

2019년 5·6월 제75호

국방과학기술정보

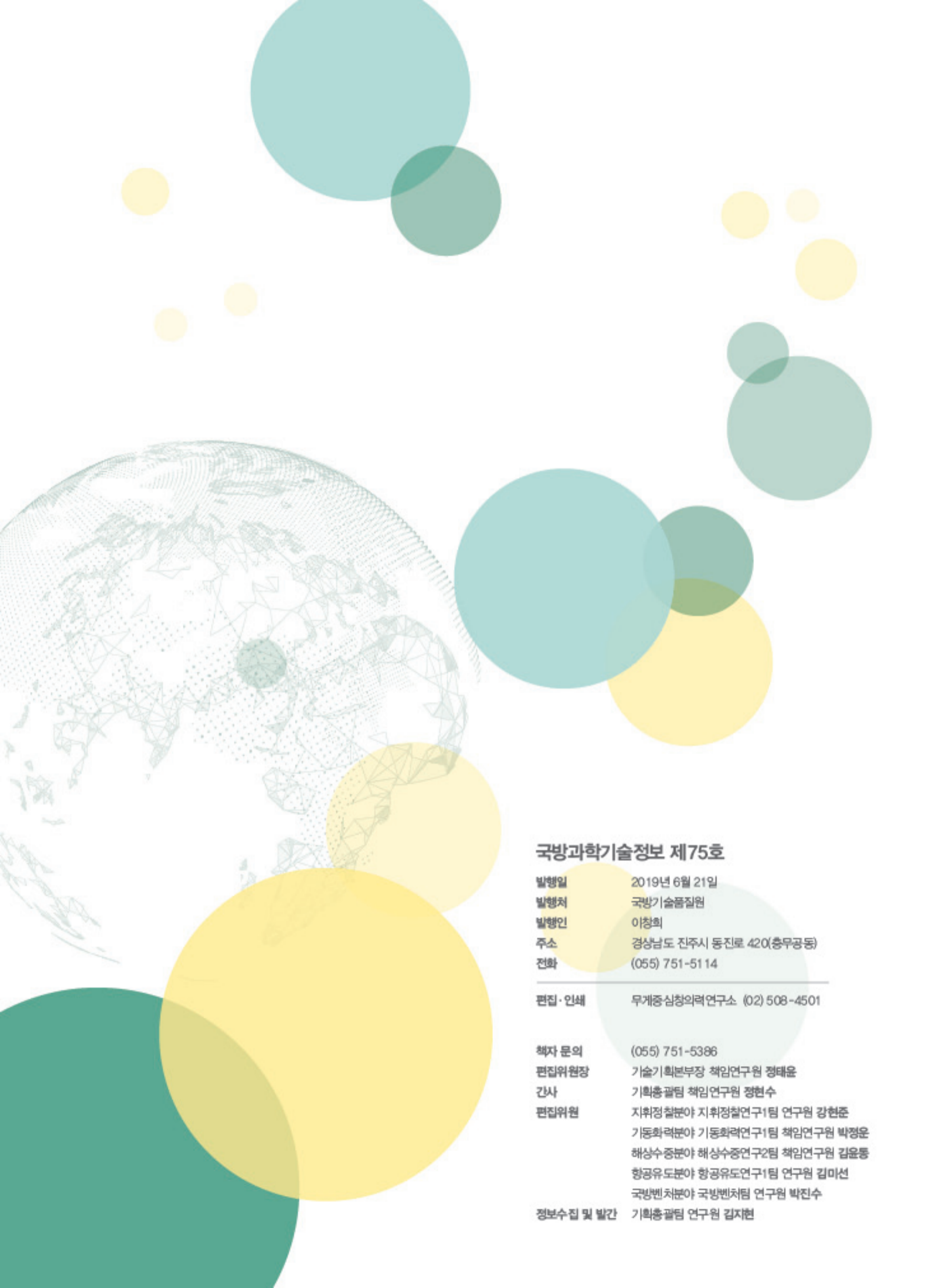
Journal of the Defense Science & Technology Information

특집기사

- 차세대 차량 동력 및 추진 체계
- 함정의 통합전력시스템 - 동향과 전망
- 함정 진공식 오수 수거 시스템 소개와 관련 국산화 개발 현황
- 전자장비 신뢰도 예측 기술 소개
- 전쟁의 승패를 좌우한다! 현대전의 전자전
- 우주 임무와 군사통신위성 설계 소개







