 독성, 감염성 또는 안정성의 증가와 같은 특정한 특성으로 변형시킬 수 있는 기회가 제공된다.

현대의 기술발전은 또한 재조합 방식을 통해 저렴하게 대량의 복제 미생물을 생산하여 무기화할 수 있도록 하고 현재의 예방 또는 치료 개입을 피해갈 수 있는 미래전을 위한 “새로운” 작용제를 만들어낼 수 있는 가능성을 허용한다.

기술의 진보로 인해 생물학전 작용제와 유행성 질병에 대항하는 백신을 개발할 수 있는 보다 목적 지향적이고 조화된 접근방식이 가능해졌다. 여러 차례 백신을 접



중해야 할 필요성을 제거한 혼합백신의 개발은 실질적으로 군에 중요한 일이다.

상상할 수 있는 모든 작용제에 대해 보호를 제공하는 것은 불가능하겠지만 미래의 의학적 보호조치는 앞으로 생물전 작용제에 대한 최선의 보호를 제공하기 위해서는 보다 넓은 기반을 갖추어 줄 필요가 있는 것으로 보인다. 여러 작용제가 동시에 사용될 가능성이 높기 때문에 항균성 약품의 보충은 또한 즉각적 보호나 단기적 보호에 대해 추가적인 편익을 제공할 수 있다.

생물전은 여러 가지 이유로 많은 관심의 대상이다.

- 많은 잠재적 작용제는 즉시 이용이 가능하다. 이론적으로는 사망이나 질병을 유발할 수 있는 어떠한 미생물이나 독소도 생물무기로 이용될 수 있는 잠재력이 있다.
- 자연적으로 발생하는 감염성 작용제를 이용하여 의심스러운 적 부대에 유행병을 일으켜 전장에서 혼란스러운 질병 발생 상황을 연출하는 것이 가능하다. 자연적으로 발생하거나 인위적으로 전파된 미생물을 형성하는 포자(孢子)는 환경에 지속적으로 남겨지고 군사작전 과정에서 특정한 에어로졸 분무가 이루어져야 하는 경우도 있다. 환경 검출기를 사용하더라도 반드시 자연적인 오염과 인위적인 오염을 구분할 수 있는 것은 아니다.
- 많은 고전적 작용제들은 아주 기본적인 실험실 기법을 사용하여 단기간에 대량 생산될 수 있다. 소량의 작용제만 필요하다면 대규모 생산설비는 필요하지 않을 수도 있다.
- 이론적으로 생물학 작용제는 검출을 피하기 위해 유전적으로 변형될 수 있다.
- 생물학 작용제는 화학 작용제 및 핵 관련 작용제와는 달리 개발에 선행 물질이 요구되지 않는다.
- 생물 작용제는 특정 유전학적 목표를 대상으로 하도록 사용될 수 있다.

오염 제거절차를 조심스럽게 따르면 추가 피해 가능성을 줄이고 의무요원들이 피해자에게 적절한 치료를 제공할 수 있을 것이다.

일견해 볼 때 약품과 백신은 특정 생물 작용제에 대한 방어에 유망한 것으로 보인다.

사용되는 생물 작용제나 독소가 미리 알려진다면 항생제와 백신을 비축할 수 있다. 그러나 사용되는 생물 작용제의 정확한 성격에 대한 불확실성이 존재한다면 중



대한 문제가 발생한다. 작용제가 이미 알려진 것이라도 작용제를 효과적으로 퇴치하는 약품이나 백신의 약효를 명확히 알 수는 없다.

이러한 목적을 위해 약품이나 백신을 충분히 시험하기 곤란하고 노출수준과 공격 시점에서의 피해자의 상태 및 치료에 대한 유해 반응과 같은 변수를 예측하는 것이 불가능하기 때문이다. 2025년까지는 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 치료효율을 부분적으로 파악할 수 있을 것이나 결과를 확인하기 위해서는 여전히 통제된 실험실 실험이 요구될 것이다.

3.9.2 방사성 무기

방사성무기의 목적은 표적에 방사성 물질을 확산시켜 임의 구역 내 사람들이나 이곳에 들어가는 사람들에게 방사성 위해를 가하는 것이다. 보호조치가 갖춰진 병력, 특히 가압장치 및 여과 팩을 포함하는 집단보호 장치를 갖춘 차량에 탑승한 병력으로 하여금 오염된 지역을 신속히 통과하도록 하는 것은 가능하다. 그러나 군을 혼란시키고 지연시키기 위해 방사성 물질을 이용하는 것은 여전히 매력적일 수 있다. 상대적으로 낮은 기술 수준의 적이 방사성 물질을 획득하고 극단적인 경우에는 이를 이용하여 군사력을 혼란시키고 민간인에게 테러를 자행할 수 있다.

테러 무기에 의한 공황 상태와 지속적인 혼란의 영향은 이로 인한 피해와 손실 자체를 훨씬 뛰어넘는 결과를 충분히 가져올 수 있다. 실제로 방사성 물질의 구름을 확산시키는 것은 일반인들이 상상하는 것보다는 훨씬 더 어려운 일이다. 방사성무기는 테러분자나 그 밖의 비국가 행위자에 의해 사용될 가능성이 훨씬 더 높다. 세계의 많은 지역에서 이루어지는 연구, 의료 및 그 밖의 방사선 발생원을 포함하는 방사성 위해물질의 통제는 신뢰성이 낮거나 아예 존재하지 않는다. 보안도 감시도 거의 없다는 뜻이다.

다음은 이미 널리 사용되고 있기 때문에 오염물질에 포함될 가능성이 가장 높은 방사성 동위원소들이다.



- 코발트 60은 자연계에 존재하지 않기 때문에 코발트 59에 중성자를 충돌시켜 제조한다. 이 물질은 방사성 촬영에 이용하는 병원, 연구시설 및 공학시험 설비에서 찾아볼 수 있다. 이 물질은 매우 투과성이 높은 감마선을 발생시키고 5.34년의 반감기를 갖는다. 테러분자들이 폭탄을 만들고 설치하는 동안 자신이 감마선에 노출되는 것이 문제가 될 것이다.
- 세슘 137도 자연계에 존재하지 않고 핵반응에 의해서만 생성된다. 정상세포가 세슘 137에 노출되면 암 세포로 변화되지만 반대로 이를 이용해서 암 세포를 죽이고 암 치료를 포함하는 방사선 치료를 위해 병원에서 사용된다. 반감기가 30년이고 매우 투과성이 높은 감마선과 베타선을 방출한다.
- 스트론튬 90. 이 동위원소는 고에너지를 방사하고 반감기도 적당히 긴 장점이 있으나 핵폭발로 인한 방사성 낙진 중에서 가장 위험한 성분이기도 하다. 특히 많은 열량과 수명이 긴 전지를 요구하는 인공위성과 우주탐사선의 전지로도 이용되는데 1g의 스트론튬 90이 시간 당 0.9w의 에너지를 낼 수 있으며 반감기가 28.7년이나 되기 때문이다. 또한 해양 부표, 의료연구와 원격 기상관측소를 위한 원자력 동력원으로 이용된다.

3.10 비살상 무기

최근의 전쟁양상은 강대국 간의 대규모 전쟁 가능성은 희박해지고 점차적으로 평화유지, 정전협정 준수여부 감시, 분쟁지역관리 등의 전쟁이 아닌 활동에 군이 투입되는 경우가 증가하고 있다.

이에 따라 군인에게는 상당한 전투력을 제공해 주면서도 인명 살상과 재물파괴를 최소화하는 비살상 무기(Non-Lethal Weapon, NLW)에 대한 관심이 높아지고 있다.

비살상무기의 일반적인 정의는 “명백하게 낮은 치명도 또는 영구적 부상 확률로 사람을 무력화시키거나 격퇴하기 위해 혹은 환경에 대해 바람직하지 않은 피해나

영향을 최소화하면서 장비를 무력화시키기 위해 설계된 무기”라고 정의를 하고 있다. 즉 목표에 손상을 입히기보다는 상대방의 감각 정보를 차단, 움직임 제한, 저항 의지를 낮추거나 행동 불능 상태로 만드는 데 그 목적이 있다.

비살상 무기는 사용목적에 따라 대인(對人) 및 대물(對物), 즉 대(對)기반구조의 두 가지로 구분할 수 있다. 대인 목적에는 전형적으로 군중통제, 개인 무력화, 개인의 지역 출입 금지 및 설비, 구조물 또는 지역 소개와 같은 임무가 포함된다. 대물, 즉 대(對)기반구조 역할에는 차량, 운반체 또는 항공기의 지역 출입금지, 차량, 운반체, 항공기 또는 장비 및 무선주파수 장치의 무능력화 또는 무력화와 같은 임무 등이 포함된다.

또한 작동원리를 기준으로 구분하면 섬광탄, 폭동진압용 가스나 스프레이와 같은 충격용, 그물이나 초강력 접착제와 같은 고착용 그리고 EMP탄이나 지향성 에너지 무기 등의 병기/기계용이 있다.

이러한 시스템에는 강렬한 가열감각을 일으키고 사람이 빔 경로를 벗어나거나 빔이 꺼지는 경우에만 가열감각이 중단되는 RF(무선주파수) 장치, LRAD(Long Range Acoustic Device)와 같이 강렬한 불쾌감을 유발하는 음향장치나 악취탄 등이 포함된다. “스티키 쇼커(Sticky Shocker)”와 같은 전자파 충격장치는 의복에 달라붙어서 짧은 고전압 펄스 충격파를 발생시키는, 예리하지 않은 발사체를 이용한다. “스티키 쇼커”의 특성은 이미 잘 확립되어 있는 안전한 전기충격장치 테이저(Taser)와 유사하다. 또한 최근의 테이저들은 단순한 전기충격 뿐 아니라 신경계통에 일정한 마비 효과도 줄 수 있도록 개량되고 있다. 아스팔트, 콘크리트, 풀밭 및 목재와 같은 처리된 표면상의 사람이나 차량의 움직임을 억제하기 위해 아주 미끄러운 점성 겔(gel)을 뿌리는 방식의(화학물질) 마찰 방지제(Anti-Traction)를 이용할 수도 있다.

이러한 물질을 이용하면 군이나 경찰 요원이 군중과 장비를 막거나 지연시킬 수 있고 대사관, 하역장, 부두 또는 그 밖의 제한지역과 같은 설비를 격리시킬 수 있다. 또한 전도성의 탄소섬유를 살포하여 전력시설 및 장비들에서 전기적 단락, 누전 및 방전 등을 발생하여 마비 및 파괴시키고 이어서 적의 전투력을 저하시키는 탄소 섬유탄(예, CBU-94 Blackout Bomb)은 코소보 사태 때 유고슬라비아 전역 전력의 70%를 차단하는 효과를 입증한 바 있다.



그림 3-54 비살상 무기

(왼쪽 상으로부터 시계방향으로 날씨조작, 탄소섬유탄, 음향발사장치(LRAD), Taser 건)



날씨조작 기술은 향후 무인기 등을 사용하여 레이더로부터 은폐가 가능하도록 하고 전투기와 동일한 속도 및 발열량을 달성할 수 있는 연구가 진행될 것이며, 요구되는 시간과 지역에 국지적인 강우를 유도하기 위한 더욱 강력하고 효과적인 극초단파 발진기 등의 장비와 친환경적인 화학물질 개발에 집중할 것이다.

신속 장벽 및 그물(Rapid Barrier & Net)에는 현재 도로를 차단하기 위해 순간적으로 지면에서 튀어 오르는 시스템이 포함된다. 제조사는 이러한 장벽이 45mph로 달리는 7,500파운드 중량의 트럭을 세울 수 있다고 주장한다. 이러한 개념은 보트와 선박으로 확장될 수 있다. 이러한 체계는 장래의 대(對)해적 임무에 매우 유망할 것이며 적절한 그물을 사용하여 선박 프로펠러를 차단함으로써 해적 보트와 선박을 정선시킬 수 있다.

3.11 사이버방호

전쟁의 3개 차원이 확장되는 동안 제 4의 차원인 시간은 단축되고 있고 제 5의 차원인 사이버 공간은 그 중요성이 증대하고 있다. 현재 이러한 새로운 모순의 차원에서 ‘무어의 무법자들(Moore's Outlaws)’이 설치고 있다. 사이버 범죄를 억제하기 위한 공통적인 입법과 정책이 부족하고 조직을 넘나드는 위협의 성격으로 인해 범죄자, 비국가 및 국가 행위자들에 의해 증가하고 있는 이러한 차원의 불법적 이용을 방지하기 위한 방어시도는 지리멸렬한 상태이다.

사이버 공간을 지원하는 저변의 코드와 시스템이 점점 더 복잡해지고 글로벌 환경의 연결이 증가함에 따라 잠재적인 적들이 사이버 공간을 이용하는 것이 용이해지고 있다. 많은 경우에 적은 실질적인 피해를 유발하기보다는 단지 혼란만을 초래함으로써 그들의 목적을 달성한다. 최근의 전쟁에서 살펴볼 수 있듯이 연합군이 네트워크로 연결된 시스템에 크게 의존하고 있고 주도권을 확보하지 못하고 있으며, 적은 단 한 번만 성공을 거두면 되는 반면에 연합군은 모든 공격을 방어하지 않으면 안 된다는 현실에서 이것은 점점 더 어려운 일이 되고 있다. 이러한 유형의 위협으로부터의 방어에는 많은 비용이 소요되는 반면에 사이버 무기를 사용하는 공격은 실질적으로 무료일 정도로 저렴하다.

위에서 마지막에 지적된 사실은 누구라도 사이버 공격을 감행할 수 있음을 의미한다. 그러므로 어느 공격이든 원인을 찾기는 어렵다. 현재의 인터넷 구조에는 효과적인 추적 시스템이 결여되어 있기 때문에 어떠한 사이버 공격도 그럴듯한 서비스 부인 기능을 쉽게 심어 둘 수 있다. 침입과 공격으로부터 네트워크를 안전하게 지키기 위해서는 인원과 프로세스의 인증(Authentication)이 필수적이다.

앞으로의 개발에서는 공격자에게 공격하기 어렵고 비용이 소요되도록 만들기 위해 노력해야 한다. 하드웨어, 소프트웨어 및 네트워크 기술에 대한 보안을 밑바닥으로부터 다시 구축해야 한다. 최초의 사이버 전투에서 패배하면 전면적인 패배로 가는 결정적인 조건이 만들어진다는 말이 있다. 그러므로 이 분야의 개발은 특히 중요하다.



사용자 인증 기술 또한 일부 향상을 보이고 있으나 암호인증은 어느 시점에서는 암호작동을 수행할 수 있는 개인 장치로 대체되어야 한다. 스마트카드가 확산되고 개인 무선 통신장치를 이용하게 됨으로써 보다 우수한 인증을 달성하는 데 손쉽게 이용할 수 있는 상황이 전개되고 있다.

이러한 장치들은 사용자가 알고 있는 내용에 의존하는 추가적인 인증 요소와 결합되어야 하고 생체측정과 같은 추가적인 요소를 포함할 수도 있다. 이것은 시스템 관점에서 더욱 안전하고 사용자에게는 더 편리해야 한다. 보안의 3단계는 키 카드와 같이 사용자가 소지하고 있는 물건과 암호와 같은 사용자가 알고 있는 내용 그리고 생체측정과 같은 사용자 자신의 정체와 관련될 것이다.

암호기술의 개발은 지속될 것이다. 예를 들어, 타원형 곡선(Elliptic Curves) 기술의 개발은 보안수준을 일정하게 유지하면서 비대칭 암호해독을 가속화할 수 있다. 현재 정보 시스템 보호와 취약성 검출에 사용되는 여러 가지 톨은 그 밖의 다른 많은 보안 체계와 함께 정적인 균질 시스템을 지향하는 것을 목표로 한다. 무선기술과 개인 장치들이 더욱 확산되면서 시스템의 동적 성격과 다양성이 높아질 것이다. 이것은 동적 시스템에 요구되는 보안 서비스를 제공하기 위해 많은 보안체계의 재설계로 이어지게 될 것이다.

동일한 시스템 상에서 상이한 분류를 다룰 수 있는 다중 수준 보안시스템을 만드는 데는 아직 갈 길이 멀고 2025년경이나 그 이후에야 이용이 가능할 것이다. 그러나 가상 기계와 같은 기술은 실질적인 면에서는 부족하더라도 최종 사용자에게 부분적으로 동일한 기능을 제공할 수 있는 시스템을 만들어내는 데 도움이 될 수 있다.

3.11.1 사이버방호기술

중앙 집중화된 네트워크 관리 시스템은(특히 많은 인간 개입을 기반으로 하는 경우에) 새로운 군사적 도전에 대처하지 못할 것이다. 변경 관리능력을 개선하기 위해서는 인공지능을 기반으로 하는 동적 계획 메커니즘이 적기에 적합한 장소에 대한 전형적인 서비스 제공을 지원하게 될 것이다. 초기 사례에서는 패턴 인식방식이 유망한 것으로 보인다. 이를 해결하기 위해 다음과 같은 향상된 자기 감시능력을 갖춘 시스템이 개발될 것이다.

- 자기 진단/자기 적응/치유 플랫폼과 네트워크. 이러한 자기 관리 속성은 다음과 같이 정의될 수 있다.
- 자기 설정(Self-Configuring) - 자기 설정 컴포넌트는 동적으로 변화하는 환경에 자동적으로 적응하기 위해 IT 전문가에 의해 제공된 정책을 사용하여 IT 시스템의 변화에 대해 동적으로 적응한다. 그러한 변환에는 새로운 컴포넌트의 배치나 기존 컴포넌트의 제거 혹은 작업 부하의 극단적인 증가나 감소가 포함될 수 있다.
- 자기 치유(Self-Healing) - 자기 치유 컴포넌트는 혼란 상태를 발견하고 진단하고 이에 대응하기 위해 시스템 고장을 검출하고 IT 환경을 혼란시키지 않으면서 정책 기반의 시정조치를 시작할 수 있다. 시정조치에는 제품이 자신의 상태를 변화시키거나 환경 내의 다른 컴포넌트의 변화를 만들어내는 일이 관련될 수 있다.
- 자기 최적화(Self-Optimizing) - 자원을 자동적으로 감시하고 조정(Tuning)한다. 자기 최적화 컴포넌트는 최종 사용자나 사업요구를 충족시키기 위해 스스로를 조정할 수 있다. 조정행위는 전반적 이용을 개선하기 위해 자원을 재할당하거나 특정 사업 거래가 시기적절한 방식으로 완료되도록 한다는 것을 의미한다. 여기에는 동적으로 변화하는 작업 부하에 대한 적응이 포함된다.
- 자기 방호(Self-Protecting) - 모든 것으로부터의 공격을 예측하고 탐지하고 식별하고 방호하는 것이다. 자기 방호 컴포넌트는 적대적 행위가 발생함에 따라 이를 검출하고 자신의 취약성을 줄이기 위한 시정조치를 취할 수 있다. 적대적 행위에는 무단 접근과 이용, 바이러스 감염과 확산 및 서비스 공격이 포함될 수 있다.
- 지능형 에이전트(Intelligent Agent) 및 원격 (자기) 관리 기능.

3.12 군수

새로이 등장하는 지능형 체계는 변화하는 환경이나 적대적 환경에서 효과적으로 감지, 분석, 학습, 적응 및 기능 발휘가 가능한 발전된 체계의 배치를 가능하게 할



것이다. 지능형 체계는 전형적으로 비(非)중앙집중식 또는 분산형 입력을 이용하는 불특정의 동적으로 변화하는 환경과 시간에 따라 달라질 수 있는 국지화된 목표 하에서 작동하는 공간링크와 통신링크를 통해 상호 연결된 에이전트들의 동적 네트워크로 구성된다.

지능형 체계는 반드시 그의 환경에 관련된 정보를 수집하고 지정된 기능에서 그의 중요성을 분석하고 프로그램된 의사결정 논리에 적합한 최적의 행동과정을 정의할 수 있는 능력이 있어야 한다.

또한 미래의 군수, 병참 측면에서 주목해야 될 것은 앞으로 군에서 소요되는 물자들은 나노기술이 접목된 초소형 MEMS에 의해 크기가 매우 작아지게 될 것이고 이로 인한 저장, 보급, 수송 등을 위한 군수비용 역시 대폭 감소할 수 있을 것이다. 예를 들어 마이크로 센서나 프로세서들로 인하여 무기체계의 정밀화, 소형화가 가능하게 되고, 이는 전장 소요 물자 규모 자체의 감소로 이어지게 될 것이다. 항공기 등의 소형화로 항공기의 공역학(Aerodynamics) 손실 등의 대폭적인 감소가 가능하여 이는 유류 절감과 같은 부대비용의 절감을 유도할 수 있을 것이다.