국방과학기술정보 제75호

발행일 2019년 6월 21일
발행처 국방기술품질원
발행인 이창희
주소 경상남도 진주시 동진로 420(충무공동)
전화 (055) 751-5114

편집·인쇄 무계중심창의력연구소 (02) 508-4501

책자 문의 (055) 751-5386
편집위원장 기술기획본부장 책임연구원 정태운
간사 기획총괄팀 책임연구원 정현수
편집위원 지휘정찰분야 지휘정찰연구1팀 연구원 강현준
기동화력분야 기동화력연구1팀 책임연구원 박정운
해상수중분야 해상수중연구2팀 책임연구원 김윤동
항공유도분야 항공유도연구1팀 연구원 김미선
국방벤처분야 국방벤처팀 연구원 박진수
정보수집 및 발간 기획총괄팀 연구원 김지현

목차

국방과학기술정보 2019년 5월·6월 제75호

이슈포커스

004 인포그래픽으로 보는 국방과학기술정보 제75호

특집기사

008 차세대 차량 동력 및 추진 체계

014 함정의 통합전력시스템 - 동향과 전망

033 함정 진공식 오수 수거 시스템 소개와
관련 국산화 개발 현황

039 전자장비 신뢰도 예측 기술 소개

047 전쟁의 승패를 좌우한다. 현대전의 전자전

056 우주 임무와 군사통신위성 설계 소개

해외기술단신

지휘통제·통신 076 미 DARPA, 언어를 이해하는 AI 및 기계학습
체계 개발 추진

077 미 GAO, F-35 전투기의 사이버 취약성 지적

감시정찰 079 이스라엘 해군, 시걸 USV에 HELRAS 견인식
음탐기 통합 완료

080 미 록히드마틴사, 미 육군 다기능 전자전사업을
위해 'Silent CROW'체계 개발 예정

기동 081 프랑스 육군 VBL 성능개량
울티마 경장갑차량 개발

082 미 해병대, 도심전투 기술 실험 준비 중

화력 084 호주 EOS-이스라엘 엘빗시스템스사, 모듈형
중구경 포탑 T2000 개발

085 브라질, 아르마딜로 TA-2 70mm 로켓발사기
인증시험 예정

함정 086 러시아, 잠항심도 3,000m의 신형 ROV 공개

087 영 프리베일사, 자국 해군의 신형 연안타격함
사업에 제안할 설계 공개

항공 088 러시아, Mi-26T2V 예비 비행시험 완료

089 그리스, 공군력 강화 추구

방호·유도무기 090 중국, 선박 컨테이너 발사형 장거리
순항유도탄 비행시험 중

091 벨라루스, 신형 지대공미사일 체계개발 완료

해외무기 개발동향

- 지휘통제·통신** 096 SDR 무전기 개발동향
- 감시정찰** 105 수동형 레이다 개발동향
- 기동** 112 무인지상차량 개발동향
- 화력** 123 소화기용 탄 발전 추세
- 함정** 138 영 해군 Type 26 호위함의 설계 및 개발
1부-임무구역 공간설계 및 배치
- 항공** 144 세계 무인 호위기 개발동향
- 방호·유도무기** 150 미 국방부, 우주기반 자산 및 상승단계 요격
연구 추진

벤처기업 기술현황

- 162 빔 포밍/조향 안테나 기술 및 제품
- 164 국내 유일의 하모닉 방식 정밀 감속기
- 166 항공기 탑재형 극저온(-32℃)
스마트 사동 통합 시스템
- 168 송신구동증폭모듈 개발
- 170 소방/재난 특장차량 기술현황
- 172 내충격성, 내열성 우수한 경량 폴리아우레탄계
수지합성기술
- 174 군 식량으로 대체 가능한 냉동볶음밥