또한 급식분야에서도 물자의 소형화로 현재보다는 굉장히 빠른 속도의 보급은 물론이고 식품의 신선도를 유지해주는 저장 온도를 유지해주는 초소형 센서나 기기들로 식품이 상하거나 폐기되는 것이 대폭 감소될 것이다. 이밖에 MEMS 기기들은 원격지에서도 임의의 지역에서의 화생방물질 같은 독극물 오염상태의 확인, 각종 장비 등의 누유, 불순물 유입 등을 파악, 실시간 대응을 할 수 있도록 할 것이다.

병참 영역에 대한 지능형 체계의 한 가지 구체적인 응용은 획득 프로세스를 단순화하고 자동화하는 것이 될 것이다. 대부분의 국가에서 혹은 모든 국가에서 주요 장비를 구매하는 데는 긴 시간이 소요되고 있으며 지금도 그 시간이 점점 더 길어지고 있다. 보다 작은 규모에서 지능형 체계는 재공급과 보충 프로세스를 자동화할 수 있을 것이다. “구매자”는 사람일 필요가 없고 무기체계에 내장된 마이크로 칩이나 소모품의 사용을 추적하는 재고관리 시스템의 일부일 수 있다.

스마트 부품은 고장이 발생하려고 한다는 사실을 검출할 수 있고 통신 시스템을 (예, 위성) 통해서 교체를 위한 주문 작업을 시작할 수 있다. 시스템들의 통합된 시스템은 그 부품에 대한 요구사항 평가를 자동적으로 수행한 다음에 적절한 예산을



식별하고 수리 설비에서 공간을 배정하고 유지보수 요원에 대한 임무를 지정하고 구매와 납품을 위해 공급자 데이터베이스에 신호를 보낼 수 있다.

인간의 인터페이스는 내장된 시스템이 인간의 개입 없이 해결이 불가능한 문제에 직면한 경우에만 요구될 것이다. 성공의 열쇠는 전 세계적인 위성 기반 통신시스템에 의해 가능화된 시스템들의 자동화되고 통합된 시스템이 될 것이다.

이러한 시스템들의 시스템은 창고 보관기능이 크게 축소되고 분배와 이동 프로세스가 주요 기능이 되는 “적기 군수(Just-in-time Logistics)”의 제공에 즉시 적응할 수 있다. 그 결과 병참물량이 현저히 축소될 것이며 이것은 전체 프로세스를 더욱 경제화할 것이다.

이러한 개념은 “스마트 패키지(Smart Package)”의 개념으로 더욱 개발될 수 있다. 이러한 스마트 용기에는 작전지역에 필요한 물자가 채워지면 그 내용물을 파악하고 최적 경로에 의해 올바른 최종 목적지에 도달할 책임을 갖는 마이크로 칩이 포함되어 있다.

스마트 패키지가 내용물을 방출하려면 인증이 요구될 것이며 일단 개방되면(다시 한 번 위성 링크를 통해) 신청자에게 납품이 이루어졌음을 자동적으로 통제한다. 예를 들어서 잠재적 사용을 위해 어느 지역의 해안에서 떨어져 있는 해저에 이러한 패키지를 사전 배치하는 것까지도 생각할 수 있다.

군 운영자가(혹은 실제로 지능형 체계가) 특정 용기가 필요한 것으로 결정하면, 신호가 전달되고 용기 상의 통합 수송 시스템이 가동될 것이다. 패키지는 차후 처리를 위해 가장 가까운 관련 보급창으로 자체를 이동시킨다. 현재의 선박과 창고를 사전 배치하는 방식과 비교할 때 적의 공격에 의한 비축된 공급품의 취약성이 감소될 것이고, 또한 장기적인 임대비용도 줄어들 것이다.

미 육군은 미래의 병참 시스템은 첨단 기술들이 어우러진 융·복합기술들의 전시장이 될 것이라고 예측을 하고 있고 이 근간을 이룰 것으로 예상되는 핵심기술 분야로는 나노기술을 주축으로 지능형 시스템, 생체모방기술, 광대역 통신 및 콤팩트 전원장치 등을 꼽고 있다.



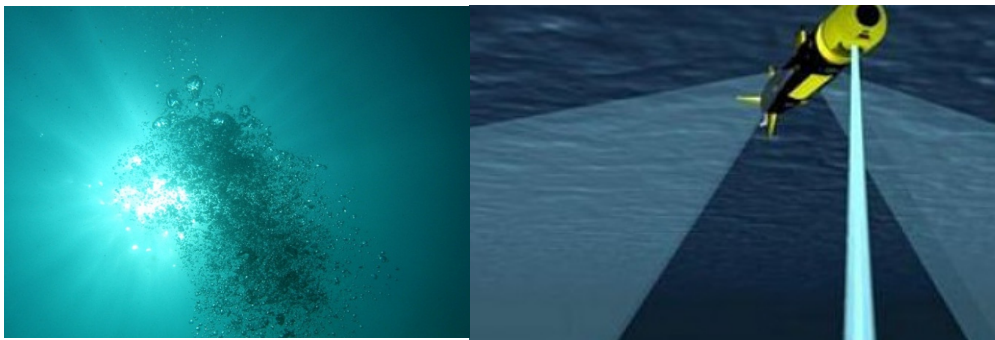
표 3-2 미래 기술들의 병참 응용 예측(미 육군)

| 나노기술 | 스마트 구조물 | 지능형 시스템 | 생물 모방 기술 | 광대역 통신 | 컴팩트 전원장치 |
|-------------------------|--|---|--|--|---|
| 어느 곳에든 가능한 제조 개념의 변화 | 매립된 센서를 통한 진동 댐핑과 감소 | 필요한 경우를 제외하고 인간의 개입 없는 병참 시스템 임무의 실행 | 의료 장비에 뼈의 부러짐이나 파열 및 전투 부상을 즉각적으로 치료할 수 있는 장비 포함 | 현장 사용자에게 유연성과 이동성을 갖춘 용이하게 배치할 수 있는 통신 통로 제공 | 연료와 동력 저장 및 분배 요건을 현저히 축소 |
| 현지 재료로부터의 합성 | 정비, 재보급 및 수송 요구의 감소 | 무인 지상 차량/항공기에 의해 전력 구조를 줄이고 시스템 응답 시간 개선 | 전투에 피해를 입은 장비 수리 | 고정된 유선통신 현장으로부터 병참 프로세스를 자유롭게 함 | 시스템으로서 병사의 작전 능력 개선 |
| 정교하고 극히 가벼운 재료 | 주변 온도 제어를 통한 저장 개선 | 위험하거나, 무겁거나 민감한 재료를 다루는 로봇 | 신속한 건강 상태 회복을 위한 맞춤형 백신과 의약품 | 데이터 전송 능력 개선 | 보병의 동력 요구에 대응; 냉난방, 컴퓨터 통신, 전송 |
| 매우 고속의 양자 컴퓨팅 | 용기의 조정에 의해 물체에 대한 피해를 감소시키는 중요한 자원을 위한 안전한 시스템 용기 및 다양한 충격과 영향을 받는 조건의 구조물 | 개인 무기체계를 감시하고 고장을 방지하기 위한 의사결정 지원 시스템 “두뇌” | 극히 높은 신뢰성을 갖추고 실질적으로 마찰이 없는 경량 구조물과 시스템 컴포넌트 | 데이터 보고 빈도 축소 | 화석연료에 대한 의존성 감소 |
| 화학/생물학 작용제에 대한 예방약품과 치료 | 외부 자극에 대응하고 그에 따라 적응하는 구조물 | 잠재적 컴포넌트 고장을 정확히 평가하고 전체 무기체계의 집합적 지식을 이용함으로써 군수품 분배 요건의 감소 | 전투 지역에서 성장 가능한 내충격성 물질 | 대규모로 사후 정보를 보고하는 무기체계 센서 통합 | 전력 공급원에 대한 재보급 요구 축소 |
| 초강력 섬유 | 접근과 거부 이력 유지/자동 재고 관리 | 다중 센서 감지 개발을 통해 개선된 병참 계획 | 경량 장갑(裝甲) - 경계 전체를 통한 병참 규모 축소 | 전체 공통 무기체계 집단의 개별적이고 독립적인 “건전성” 평가 | 배터리 처리와 관련된 환경 문제 감소 |
| 프로그램된 초고도의 신뢰성 | 화학/생물학 방어를 위한 군수품 감소 | 물체 처리를 위한 병력 구조를 감소시키기 위한 개선된 외골격 군복 수송 능력 개선 | 결함 탐지와 문제 해결을 위한 고해상도 센서 | 병참 통신 지원 구조의 시기 적절성 개선 | 독립 작전을 위한 소형 열펌프를 갖춘 용기와 장기적 전력 공급 능력 개발 필요 |



| 나노기술 | 스마트 구조물 | 지능형 시스템 | 생물 모방 기술 | 광대역 통신 | 컴팩트 전원장치 |
|---------|-------------------------------|---------------------------------|--|--------|----------|
| 병참수요 감소 | 즉각적인 전투 피해 평가와 고장 보고 | 중요한 항목의 운영이나 수리 과정에서의 위험한 노출 감소 | 초전도 물질의 개발은 현재 알려진 모터나 기어 없는 추진 장치 개발 가능 | | |
| 환경적 개선 | “생체 내” 감지와 통제를 포함하는 생물 의학적 적용 | | 비부식성 및 비침식성 | | |
| | 신속한 비파괴 시험 응답 (서비스 중단 시간 축소) | | | | |

그림 3-55 미 DARPA가 개발 중인 심해물자저장(UFP) 시스템의 개념



미 국방고등연구소(DARPA)는 우발사태 등이 예상되는 해역 해저에 무인기, 센서, 또는 기만체계 등 전시 물자를 장기간 저장해놓고 유사 시 원격 무선장치를 통해서 해당 지역의 해상작전에 투입한다는 새로운 개념의 연구개발 사업을 착수하였는데 이러한 개념은 사태가 발생하면 항공기로 군사 장비를 작전지역까지 수송하거나, 목표물에 직접 타격하는 방식으로 수행되어온 지금까지의 상대적 고비용의 작전개념을 완전히 뒤집는 개념이라 할 수 있다.

이러한 심해물자저장(UFP: Uploading Falling Payload) 시스템의 개발이 성공하면 미국 또는 연합군 해군은 최소한의 전투함과 항공기로 광활한 바다에서의 작전을 효율적으로 수행할 수 있을 것이며 매년 국방예산의 압박을 받는 현실에 대응하는 매우 적절한 저비용 고효율 시스템의 하나로 자리를 잡을 것으로 보인다.

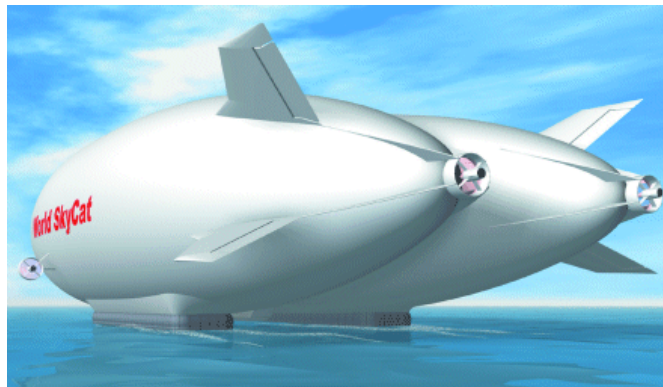


3.12.1 전략적 수송

장래 예측은 차이가 많지만, 2030년까지 발전된 선체 설계, 고출력의 연료 효율적 기기 및 경량 고강도 재료를 사용하는 발전된 구조 설계에 의해 항속 거리가 10,000해리이고 5,000톤의 유효 탑재량을 운반하면서 40노트까지의 속도에 도달할 수 있는 선박을 건조하는 것이 기술적으로 타당성을 가질 것이며 일부 보고는 해상 상태 (Sea State) 7에서 60노트 이상의 속도를 낼 수 있을 것이라고 이야기하고 있다.

또한 비행기와 비행정을 접목한 새로운 최첨단 초대형 하이브리드 수송 비행선 (Airship)이 전략적 대규모 수송의 새로운 시대를 열게 될 것이다. 항공기에 의한 수송보다는 느리지만 훨씬 저비용이 소요되고, 수송 함정보다는 비용이 더 많이 들지만 훨씬 빠른 개념의 수송수단이다. 2025년까지 취역하게 될 공기보다 가벼운 (Lighter Than Airship, LTA) 비행선 중 하나는 SkyCat 1000이며, 그의 추정 용량은 1,000 톤, 속도는 100노트, 항속 거리는 8,000해리가 될 것이다.

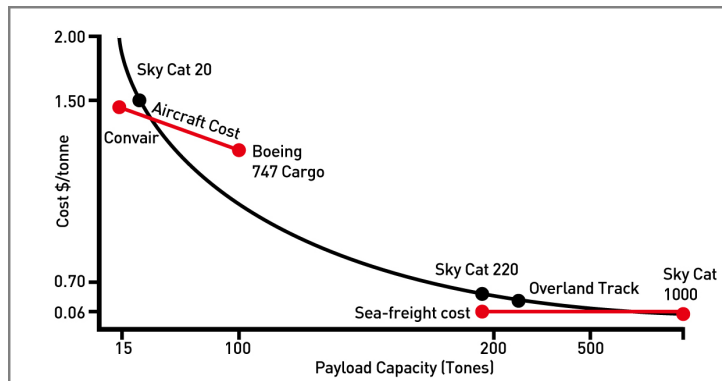
그림 3-56 대규모 수송을 위한 비행선 World SkyCat



현재까지 개발된 16톤 수송용량의 SkyCat-20 비행선의 표준 항속거리는 2,400해리이다. 이러한 초대형 수송 비행선의 장점으로는 한 번에 대규모 물량의 수송이 가능하면서 활주로도 필요 없고 동토지대나 험준한 구릉지대 등에 상관없이 이착륙이 가능하고 물론 이착륙을 위한 지상요원도 필요가 없다는 점이다. 현재 SkyCat-20의

경우 가격은 약 3,000만 달러이고 운용비는 시간당 약 1,000달러이다. 또한 연료효율성 측면(ton/km)에서 비교하면 C-130J 수송기의 50% 이하이고 40톤 트럭에 비해서는 25% 정도에 불과하다.

그림 3-57 수송비용 비교 (World SkyCat 인용)



3.12.2 개방형 제작(Open Fabrication)

클라우드 소싱(Crowd Sourcing) 원리를 적용하는 새로운 협조적 설계 프로세스는 산업설계에 DIY Wikis와 같은 개방 소스와 직접 조립(Do-It-Yourself, DIY) 방식의 지식 공유 플랫폼의 신속하고 가벼운 그야말로 혁신적인 능력을 갖도록 할 것이다. 새로운 제품은 여러 업체에 만연한 긴 리드 타임(Lead Time) 설계주기를 타파할 수 있을 것이다. 물체의 설계파일을 온라인에서 폭넓게 이용할 수 있기 때문에 제품의 구현에 있어서 사용자 자신이 특정한 요구에 적합하도록 상품을 수정하고 적응시키거나 예상하지 못한 문제를 다루는 것이 가능하다.

협조 생산의 장래는 크게 다음 두 가지에 달려 있다.

- (1) 물건을 어떻게 만들어야 할지에 대한 설계파일과 아이디어의 개방된 교환을 증진하는 것을 목표로 하는 설계 공유 플랫폼 같은 싱기버스(Thingiverse) 관심 집단의 개발
- (2) 설계 경험이 제한적이거나 전혀 없는 사람들에게 보다 강력한 설계 소프트웨어에 대한 접근성 개선



급조 폭발물(IED, Improvised Explosive Device)을 위한 방아쇠나 신관과 같은 무기 관련 부품이나 IED 자체를 만들 수 있는 잠재력은 오늘날에도 존재하고 앞으로 향상될 것이다. 제한된 제작 재료로 기본적으로 플라스틱으로 저렴한 비용의 물체를 만들 수 있는 능력이 있다면 작전지역까지 수송해야 할 군수품의 양이 줄어들 것이다. 또한 부품을 재고로 유지하기보다는 필요할 때 현장에서 제작하는 것이 가능하다.

3차원(3D) 스캐닝과 3차원 인쇄

현재 공개적으로 제공되는 3D 스캐닝 장치(예, XBOX KINECT 스캐너)를 이용하여 기존 제품의 복제품을 만들 수 있다. 이 장비는 상세 제작 설계도가 없는 경우에도 대규모의 제작 집단으로 하여금 점점 더 다양한 기술 제품을 만들어내는 것을 가능하게 한다.

2012년 7월, 파이낸셜타임즈지는 3D 프린팅이 인터넷보다 더 큰 파괴력을 발휘할 것이라고 전망을 했다. 3D 프린터는 입체적인 사물을 출력해내는 단순한 기계가 아니며 3D 프린팅 시스템을 통하여 전통적인 제조방식에 일대 혁신을 일으킬 것이라고 많은 전문가들이 예측을 하고 있다. 이것은 무기의 설계 및 제작 등 군사 분야에 있어서도 큰 변화를 가져올 것으로 전망이 되고 있다.

최근 3D 인쇄는 개방형 제작 분야에서 특히 높은 잠재력을 갖는다. 비율에 맞는 3D 물체를 인쇄하는 능력은 장래의 DIY에 매우 유망한 도구이다. 3D 스캐닝, 3D 사진 및 3D 세어웨어 컴퓨터 지원 소프트웨어와 같은 기술을 결합하면 거의 모든 목적을 위한 부품과 부분품을 만들 수 있는 강력한 애플리케이션으로 귀착될 것이다. 현재 3D 인쇄는 일반적으로 플라스틱을 이용하여 작은 물건을 인쇄하는 것으로 제한되지만 3D 인쇄와 유사한 기술을 이용하여 콘크리트로 완전한 주택과 같은 더 큰 물건을 ‘인쇄’하는 것도 가능하다. 이 특정한 기술은 자연재해나 그 밖의 재해에 의해 심각하거나 극심한 정도로 파괴된 건물의 신속한 대체 역시 가능하게 할 것이다.

그림 3-58 3D 프린터에 의해 제작된 무인기의 비행시험 모습



오늘날의 3D 프린터는 일반적으로 단 한 가지 물질로 구성되는 물건을 만들어 내는 것으로 제한되어 있다. 따라서 앞으로는 다양한 복합물질로 구성되어있는 제품을 만들어 내는 것이 이슈가 될 것이다. 그러나 복합물질 장비의 개발은 순조롭게 진행되고 있고 그 기술은 매우 빠르게 발전하고 있다. 과학자들은 아직도 그 기술의 결함을 해결하는 과정에 있지만, 디지털 설계도, 프린터 및 공기 중에서 몰딩 가능한 polymer(重合體) 또는 플라스틱 팽창기(soar)를 사용하여 완전한 무인항공기를 제작할 날도 멀지 않았다고 한다. 최근 미 해군에서는 3D 프린팅을 이용하여 실험용 무인기를 제작 비행에 성공하였는데 이 공극의 목표는 3D 프린터로 만들어진 무인비행기가 제대로 된 전자부품과 동력장치를 달고 나와서 바로 비행에 성공하는 것일 것이다.

표적 또는 관측용 플랫폼으로 사용하기 위하여 군함, 전방 작전기지 또는 재난구호작전 중 교체 가능한 무인항공기를 찍어내는 3D 프린터의 능력은 해군 및 해병대 전투원에게 큰 도움이 될 것이다.

3D 스캐너는, 3D 인쇄 및 사진합성 기술과 함께 사용자로 하여금 여러 장의 물체 사진으로부터 3D 모델을 만들어낼 수 있도록 한다. 이러한 기술은 데스크톱 제작장치(Fabricator)의 유용성을 높이는 또 다른 경로를 제공한다.

상대적으로 높은 충실도로 기존 물체를 근사하게 만들 수 있는 능력이 제한된 집합의 파라미터 내에서 디지털 설계를 수정하고 가다듬을 수 있는 능력과 조합되면



제작자가 그의 특정한 틈새 요구에 대한 기반으로 실제 세계에서 물체를 신속하게 식별하고 이용할 수 있는 기회가 창출된다.

3D 프린터는 무에서 유를 창조할 수 있는 능력이 있음을 빠르게 입증해 가고 있으며, 그 능력은 무인기를 비롯한 보급품에 이르기까지 다양한 군사부문의 요구를 이루어 줄 수 있는 부분에 있어서 핵심요소가 될 것이다.

좋아하는 물체를 보았을 때 휴대전화로 몇 장의 사진을 찍어 컴퓨터에 업로드하고 그 물체의 3D 설계를 만들고 그것을 인쇄하도록 요구하는 상황이 이제 더 이상 상상속의 세계에서만 이루어질 수 있는 일이 아니다. 이제는 개인이 필요한 물건을 집에서 3D 프린터로 제작해서 사용하는 날이 온 것이다. 최근 미국에서 3차원 프린팅 기술을 이용하여 제작된 플라스틱 권총이 세계 최초로 시험발사에 성공하여 논란이 되고 있다.