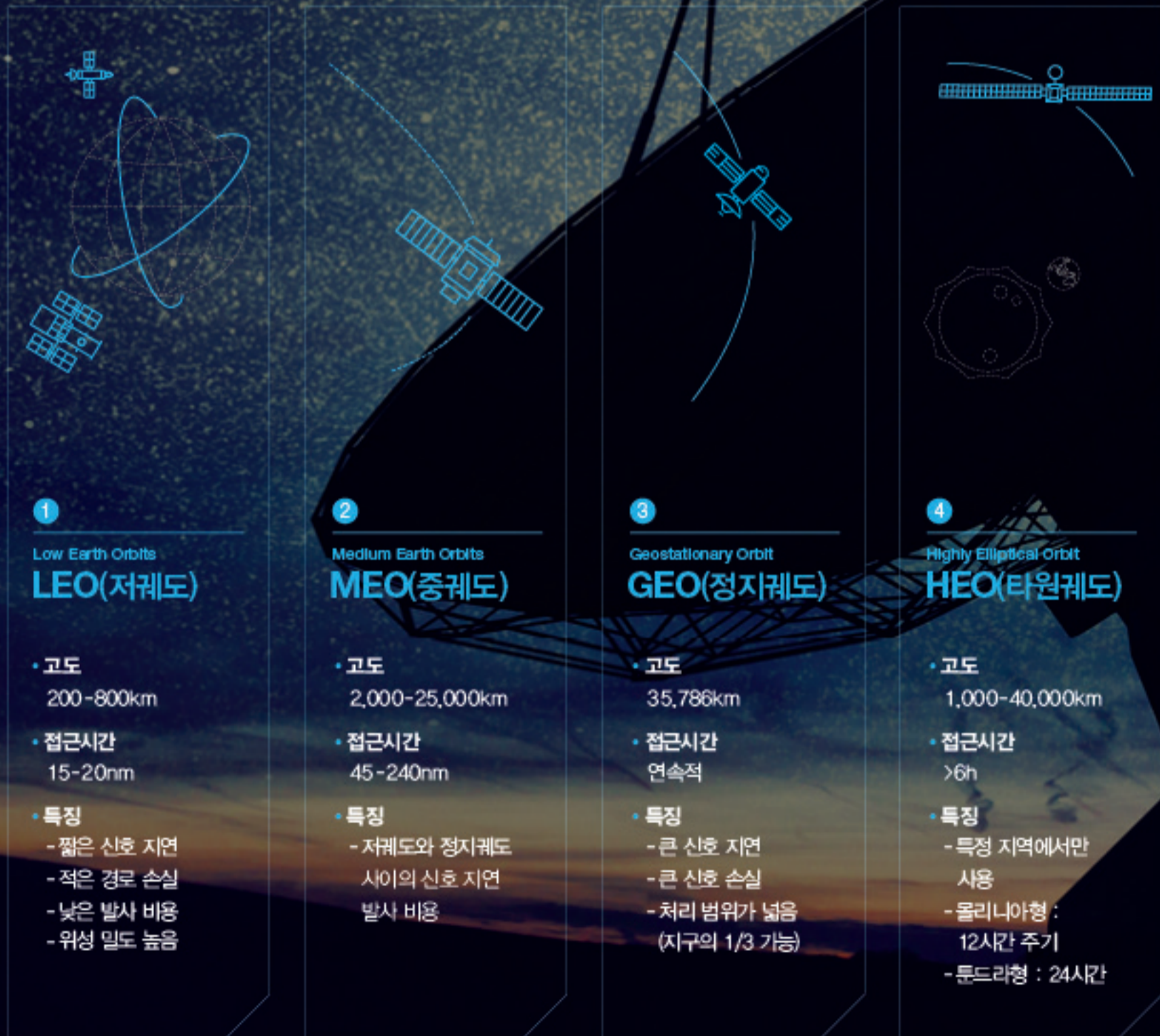


한눈에 보는 국방과학기술정보 제75호

우주 임무와 군사통신위성 설계 소개

인공위성의 궤도는 매우 중요하다. 궤도에 따라 임무와 비용 수명 등이 달라지기 때문이다. 인공위성은 일정한 경로로 움직이며 임무를 수행한다. 인공위성의 궤도는 임무와 역할에 따라 원형으로 돌거나 타원형으로 돌기도 하며 고도에 따라 궤도 형태가 달라지기도 한다. (특집기사)

인공위성 궤도의 종류



프랑스 육군 VBL 성능개량 울티마 경장갑차량 개발

프랑스 병기본부는 아르쿠스 컨소시엄과 2017년 계약을 체결하고 VBL 시스템 시연차량 및 VBL 울티마로 불리는 초도생산 차량에 대한 광범위한 시험을 2년간 실시하였다. (단신-기동)

VBL 성능개량

Weight	Engine	Break System	Upgrade
			
총 중량 4.4톤에서 5.1톤으로 증가	최초 95마력 디젤 엔진을 130마력으로 증대	재용 ABS 브레이크 시스템	개선 전후방 서스펜션

SDR 무전기 개발 동향

SDR이란 다양한 무선통신 환경에 유연하게 대응하기 위하여 하나의 하드웨어에 사용자가 원하는 웨이브폼을 탑재하여 재구성할 수 있는 시스템을 통칭한다. SDR은 다중대역 안테나와 RF 변환기, 광대역 A/D/A 변환기, 디지털 IF 변환기, 프로그램이 가능한 응용 프로세서를 사용하는 기저대역과 비트 스트림 프로세싱 기능 등을 포함하는 기술의 결합체라고 할 수 있다.