일명 'The Liberator'라고 불리는 이 권총은 온라인 쇼핑몰에서 8,000달러에 판매되는 3D 프린터로 출력된 16개의 플라스틱 부품을 조립해 제작됐다. 이 3D 프린터의 가격은 현재 500달러까지 떨어졌다. 클라우드 컴퓨팅의 계산능력에 의해 모든 기존 물체의 고해상도 영상이 인쇄 가능한 3D 모델로 전환될 수 있는 것은 단지 시간문제일 뿐이다.

그림 3-59 3D 기술로 제작되어 시험발사에 성공한 권총



인간 조직(Human Tissue) 인쇄

지난 25년에 걸친 계산 능력의 발전은 생명과학의 비밀을 푸는 열쇠가 되었다. 미래 세대들은 생물정보학(Bioinformatics)*을 계산을 위한 가장 중요하고 광범위한 애플리케이션으로 간주하게 될 가능성이 있다. 생명 물질을 이용한 3D 인쇄는 저렴하고 깨끗하며 효율적으로 살아있는 조직을 만들 수 있도록 하여 생체, 신체 및 식품에 대한 우리의 생각을 뒤바꾸게 될 것이다.

최근 과학자들이 3D 프린터를 이용해 인간배아 줄기세포로 이루어진 3차원 구조물을 만들어내는 데 성공하고, 산업계에서는 우수한 기능의 3D 간 조직을 만드는 데 성공함으로써 이전보다 훨씬 기능적인 인체조직을 복제할 수 있는 바이오 프린팅 기술이 가능하다고 전하고 있다. 이 기술을 발전시키면 실험실에서 3차원 인체 장기를 만들 수 있어 장기기증이나 동물실험의 필요성이 없어지게 될 것이다.

그림 3-60 3D 프린트 기술로 세포 조직을 복제할 수 있음을 보도한 네이처 기사. 네이처 캡처 화면



* 생물학적인 문제를 응용수학, 정보학, 통계학, 인공지능, 화학 및 생화학 등을 이용하여 주로 분자수준에서 다루는 학문. 주 연구 분야는 서열정렬, 유전자 검색 및 조합, 단백질 구조 예측 및 진화모델 등 다양하다.



이제는 세포조직을 3D 프린터로 만드는 원천기술을 확보함으로써 실험실에서 사람의 뼈와 살이 만들어지는 영화 같은 일이 벌어질 날이 올 수도 있을 것이다.

또한 최근 미국의 IT 전문 미디어 씨넷은 3D 프린터로 인공 손가락을 만들어 어린이들을 돕고 있는 사례를 소개하였다. “로보핸즈”라 불리는 이 보조장치는 손목과 팔로 움직임을 제어할 수 있게 디자인 됐다. 3D 프린터와 케이블, 번지 코드 등을 이용하여 만들었기 때문에 제작비용이 적게 들고 동전을 줍는 것 같은 섬세한 동작도 수행할 수 있다. 로보핸즈 설계도면은 3D 프린터 도면 공유 사이트인 “싱기버스”에 공개됐다.

그림 3-61 3D 프린터로 제작한 손가락 보조장치 ‘RoboHands’



컴퓨터 지원 설계(Computer Aided Design, CAD)

차세대 CAD 소프트웨어는 인쇄에 사용되는 물체의 물리적 및 분자학적 능력을 감안하게 될 것이다. 사용자는 물체에 가해지는 스트레스를 표시할 수 있고 소프트웨어에 구축되는 계산 프로세스로부터 편익을 얻을 것이다. 그러한 계산 프로세스는 사용자가 내구성을 갖추고 원하는 최종적 아름다움을 대표하는 설계를 창출하는 것을 지원할 것이다. 실질적인 물리적 성질과 재료의 능력을 만들어내는 설계의 내면에 반영하는 소프트웨어가 연구되고 있다.



개방형 제작의 동향을 살펴보면 다음과 같다.

- 심장, 콩팥, 허파와 같은 인간 장기의 3D 인쇄
- 플라스틱이 아닌 다양한 재료를 사용하는 3D 인쇄
- 고도로 복잡한 부품과 기술적 시스템의 제작이 누구에게나 가능해진다.
- 군용 임시 예비 부품의 3D 인쇄 제작

3.13 생체 모방 기술과 나노기술

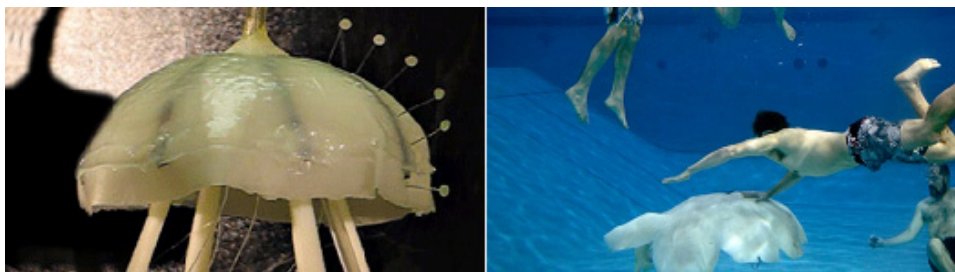
자연을 스승으로 삼고 자연의 지혜를 배우려는 생체 모방 기술(Biomimetics)은 자연에서 발견된 방법과 시스템을 공학체계와 현대 기술의 연구와 설계에 응용하는 것이다. 진화는 전형적으로 자연적 시스템으로 하여금 고도로 최적화되고 효율화되도록 압력을 가하기 때문에 이러한 기술전이는 바람직한 것이다. 이 기술은 지구 생명체에 대해 이루어진 40억년의 제품 개선 역사를 이용하는 것이다. 생체 모방 공학은 이미 우리의 실생활에서 응용되어 상어의 비늘로부터 유체저항을 줄이는 원리를 응용한 수영복, 벌집의 육각형 구조를 모방해 개발한 자동차의 충격흡수장치, 도마뱀의 발바닥 생김새를 모방한 접착제 제품의 개발로 이어져 왔다.

자연을 모델로 이용함으로써 오늘날의 여러 가지 기술적인 문제를 해결할 수 있을 것이다. 이러한 유형의 자연에 대한 개념은 기술적 설계에 관련된 여러 문제에 대한 해결책을 제공할 수 있다.

이것은 단지 기술적 해결에만 제한되지 않고 특정한 기술적 문제를 극복하는 데 자연이 이용하는 방식에 대한 해답도 제공한다. 최근 미 해군은 해파리의 생태를 이용한 수중무인로봇을 개발하고 있는데 개발과정 간 해파리의 행태학에 대해서 계속 연구를 하고 그 결과를 로봇의 메카니즘 설계에 반영하고 있다.



그림 3-62 로봇해파리(Cyro)와 수중시험 모습



또한 의학 및 생명공학 분야에 나노기술을 적용하여 전투과정에서 발생할 수 있는 위험에 대한 신속한 예방 및 대처 등이 가능할 것이다.

한 가지 실례는 고정익(固定翼) UAV(무인 항공기)의 정지거리 단축이다. 오늘날의 고정익 UAV는 항공기를 정지시키는 데 긴 착륙 활주로가 필요하다. 군사작전 중에는 이러한 중요한 요구사항을 충족시킬 수 없는 경우가 많다. 군용 무인 항공기 이용의 중요성이 커지고 있기 때문에 앞으로 매우 짧은 활주로 상에 무인 항공기를 착륙시키기 위한 해결책을 반드시 찾아야 한다.

이 문제는 또한 다른 모든 고정익 항공기에도 관련된다. 고정익 항공기의 경우 공기역학으로 인해 특정 범위의 항공기 날개 각도는 허용되지 않고 또한 양력을 만들어내기 위해서는 최소한의 대기속도가 요구된다. 자연에서 찾아낸 혁신적인 방식을 이용하여 모형 항공기가 새처럼 전선 같은 줄 위에 착륙할 수 있는 제어 시스템이 개발되었다.

이 제어 시스템은 새가 한 지점에 앉을 때 이용하는 것과 같은 감속방법을 적용한다. UAV나 더 큰 항공기도 새와 같은 방식으로 착륙할 수 있도록 하는 이러한 유형의 자연의 혁신적인 방식이 포함된 미래의 착륙 체계가 개발될 수 있다.

생체모방 기술이 주목받고 기술수준이 급격히 발전되고 있는 근간에는 나노기술의 발달이 있다. 즉, 생물체의 구조와 기능을 분자수준에서 파악할 수 있게 됨에 따라 생물체의 재해석과 설계가 가능하여졌다. 유럽에서 나노기술은 ‘Nano meets Bio’로 불릴 만큼 다른 분야 사이의 융합과 연결을 가능하게 하는 기술(Enabling Technology)로 인식되고 있다.

생물 세계에서는 현저한 특성을 보이는 본질적으로 복잡한 물질과 구조가 발견된다. 이러한 많은 생물학적 체계는 다양한 길이 규모의 구조물로 조직된 분자 덩어리가 관련되는 여러 수준의 자기 조립(Self-Assembly)을 통한 구성으로부터 기능성을 도출한다.

그 결과는 분자, 나노 규모, 미세 규모 및 거대 규모 수준을 통해 특정 용도에 맞춤형된 최적의 구조이며, 이것은 종래의 형평을 기반으로 하는 합성 조립방식을 통해서 얻을 수 없는 것이다. 생체 모방 물질의 비부식성, 경량성과 같은 우수한 강도와 그 밖의 특성은 많은 병참 관련 문제와 부담을 해결하고 감소시키는 데 적합하다.

나노기술은 나노미터 규모의 구조물, 재료 및 장치의 특성과 성능의 극적이고 혁신적인 향상을 달성할 수 있다. 이러한 작은 규모에서 구조물을 조립하면 보다 높은 신뢰성, 저비용에 우수한 성능을 갖춘 보다 유연성이 있는 전자, 자기, 광학 및 기계 장치를 제작할 수 있을 것이다. 특히 나노기술이 군사기술 분야에 가져올 변화를 살펴보면 먼저 과거보다 훨씬 우수한 다기능 전자회로를 만들 수 있다.

벌레 크기의 초소형 감시, 정찰용 무인 무기를 훨씬 근접한 거리까지 침투시켜 정보를 수집하는 임무가 가능하여 무인무기나 비화약에너지 무기를 비롯한 군사기술의 실용화 시기, 범위가 사실상 나노기술의 발전에 크게 의존할 수밖에 없을 것이다. 또한 부피와 무게는 줄어들면서도 내구성은 훨씬 강화된 복합 신소재의 개발이 가능해질 것이다.

의학 및 생명공학에 나노기술을 적용하면 전투과정에서 발생할 수 있는 위험을 신속히 예방, 대처하는 효과를 볼 수 있을 것이다. 보병용 전투복이 위장을 위해 카멜레온처럼 주위 환경과 같은 색깔로 바뀌거나 폭발물 혹은 대량살상무기의 존재를 감지하여 즉시 경고신호를 보내고, 적의 탄환이 날아오면 자동적으로 전투복 재질이 방탄용으로 강화되며, 병사가 부상을 당해도 전투복에서 스스로 소독 및 치료 기능을 작동시키는 등 상상 속의 일들이 얼마든지 가능해질 것이다.

미 육군 연구개발사령부(RDECOM)와 특수전사령부(USSOCOM)는 미래형 전투복 TALOS의 개발에 착수하였다. 탄도 방호력과 전장상황인식능력이 강화되고, 병사에게 초인적 힘을 제공하도록 설계된 첨단 보병전투복 TALOS는 3년 이내에 목표 능력의 야전배치 타당성을 결정한다는 목표를 갖고 추진하고 있다.



장갑을 갖춘 동력구동 외골격계, 동력 모니터링, 통신기 및 안테나, 인지 성능, 센서, 소형 회로, 광역 네트워크 장치 및 내장 컴퓨터 등 광범위한 계열체계를 통합하면서 피부 내·외부 온도, 심장박동수, 자세 및 수분상태 등을 관찰하는 센서가 내장된 생리학적 부체계도 장착된 첨단 시스템 전투복이다.

그림 3-63 미 육군이 개발 중인 미래형 전투복 개념



3.14 에너지

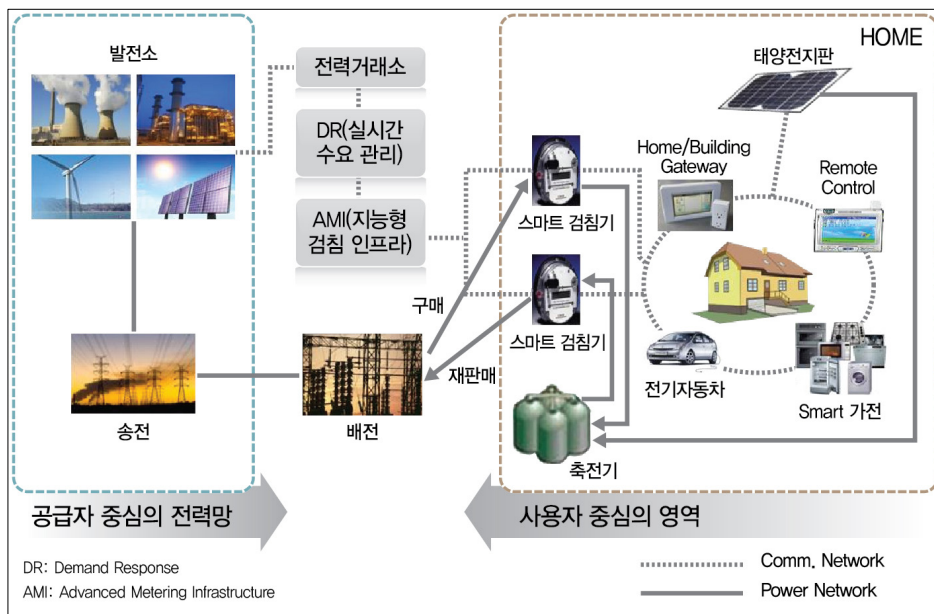
윈스턴 처칠은 석유의 안전과 안보는 오로지 다양성에 의해서만 결정된다고 말한 바 있다. 에너지 안보는 에너지 상호 의존성을 향한 움직임보다는 동력원의 상호 의존성의 증가와 함께 이루어질 수 있다. 이러한 상호 의존성은

- (1) 에너지 효율
- (2) 공급 다변화
- (3) 글로벌 상호 의존성을 인식하는 공급/수요 동반자 관계 개발
- (4) 재생 및 대체 에너지 공급원의 증가라는 네 가지 갈래로 추구해야 한다.

이중에서 에너지 효율화는 가장 무난하면서도 안전한 대안이다. 군의 에너지 비용은 막대하기 때문에 효율을 개선하면 짧은 기간에 투자 회수를 달성할 수 있다. 운영 측면에서 에너지 병참선은 취약하고 많은 비용이 소요되기 때문에 효율개선은 신속한 결과를 가져온다. 이에 따라 공급 측면에서 수요 측면으로 초점이 이동되고 각종 체계는 보다 에너지 효율적이 되고 수요를 낮추게 된다.

서구 각국의 전력망 중 개인 소유의 전력망이 95%로 압도적이며, 취약한 감독 제어 및 데이터 획득(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA) 시스템을 갖고 있다. 그리드의 한 부분에서 일어난 작은 사고는 전력망의 많은 부분에서 연쇄적인 고장을 유발할 수 있다. 몇 가지 경향이 이러한 취약성을 가중시켰으며 이를 해결하기 위한 방법으로는 개방형 프로토콜, 공통적인 운영 체제, 다른 계통과의 상호 연결 및 현장 장비의 기능증대가 포함된다.

그림 3-64 스마트그리드 구성도





장래에는 몇 가지 개념에 의해 이러한 취약성이 감소될 것이며 여기에는 스마트 전력망(그리드)*, 전체 전력망에 연결되어 있지 않은 전력망인 에너지 섬(Energy Island), 전력망 의존도를 낮추는 무선 송전 및 전력망의 전체적인 효율을 개선하기 위한 그 밖의 새로운 에너지 효율화 기술이 포함될 것이다.

이와 관련된 가능한 안보 영향에는 이러한 기술의 많은 부분에 요구되는 희토류에 대한 안정적 접근이 있다.

이들 희토류는 현재 대부분 중국에서 발견되고 있으나 다른 공급원의 개발도 시작되었다. 더 먼 장래에는 수소와 핵융합이 자생력을 갖춘 에너지원이 될 수 있다. 수소는 화석연료만큼 에너지 함량이 높지 않고 대량 수송이 곤란하다. 수소 동력 공급원이 실질적으로 무한한 자원인 태양이라는 점을 감안할 때 수소의 여러 가지 긍정적인 속성과 그 중에서도 가장 중요한 오염을 일으키지 않는다는 사실은 이러한 문제에 대한 해결책을 촉진할 것이다.

주로 태양열과 같은 재생 가능한 수단을 통한 수소 생산이 달성되면 수소는 훨씬 더 높은 자생력을 갖추게 될 것이다. 그러나 태양광으로부터 수소를 생산하는 광전기화학전지는 소재의 선택에 한계가 있고 또한 수소 발생 효율이나 안정성 측면에서 아직은 상용화 단계까지 많은 연구가 필요할 것으로 전망이 된다.

그밖에 현재 진행되고 있는 수소에너지 대량생산 기술에는 나노구조 광촉매를 이용한 고효율 수소의 생산기술, 섭씨 950도의 높은 온도를 발생하는 특수한 원자로인 초고온 가스로를 이용하여 물을 분해한 뒤 대량의 수소를 생산하는 기술, 제철소 등에서 배출되는 일산화탄소를 미생물을 생촉매로 이용하여 바이오 수소를 생산하는 기술 등이 있다.

핵융합에 의해 제공되는 무한 동력도 핵융합을 자생력 있는 에너지원으로 만들기 위해 반드시 넘어서야 할 중요한 과학적인 장애물을 극복하기 위한 지속적인 연구를 촉진할 것이다. 핵융합은 핵분열과 정반대되는 반응으로 태양이 에너지를 내는 원리와 같아 ‘인공태양’이라고 부른다.

* 스마트 그리드(Smart Grid): 지능형 전력망이라는 의미로 전력회사의 통합제어센터와 발전소, 송전탑, 전주, 가전제품 등에 설치된 센서가 쌍방향으로 실시간 정보를 교환하며, 최적의 시간에 전력을 주고 받음으로써 가장 효율적인 전력의 생산과 소비가 가능한 시스템

그림 3-65 트레일러 장착 재생연료전지 시스템(미 해군)



핵융합 반응은 1억℃ 이상의 고온과 여러 가지 복잡한 장치와 기술이 필요하기 때문에 아직까지 상용발전에는 이용되지 못하고 있다. 현재 유럽연합, 일본, 미국, 러시아, 중국, 인도 및 한국 등은 토카막이라 불리는 핵융합장치를 이용한 국제핵융합실험로(ITER)*의 2019년 가동을 목표로 공동 연구를 하고 있다.

최근 미 해군은 트레일러 장착이 가능한 새로운 재생연료전지시스템(Trailer-Mounted Regenerative Fuel Cell System)을 개발 중인데 이는 물과 태양만을 이용하여 에너지를 생산하며, 특히 트레일러에 장착을 하여 원격지까지 이동이 가능하다. 재생연료전지와 태양전지판의 배열로만 구성이 된 친환경적 에너지 재생시스템의 가장 큰 장점은 오직 물만을 사용함으로써 연료공급과 관련된 군수지원요소를 크게 감소시킬 수 있다는 점이며 그밖에 거리와 장소에 구애를 받지 않고 운용을 할 수 있는 등의 장점이 있는 이 시스템의 발전용량은 약 5kw인 것으로 알려져 있다.

* ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor); 핵융합에너지를 이용한 에너지 과제를 해결하기 위하여 세계 각국은 개별적으로 추진하던 핵융합연구를 통합하여 국제공동 과학기술연구를 계획하였으며 이 일환의 사업이 'ITER'임.



3.14.1 콤팩트 전원 장치

새로운 전원장치가 배터리와 연료전지 등의 현재 기술과 관련된 근본적인 기술 수준을 넘어서 새로운 개념의 식별과 활용을 통해 전력과 에너지 밀도, 사용 온도, 신뢰성 및 안전성 등이 현저하게 향상된 초소형, 고출력의 콤팩트 전원장치가 개발 될 것이다.

효율적이고 긴 수명의 내구성을 갖추고 조용한 콤팩트 전원 장치는 전자 기기, 통신, 냉난방, 무기 및 추진 체계에 긴요한 요구사항이다. 미래의 전원장치는 현재의 배터리보다 10에서 100배까지 더 큰 에너지 밀도를 갖게 될 것으로 예상된다.