(개발동향-지휘통제)



LIG 넥스원

- 모델명: TMMR
- 형상: 휴대 1형: 1채널
휴대 2형: 2채널
차량 1/2형: 3채널
- 운용 주파수: 2~512MHz
- 대역폭: 협대역: 00/00kHz
광대역: 0/0/0MHz
- 탑재 웨이브폼(전송능력):
기존 4개 (AM/FM/UHF-AM)
신규: K-WNW
- K-WNW: ~0Mbps
- VoIP 지원
- 네트워킹: FM (구): 수동중계
KWNW: 음성/데이터
0음 이상 ad-hoc 기능

HARRIS

- 모델명: Falcon III Family
- 형상: Manpack: 1채널
차량형: 2채널
- 운용 주파수: 30~2,000MHz
• NB: 30~512MHz
• WB: 225~2GHz
- 대역폭: NB: 8.33/12.5/25kHz
WB: 0.5/1.2/2.5/5MHz
- 탑재 웨이브폼(전송능력):
• NB: AM/FM, U/VHF LOS
- SINOARS, HQ
- WB: SRW, ANW2C

ELBIT

- 모델명: E-Lynx Family
- 형상: Manpack: 1채널
- 운용 주파수: 30~512MHz
- 대역폭: NBWF: 25kHz
WBWF: 1MHz
- 탑재 웨이브폼(전송능력):
• FM, BPSK, GMSK, PSK, QAM
- VoIP 지원 주파수 도약
- 네트워킹: ad-hoc 기능(MANET)

Rafael

- 모델명: BNET
- 형상: Manpack: 1채널
- 운용 주파수: 30~512MHz
- 대역폭: NB: 25kHz(V/UHF)
WB: 300kHz, 1.25 MHz
5MHz (UHF)
- 탑재 웨이브폼(전송능력):
• PR4G, Flexnet Waveform,
standard legacy waveform
- NB: Up to 64kbps
- WB: Up to 6Mbps
- 네트워킹: • ad-hoc 기능
• WB(150노드 이상
/6Mbps)

특집기사

- 차세대 차량 동력 및 추진 체계
- 함정의 통합전력시스템-동향과 전망
- 함정 진공식 오수 수거 시스템 소개와 관련 국산화 개발 현황
- 전자장비 신뢰도 예측 기술 소개
- 전쟁의 승패를 좌우한다! 현대전의 전자전!
- 우주 임무와 군사통신위성 설계 소개

차세대 차량 동력 및 추진 체계



국방기술품질원 기동화력연구1팀
연구원 김진현

1. 개요

상용 자동차 부문은 하이브리드 및 전기 차량 실용화로 가히 혁명적이라 할 수 있는 변화를 맞고 있다. 관련 기술의 효율성은 점점 더 증대되고 있으며, 비용도 낮아져 판매가 급증하고 있는 현실이다. 하지만, 이렇게 유망한 연구개발 사업 전망에도 불구하고 군사 분야는 차세대 추진 기술 도입이 더뎠으며, 앞으로도 한동안은 여전히 디젤엔진이 장갑차의 주 동력원이 될 전망이다.

그러나 군이 장갑차량용 대체 동력 솔루션 연구에 투자를 지속함에 따라, 상황이 조금씩은 바뀌고 있다. 국방부문도 전기 구동(e-drive)과 같은 상용차량 부문에서 빠르게 발전되고 있는 기술성과를 활용하고 있으며, 여기에는 비용 감소라는 이점도 한 몫을 한다. 앞으로 군용 부문도 상용 부문에서 발전 중인 전기 구동 방식이 채택될 것이며, 하이브리드 전기 기술이 먼저 채택된 후에 뒤이어 연료전지, 배터리 전기체계가 채택될 것으로 예상된다.