장래에는 사람이 휴대할 수 있는 전원 공급 장치에 대한 수요가 현재 배터리 기술에 의해 제공될 수 있는 수준을 넘어설 가능성이 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 현재의 연구는 니켈금속 수소화물(Nickel-Metal Hydride)과 리튬이온 화학 배터리 및 사람이 휴대할 수 있는 수소 연료전지 체계와 같은 발전된 배터리에 초점이 맞춰져 있다.

최근에는 나노구조를 이용하여 출력향상을 통한 성능향상 연구가 많이 진행되고 있다.

특히 리튬이온 전지의 경우 배터리 전극재료를 나노크기의 재료로 만들 경우 리튬이온의 상대적인 이동거리를 줄일 수 있고, 나노물질이 가지고 있는 높은 표면적은 더 많은 전해질과 접촉하게 해줌으로써 리튬이온이 이동할 수 있는 면적을 넓혀 주므로 높은 출력을 얻을 수 있다.

또한 ‘금속-공기’ 전지가 높은 에너지 밀도와 출력밀도를 갖는 전지시스템 기술개발의 해결책으로 제시되고 있다. 이 중 리튬-공기 전지의 경우 다른 금속에 비해 가솔린의 에너지 밀도와 유사한 10~15배까지의 높은 에너지 밀도를 가지고 있기 때문에 차세대 전지로 각광을 받을 전망이다. 전지의 충·방전 효율 및 수명이 낮은 기술적 장애를 극복해야 할 것이다.

또한 유연성과 용량 및 가격 등 리튬이온전지의 한계를 뛰어넘는 포스트 배터리가 미래 전지세계를 뒤흔들 파괴적 혁신기술(Disruptive Technology)로 부상하고 있고 2020년 이후에 리튬이온전지를 대체해 상용화될 것으로 전망이 되며 안경이나

시계, 옷 등 Wearable 제품의 IT 융합을 가속화시킬 것으로 기대가 되고 있다. 전기 차량의 새로운 시장과 발전된 휴대용 전원에 대한 군 수요의 증가를 감안할 때 배터리 기술은 각국의 전략적 안보상의 중요성을 갖는 문제가 될 수 있다.

3.14.2 대체에너지

대부분의 대체연료 기술은 향후 10년간의 군의 수요를 충족시키는 데는 입증되지 않았거나 비용이 너무 높거나 혹은 상업용 규모와 거리가 너무 멀다. 조류(藻類)나 현화 식물 카멜리나(Camelina)에서 얻어진 실험적 생물연료에 대한 연구가 집중되고 있다. 연료절약을 달성하고 온실가스 방출을 줄일 수 있는 방법으로서 에너지 효율에 대해 보다 많은 관심을 기울여야 할 것이다.

최근 RAND 연구에서 지적된 바에 의하면, 그러한 대체연료를 추구하는 경우에 가장 경제적이고 환경적으로 건전하며 시기적으로 가까운 후보자는 석탄과 바이오매스(Biomass)*의 조합을 이용하여 생산된 액체연료와 함께 생산 중에 방출된 탄소 배출물을 포획하고 저장하는 방법이 될 것이다. 바이오매스는 석유자원이 갖지 못하는 재생가능(Renewable)하고 탄소중립성(Carbon Neutral)의 2가지 장점을 가지고 있다.

많은 식물 기반 대체연료의 완전한 수명 주기 배출물은 특히 직접 간접적으로 이들이 초래하는 지구 전체의 토지 이용 변화의 정도에 대해 아직까지 충분한 연구가 이루어지지 않고 있다. 또한 식물에서 만들어진 대체연료는 또한 토지에 대해 식용 작물과 경쟁한다.

그러한 연료를 미국의 총 석유 소비량의 1%에 해당되는 하루 200,000배럴을 생산하는 데도 현재 미국에서 경작되고 있는 농지의 약 10%에 해당되는 면적이 소요되는 생산성의 문제와 곡물가격의 상승 등이 가장 큰 난제이다. 이에 대한 대체 방안으로 해조류를 이용한 바이오 에너지 생산기술의 개발에도 눈을 돌리고 있다.

특히 얼마 전 오바마 미 대통령이 미세조류(藻類)에서 생산된 바이오 연료에 대해

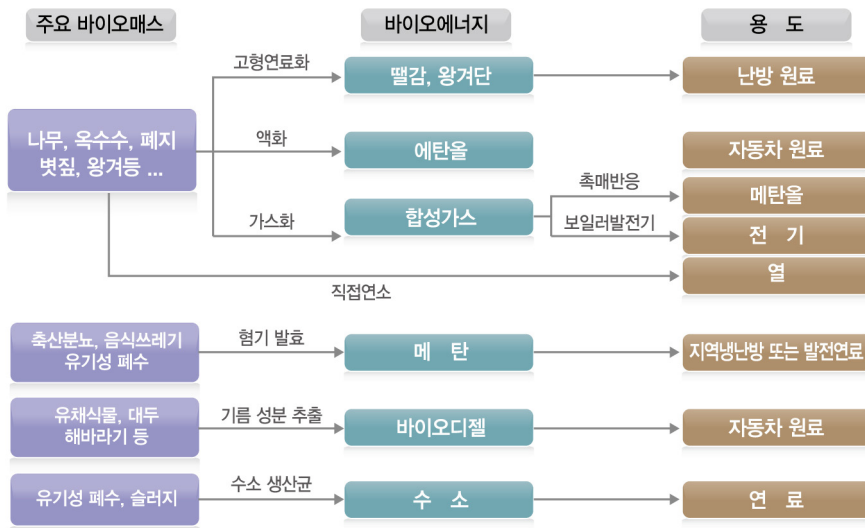
* 화학적 에너지로 이용되는 생물을 가리킨다. 딸나무, 숲, 생물의 기체 등을 포함한다.



언급하는 등 미세조류가 미래의 청정 에너지 및 소재 자원으로 주목을 받기 시작했다.

물에서 광합성을 하며 미세조류는 그 종류만도 10만 종 이상에 달할 정도로 많은데 햇빛과 물을 이용해 짧은 시간 동안 대량으로 생산이 가능하다. 미세조류는 바이오디젤 분야의 모든 작물 중 단위 면적당 오일 생산성이 가장 우수한 장점을 가지고 있다.

그림 3-66 주요 바이오에너지 생산과정과 용도



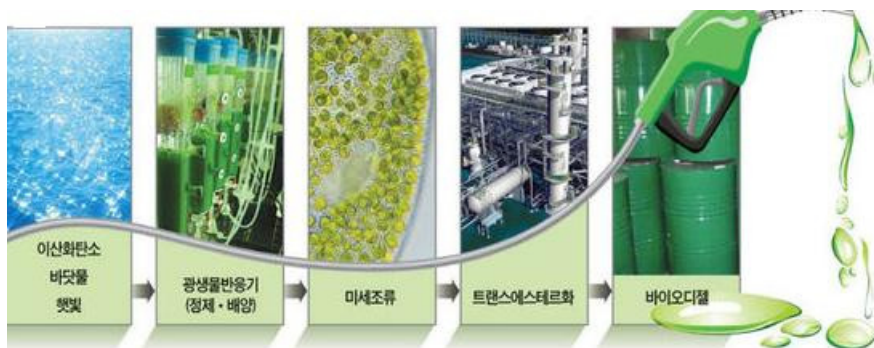
또한 옥수수나 콩과 같은 식량자원이 아니기 때문에 식량자원의 낭비라는 비판으로부터도 자유로운 에너지원이다. 이러한 미세조류의 장점을 이용하여 바이오디젤, 항공유, 에탄올 등 다양한 연료를 생산하는 기술개발이 한창인데 미세조류로부터 생산된 연료는 물성 측면에서도 우수하여 석유화학제품 대신 사용이 가능한 것으로도 밝혀졌다.

군사 분야에서도 이와 관련된 연구와 개발이 진행 중인데 2012년 미 해군에서는 미세조류에서 생산된 연료를 이용하여 헬기의 시험비행에 성공한 바 있으며 2013년 3월에는 4천톤 급 구축함을 2,000km 운항하는 데에도 성공한 바 있다.

현재 미세조류에서 생산된 디젤은 리터당 2.8달러로 아직까지는 경제성을 달성하

지 못한 상태이지만 생산원가를 낮추기 위한 기술개발 노력이 진행되고 있어 곧 인류의 주요 에너지원으로 부상할 것으로 전망이 된다.

그림 3-67 미세조류로부터 바이오에너지 생산 원리



바이오에너지는 수송용 연료로 사용 가능하고 원료접근이 용이하며 그리고 청정한 연료라는 점 때문에 고유가 시대에 화석연료를 대체할 연료로 각광받고 있다.

현재로서는 세계 수송수요에 대해 화석연료, 특히 석유를 대체할 수 있는 연료는 존재하지 않는다. 오늘날 세계 도로에는 8억 대의 차량이 운행되고 있고 2050년이 되면 그 수는 40억 대에 도달할 수 있다.

이러한 증가는 주로 빠르게 개발되고 있는 인도와 중국에서 이루어질 것이다. 이것은 안정적이거나 오히려 감소하고 있는 자원에 대한 전체적 수요를 현저히 증가시키고 관련된 기반구조의 개선을 요구하게 될 것이다.

화석연료에 대한 자생력 있는 대안은 전력을 재생 가능한 방식이나 에너지 효율적인 방식으로 얻을 수 있다고 가정하는 경우에 전기 자동차의 형태로 나타날 수 있다.

전체 에너지 고갈 차원에서 가장 큰 기대가 쏠리고 있는 것은 수소 저장장치이다. 미국 수소협회는 지난 2009년 ‘에너지혁명’이라는 보고서를 통해 2100년까지 모든 자동차를 수소연료전지 자동차로 바꾼다면 기존 화석연료 사용을 급속히 줄이면서 전체 온실가스의 20%까지를 낮출 수 있다고 공헌하였다. 그리고 이 에너지 혁명의 중심에 수소 저장장치가 있다. 현재 완벽한 청정에너지와 수소를 만드는 기술은 어



는 정도 수준에 올라와 있다고 할 수 있다. 그러나 기술적 문제는 이 수소를 적은 부피에 다량 저장할 수 있는 저장장치인데 이것을 해결하기가 쉽지 않은 실정이나 나노기술 등의 발전에 힘입어 몇 년 이내에 저장장치의 부피와 무게를 획기적으로 줄일 수 있는 기술이 성공할 것으로 전망이 된다.

최근 국내 연구진에 의해 액상 암모니아와 가솔린을 혼합한 연료를 사용해 이산화탄소 발생을 70%까지 줄이는 친환경 자동차를 개발하였다. 암모니아는 가솔린보다 폭발성이 낮고 액체 상태로 만들 수 있어 수소보다 수송과 저장이 용이하며, 수소연료 자동차가 자동차의 엔진 시스템을 완전히 바꾸어주어야 하는 것에 비해 실용적이다.

태양에너지의 이용은 향후 수십 년간 지속적으로 더욱 확장될 것이고 화석연료 매장량이 감소함에 따라 발생하는 에너지 부족을 해결할 수 있는 잠재력을 갖추고 있다. 태양발전 전력비용은 해마다 20%씩 떨어지고 있고 전통적인 전력비용은 매년 6~9% 상승하고 있다. 미국은 2015년까지 태양에너지 비용이 전력망 전력비용과 동등한 수준에 도달할 것으로 예상된다. 태양에너지의 효율은 다른 대체 에너지보다 100~200% 더 높고 지금도 지속적으로 향상되고 있다.

새로운 에너지 저장 시스템과 야간에도 태양에너지를 생산할 수 있는 기술이 갖춰지면 태양에너지가 20년 이내에 전력생산을 위한 대부분의 화석연료 공급원을 대체하고 전기자동차가 2028년까지 연수 방식 엔진을 완전히 대체할 가능성이 있어 미래의 태양에너지 저장 시스템이 개발되고 있다.

현재로서 매우 유망한 기술은 용융염(Molten Salt)에서 찾아볼 수 있고 이것은 태양에너지 시스템으로 하여금 얻어진 열에너지를 용융염에 저장할 수 있도록 할 것이다. 이러한 용융염은 대기압에서 액체이고 상대적으로 저렴하며 비인화성, 비독성이다.

3.15 미래의 의학기술

최근 방탄복의 발전, 주로 급조 폭발물을 통한 연합군의 교전방식 변화 및 부상자 후송과 치료방식의 발전을 통해 전장에서 심각한 부상을 당한 병사들의 생존성이 한층 향상되고 있으며 이것은 치료와 생존을 위한 다양한 의학적 보형물의 발전을 가져오고 있다.

장래에는 신경 피드백과 로봇 팔다리의 연결을 통해 인공 팔다리의 제어가 훨씬 더 용이하고 원활해질 것이다. 촉각을 팔다리로 되돌려 보내는 데 있어서 더 많은 진전이 이루어져 인공 보형물 착용자는 생물학적 감각을 모방한 전기신호 생성에 의해 실제로 무엇인가를 만지는 ‘느낌’ 또는 감각을 체험할 수 있게 될 것이다.

현재 미 DARPA에서는 병사가 훈련이나 전투 수행 중에 일어날 수 있는 골근육계 부상을 예방하고 줄일 수 있는 Warrior Web 프로그램을 개발하고 있다.

슈트는 부상당하기 쉬운 부분을 보호하는 동력발생, 전달 및 기능수행 조직으로 구성된 폐순환(Closed-Loop) 시스템으로, 신체부위와는 부드러운 섬유로 연결되는데 급성, 만성 골근육계 부상을 예방 및 감소시키고, 또한 보행을 도와주기도 하며, 치료를 하는데 필요한 모든 기술들이 개발, 적용될 것이다.

또한 Warrior Web은 직접적인 부상의 경감 이외에도 외골격 로봇시스템과 같이 착용한 병사의 근육 운동능력을 증강시켜 하중의 무게감을 상대적으로 줄여주고, 적절한 Web 구조에 의해 발목, 무릎 그리고 고관절에 가해지는 하중들을 적절히 분배하는 능력도 갖고 있다.

슈트는 병사가 배낭 및 총기류 등 공격하중을 운반하는 데 소비되는 대사량을 경감시킬 뿐 아니라 슈트 자체의 무게도 보상하는데, 이를 위해 배터리로 공급받는 에너지는 100W 미만에 불과하다. 부상의 경감이 우선적 목표인 Warrior Web 슈트 시스템은 현재 병사가 소지하여야 하는 장비와 같이 병사시스템에 부가적인 영향을 전혀 끼치지 않으며 오히려 전투 효율성을 높여주는 시스템이라는 점에서 기술개발 성공여부에 많은 주목을 받고 있다.

외과 의사 일부 수술절차를 보다 정밀하게 수행하기 위해 로봇체계를 이용하는 로



봇 외과의술은 오늘날에도 존재한다. 원격 시스템에서의 추가적인 촉각과 시간 지연의 단축은 로봇 시스템의 능력을 훨씬 더 많은 기능으로 확장하게 될 것이다. 원격 시스템을 이용하여 전장에서 부상 병사를 치료함으로써 의무요원이 더 큰 위협에 노출되지 않고 ‘골든아워’ 이내에 치료를 제공할 수 있는 가능성을 높인다.

그림 3-68 DARPA가 개발한 병사용 Warrior Web 개념



나노기술은 신체 내의 특정 환부를 공격하도록 목표가 정해진 작용제를 운반할 수 있도록 하여 치료의 효과를 높인다. 혈액 내의 아주 적은 수의 암세포의 존재까지도 저렴하게 탐지할 수 있는 DNA 칩(Chip)이 이미 개발되어 있어서 암이 훨씬 더 심각한 문제로 발전하기 전에 적절한 치료를 시작할 수 있다.

인간게놈의 지속적인 연구는 계산능력의 기하급수적인 향상의 지원을 받아 각 개인에게 특정하게 맞춤화되도록 설계된 치료가 가능하게 될 것이다. 이러한 유형의 연구결과를 통해 기대수명이 증가할 것이다.



참고문헌

- 국방기술품질원, 「국방정보기술(IT)조사서」, 2012.
- 국방기술품질원, 「미래국방유망기술 30선」, 2010.
- 국방기술품질원, 「미리 보는 미래무기 1,2,3」, 2010~2012.
- 국방기술품질원, 「미국의 무인체계통합 로드맵」, 2012.
- 국방기술품질원, 「국방과학기술조사서」, 2010.
- 김유창, “기기간통신(M2M)의 기술 동향과 전망”, Technology Focus/차세대무선통신, (2008. 12)
- 이호성, “국가융합기술발전기본계획”, 물리학과 첨단기술, 2009.4
- 중앙일보 중앙SUNDAY 미래탐사팀, “10년 후 세상(개인의 삶과 사회를 바꿀 33가지 미래상”, 청림, 2012.
- 함유근, 채승병, “빅데이터 경영을 바꾸다”, 삼성경제연구소, 2013.

- DTIMS, 「국방기술정보통합서비스, 해외기술동향정보」
- KISTI, 「미래기술백서」, 2013.
- du Preez, Gert T. and Pistorius Carl W. I. “Technological Threat and Opportunity Assessment, New York: Elsevier Science Incorporated” 1999.
- Jouke Rypkema., Ingrid van Bommel, “A reachback Concept for the Future Cpmmand Post. 11th ICCRTS Coalition Command and Control in the Networked Era, 2006.
- Halal, William E, “Technology’s Promise: Expert Knowledge on the Transformation of Business and Society”, New York: St. Martins Press LLC, 2008.
- Kaku, Michio Dr, Physics of the Future: “how science will shape human destiny and our daily lives by the year 2100” New York: Doubleday, Random House, Inc. 2011.
- NATO, HQ Supreme Allied Commander Transformation, Long Term Requirements Branch, “Technology Trend Survey” 2011.
- Next -Gen. Retail, “When Physical and Virtual World Merge”, 3.17. Forbes. 2012.
- Van Wyk, R.J. “Panoramic Scanning and the Technological Environment, Technovation 2”, 101-120, 1984.



온라인 - 참고자료

- <http://en.wikipedia.org/wiki>
- <http://IFTF.org/>
- <http://media.daum.net/news/newsId=200761011104108875>
- <http://phys.org/news/201303-quantum.html>
- <http://web.mit.edu/newsoffice/2010/perching-plane-0720.html>
- <http://wn.com/technology>
- <http://www.defenceiq.com/>
- <http://www.fas.org/>
- <http://www.humanityplus.org/>
- <http://www.hydro-international.com/>
- <http://www.it.co.kr/common/mediait/>
- <http://www.kiplinger.com>
- <http://www.memeburn.com/2011/021/the-future-of-smartphones/>
- <http://www.militaryaerospace.com/>
- <http://www.navaldrones.com/>
- <http://www.nlr.navy.mil/>
- <http://www.onr.navy.mil/>
- <http://www.popsi.com/>
- <http://www.popularmechanics.com/technology/aviation/military/4347306>
- <http://www.rand.org/pubs/monographs/MG754.html>
- <http://www.rand.org/pubs/monographs/MG754.html>
- <http://www.rand.org/pubs/monographs/MG969.html>
- http://www.sandia.gov/Renewable_Energy/solarthermal/NSTTF/salt.htm
- <http://www.scienceworldreport.com/>
- <http://www.seri.org/db/dbReptV.html>
- <http://www.sipri.org/>
- <http://www.strategicdefenceintelligence.com/>
- <http://www.techcast.org>
- <http://www.unmannedsystemstechnology.com/>
- <http://www.worldskycat.com>

주요국 국방·군사 동향 시리즈 (13-01)

2013

군사과학기술 동향

- The Future Emerging Technology Trends -

발행일 | 2013년 6월 30일

발행처 | 국방기술품질원(02-2079-1563)

발행인 | 최창곤

저 자 | 홍현수

확인자 | 홍문희, 하삼수

인쇄처 | 경성문화사(02-786-2999)

|경고문|

본 보고서의 판권과 보고서의 내용으로부터 얻어지는
특허권은 국방기술품질원에 속하며, 발행기관의 승인없이
무단 복제, 복사할 수 없음.

국방기술품질원

방산기술정보 간행물



국방기술품질원 기술정보센터는 전 세계 국방과학기술정보와 방산시장 정보를 수집, 분석하여 국방기술정보통합서비스(DTMS)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.

2013년도 방산기술정보 주요 간행물 현황

- ◎ 격월간 “국방과학기술정보” (매 짝수 월)
- ◎ 주요국 국방·군사 동향 시리즈 (6, 8, 11월)
- ◎ 2013 세계 방산시장 연감 (2013. 11. 30)

군 관련기관에서는 DTMS를 통해 E-Book 형태로 발간물을 제공받으실 수 있습니다.

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