바퀴가 달린 차량에 전기 구동 방식을 적용하는 것은 매우 자연스러운 발상이며, 이는 단지 연비 개선 효과만 있는 게 아니다. 지금까지의 경험으로 보면 플랫폼 구조에도 변화를 가져올 수 있다. 가령 보병전투장갑차나 8×8 차량의 경우 조종수 좌석이 파워팩 격실에 너무 가깝게 위치하기 때문에 다른 승무원들과 유기적인 움직임에 제한이 있는 등의 문제가 있으나, 전기구동 방식 적용으로 이러한 문제를 해소할 수 있다.

차량을 완전히 전기화할 경우 우선적인 혜택 중 하나는 탑재 장비, 특히 지휘·통제·통신·컴퓨터·정보(C4I)¹ 체계용 전력을 늘릴 수 있다는 점이다. 이는 소위 정숙 감시(Silent Watch) 능력의 개선과 직결되는데, 다시 말해 차량 장치를 운용하기 위해 엔진 시동을 계속 걸어야 할 필요가 없다는 의미이다.

¹ Command, Control, Communications, Computers, Intelligence

엔진을 끄면 엔진 작동에 따른 소음과 열로 적에게 들킬 우려가 적어지며, 연비 개선 효과 등도 가져온다. 전력 공급량을 늘리게 되면, 첨단무기 및 생존성 솔루션 등과 같은 새로운 전기 기반 체계의 도입도 수월해진다.

2. 전기 추진 체계 개발 동향

가. 전기 구동 사업 동향

지난 수십 년 동안 몇몇 눈에 띄는 전기 구동 사업이 추진됐다. 일례로 영국의 QinetiQ사가 허브 설치 모터 기술을 적용한 하이브리드 6×6 HMLC² 시험사업, 미 해병대가 2000년대 초에 추진한 하이브리드 RST-V³ 개발 사업, BAE시스템 Hägglunds사가 스웨덴 SEP⁴ 플랫폼 사업의 일환으로 추진하다가 결국 취소한 전기 구동 궤도형 8×8 차량 사업 등을 들 수 있다. 이렇게 일부의 경우 난항을 겪고 있기는 하지만, 주요 장갑차량 제작업체들은 여전히 새로운 전기 추진체계가 제공하는 이점에 관심을 두고 있다.

중전에 미 육군 전차기동 연구·개발·엔지니어링센터(TARDEC⁵)로 불렸던 GVSC는 10~50톤 차량을 위한 확장 가능한 전기 아키텍처 개발에 중점을 두고 있으며, 군용 트럭을 사용해 일련의 시연활동을 실시했다. 앞으로도 더 몇 년 동안 전투체계를 대상으로 한 시연이 계획되어 있다. GVSC는 2018년에 전기화 군용체계를 위한 아키텍처 및 구성품 요구조건을 정의하기 위해 많은 업계 파트너들과 함께 일련의 포럼을 개최했다.

나. 허브설치 전기구동 기술

군용차량용 허브 설치 전기 모터 개발에 중점을 두고 있는 영국의 QinetiQ사는 미 국방고등연구기획국(DARPA⁶)이 추진하는 미래 지상차량기술(GXV-T⁷) 사업에 참여하면서 허브-구동장치 기술을 계속 개발하고 있다. 허브 모터 기술은 소형 전기 모터와 다단 기어박스 및 내장형 브레이크를 결합해 이들 모두를 20인치 표준바퀴 내에 장착하는 것을 추구한다.

QinetiQ사는 장갑정찰차량사업을 위해 미 해군연구처(ONR⁸)와 2건의 계약을 체결했으며, 이를 통해 회사의 허브 설치 전기 구동 및 롱트래블(현수장치 작동 길이의 하사점과 상사점 간 거리가 긴 것을 의미) 현수장치 기술 개발의 1단계를 추진하고 있다. QinetiQ사에 따르면, 자사의 전기 구동체계가 상용차량 대비 약 10배에 달하는 20kNm의 토크를 발휘할 수 있다고 한다.

전통적 내연기관 및 동력전달장치 기술 대비 전기 모터의 이점은 거의 즉각적인 토크 전달이 가능하다는 것이며, 이는 차량이 전장을 가로질러 빠른 돌진을 하는 데 이점을 제공할 수 있다. 또한 핸들링, 안정성, 복합적 회전 과정을 강화하는 소프트웨어의 지원을 받아 개별 바퀴를 제어함으로써 기동성을 한층 개선할 수 있다.



그림 1 QinetiQ사 허브설치 전기구동장치

2 High Mobility Load Carrier 3 Reconnaissance, Surveillance, Targeting Vehicle 4 Spitterskyddad Enhets Platform
5 Tank Automotive Research, Development And Engineering Center 6 Defense Advanced Research Projects Agency
7 Ground X-Vehicle Technologies 8 Office Of Naval Research

전기 모터는 구동계의 구성품 수를 상당히 줄일 수 있으며, 이는 예비부품 소요, 마모 품목 및 단일장애지점(SPOF⁹) 감소와 직결된다. 또한 차체 구조 등과 관련된 설계 제한을 해소함으로써 폭발 생존성을 강화하며, 특히 현수장치 트래블을 늘리려고 할 때 현수장치 설계를 개선할 수 있는 이점이 있다.

구동축이 필요 없다면 차체나 차동 기어장치에 구멍을 뚫을 필요가 없으며, 차동 기어장치가 없을 경우 더욱 양호한 수준의 폭발 방호 성능을 제공하기 위해 차체 특성을 조정할 수 있는 공간을 확보할 수 있고, 폭발 발생 시 차량 부품 비산에 따른 사상 위험이 적다는 이점이 있다.

다. 전기 독립 현수장치 차축체계

허브설치 전기 구동기술은 아직 해결해야 할 과제가 몇 가지 있다. 더욱 무거워진 스프링하질량¹⁰이 문제가 될 수 있는데, 기동성 강화를 위해서는 감쇠(damping) 조치를 통해 바퀴 제어를 관리할 필요가 있다.

이에 대한 대안으로 미시간주 소재 AxleTech사는 새로운 전기 구동 구조를 개발했다. 회사의 기존 독립 현수장치 및 차축 기술과 각 바퀴를 구동하는 전기 모터를 결합한 전기 독립 현수장치 차축체계(eISAS¹¹)는 파리에서 개최된 Eurosatory 2018에서 처음 공개됐으며, AxleTech사에 따르면, 상용 수송부문에서 회사가 추진했던 차량 전기화 성과가 활용되었다고 한다.

eISAS 도입으로 정밀한 조종을 위한 개별 바퀴 제어가 가능한 한편, 첨단 독립 현수장치 및 차축체계를 운용할 수 있으며, eISAS는 4×4, 6×6, 8×8 구동 방식의 차량 모두에 도입될 수 있다. AxleTech사는 eISAS를 기존의 독립 현수장치 차축 중 하나에 적용하여 시연차량 시험을 실시할 예정이며, 시연차량은 4×4 및 6×6 구동 방식의 완전한 전기 차량으로 배터리 충전에는 소형 디젤 발전기를 적용할 예정이다.



그림 2 액슬테크사 전기 구동체계

라. 전력 공급 기술

Leonardo DRS사와 Allison Transmission사는 타이탄(Titan)으로 부르는 전력 솔루션을 제안했다. 타이탄은 중형 전술차량과 대형 트럭용으로 설계됐다. 이 체계는 TIG¹²를 사용하며, TIG는 Allison 3000(3TIG) 또는 4000(4TIG) 변속기와 결합할 경우, 30kW에서 125kW에 이르는 전기를 발전할 수 있다. 벨트, 베어링 또는 축을 추가로 장착할 필요가 없다. 용적이 표준 변속기와 동일한 TIG는 차량 엔진으로부터 직접 기계적 에너지를 전기적 에너지로 바꾸기 때문에 가장 효율적인 발전 방법이라 할 수 있다.

9 Single Point Of Failure 10 Unsprung Mass : 차량이 이동할 때 상하로 움직이는 구성품의 무게

11 Electric Independent Suspension Axle System 12 Transmission Integral Generator

병사체계 전문업체 Revision사는 차량용 정속 감시 배터리체계를 개발했으며, 이 체계는 각각 용량이 160Ah인 10개 모듈로 구성된다. Revision사가 독자 개발한 이 전지화학 기술은 정속 감시 능력 최적화를 염두에 두고 개발을 추진했다. 이 기술은 오랫동안 일정한 부하 유지가 가능하도록 에너지 밀도가 더 높은 솔루션으로, 종래와 같이 화학 에너지를 저장해 차량 시동 배터리용으로 사용하는 방식에서 벗어난다.



그림 2 하이브리드 기술 탑재 하이브리드 차량(RST-V)

배터리 기술 발전으로, 많은 기존의 플랫폼은 현행 20분에서 10시간까지 정속 감시 시간을 연장할 수 있을 것으로 보인다. 캐나다 육군은 LAV¹³ 6.0 정찰차량에 이 배터리 체계를 장착하는 내용의 계약을 2015년 체결했으며, 미 육군은 스트라이커(Stryker) 8×8 플랫폼에 적용하여 2019년 제한된 사용자 평가(Limited User Assessment)를 실시할 예정이다. 배터리는 방탄 용기 내에 들어가며, 이 용기가 전체 배터리 체계 중량(575kg)의 대부분을 차지한다.

장차 이 배터리는 차량 하부체계뿐만 아니라 하이브리드 구조의 일부로서 차량을 추진할 전기 모터의 동력원으로 사용될 것이다. 이는 상용부문의 Toyota사 프리우스(Prius) 차량 운용 방식과 매우 흡사하다. 하이브리드 방식을 채택하면 주행거리가 더 길어진다는 장점이 있으나, 탑재된 배터리 팩 때문에 중량이 나가는 단점이 있다.

GM사와 Honda사는 2013년부터 기본제휴협약 체결을 통해 ‘차세대 연료전지체계 및 수소 저장 기술’을 개발해 왔다. 2017년 1월 양사는 각 사의 향후 제품을 위한 최신 수소연료체계를 양산하기 위하여 연료전지체계생산(FCSM¹⁴) 합작투자를 발표한 바 있다. 양산 체제에 들어가게 되면 미군의 연료전지 차량 실용화 계획이 보다 탄력을 받을 수 있다.

미 육군은 연료전지 차량이 궁극적으로 저소음 작전을 위해 실용화되어 전기를 내보내고 야지 운용을 위한 높은 토크를 창출하며, 5분 미만의 신속한 연료 주입이 가능하고, 특히 공회전 시 소모되는 연료가 적기를 기대하고 있다.

GM사는 2세대 연료전지체계를 사용한 수루스와 실버라도 ZH2를 공개하였다. 한니발의 전투코끼리에서 이름을 딴 수루스는 수소 연료전지에서 동력을 얻는 4×4 전지형 플랫폼이다.

리튬-이온 배터리 체계와 하이드로텍(Hydrotec) 수소 연료전지 기술이 결합되어 최대 644km(수소 저장탱크가 가득 찬 경우) 거리를 주행할 수 있다. 연료전지는 리튬-이온 배터리에 전력을 전달하는 것

외에도, 이동식 발전기 역할을 하여 도구 및 장비에 전력을 공급하며 고전압 AC, DC 또는 120V AC의 출력을 낸다. 연료전지는 최대 100kW의 전력을 생성할 수 있으며 3분 내에 연료 충전이 가능하다. 탄소섬유 소재에 안쪽에는 플라스틱을 코팅한 연료 탱크에 수소 약 9.5kg이 저장된다. 전기 발전 외에도, 연료전지의 수소를 산소와 결합시켜 시간당 2gal(7.5L)의 음용수를 만들 수 있다.

GM사는 수소연료 저장탱크에 7.62mm 구경의 표준탄, 소이탄 및 철갑탄을 사격하는 시험도 실시했다. 저장탱크는 휴대용 대전차로켓(RPG¹⁵)에 의해 관통은 되었으나 폭발까지는 이르지 않았다고 한다. 수소 폭발 위험성은 낮기 때문에 상대적으로 안전한 편에 속한다.



그림 4 GM사 SURUS 연료전지 전기 플랫폼

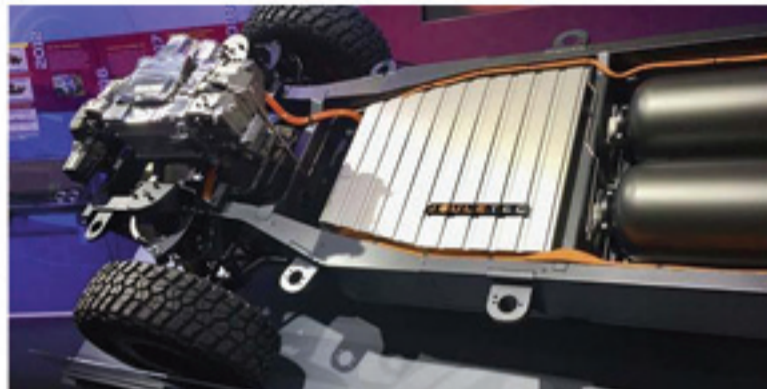


그림 5 GM사 실버라도 Z42의 새시 전방에 탑재된 동 회사의 차세대 수소연료전지 엔진

양성자교환막형(PEM¹⁶) 재생연료전지 체계는 전력생산 모드에서 전기 또는 순수한 물(증류수)을 생산하거나, 전기분해 모드에서 수소 및 산소를 생산할 수 있다. 주행 시에는 PEM 전기분해장치가 디젤엔진이 제공하는 전기를 사용하여 물을 수소 및 산소로 전기분해하고, 향후 사용을 위해 수소는 저장된다. 엔진을 끄면, 저장된 수소는 공기 중에 있는 산소와 함께 전지로 공급되어 전기를 생산하고, 이때 수소와 산소가 결합되는 과정에서 부산물로 물이 만들어진다. 식수로도 사용 가능한 이 물은 저장되며, 이러한 과정은 반복된다.

3. 전기 추진 적용 무기체계 전망

전통적 연소기관이 아닌 전기추진체계 적용 플랫폼은 방출되는 열 신호가 매우 적어, 타이어가 가장 뜨거운 표면일 정도이다. 소음도 매우 적어 정찰 플랫폼으로 사용 가능하다. 또한 유해한 배기가스가 전혀 없다. 이러한 플랫폼의 미래 운용개념은 내장 배터리를 충전하기 위한 태양광 패널을 갖춘 발전체계로서 이를 사용하는 것이다.

차세대 전기 추진체계가 완전히 구현된 첫 번째 차량은 상용 차량을 기반으로 한 차륜형 전술차량 또는 대형 트럭이 될 가능성이 있으나, 이렇게 하는 것도 여전히 시간이 좀 걸릴 것이다. 향후 3~5년이 지나면 더 많은 시제 차량이 등장할 것이나, 전기 또는 하이브리드 형태 차량을 육군이 전력화하기까지는 10년 정도가 더 걸릴 것으로 본다. 이렇게 시간이 걸리는 이유는 기반시설 부족이 일부 원인이 될 수 있다. 상용부문에서도 배터리 충전과 관련해 동일한 어려움이 있다.

전기 구동기술이 전도유망하다는 데에는 이견이 없다. 그러나 주로 주행거리 및 탑재와 관련하여

해결해야 할 일부 근본적인 문제들이 여전히 남아 있다.

궤도형 차량의 경우 자체 문제점을 안고 있으며, 중장갑 플랫폼에 전기 구동 방식을 도입하는 데에는 더 시간이 걸릴 전망이다. 더욱 큰 구동장치와 관련해 실시한 연구결과를 보면, 기계식 변속기의 효율성을 대체하기가 쉽지 않다. 구동장치를 차체 외부에 두지 않는 한 궤도형 차량에 적용하기가 어려운데, 이는 궤도형의 경우 일정한 속도로 회전해 가속해야 하는데 운동에너지를 회수하려면 궤도의 속도를 줄여야 하기 때문이다. 지금 단계에서는 궤도형 차량 전기 변속기를 탑재한 플랫폼 구조에서 혁신적인 변화를 기대하기 어려울 것으로 예상된다.

궤도형 차량은 대신에, 특히 고압 전자 분사 및 터보차징 등과 같은 분야에서 상용 디젤엔진이 거둔 성과를 활용할 수 있으며, 그 이유는 현재 군 전용 파워팩과 동일한 성능을 발휘하기 때문이다. 터보차저 4개가 달린 BMW 차량의 경우 전력밀도는 종전과 비교해 높으며, 이는 우리가 나아갈 방향과 일치한다.

궁극적으로 차량에 새로운 추진기술을 도입하는 것은 해당 기술이 전통적인 디젤엔진보다 상당히 개선된 능력을 제공하는지 여부에 달려 있다. 전기 구동장치와 하이브리드 체계가 전통적인 추진 기술보다 다양한 이점을 제공하지만, 인기가도를 달리고 있는 이러한 상용 기술을 군에 활용하는 방안을 결정하기 위해서는 여전히 해결해야 할 숙제가 많다.

참고 문헌

- 1) Alternative energy Next-generation vehicle power and propulsion, [janes.ifs.com](#) (2019, 2, 25.)
- 2) AUSA 2018: DoD, DoE partner up to develop hydrogen technologies, [janes.ifs.com](#) (2018, 10, 08.)
- 3) AUSA 2018 GM develops next-generation ZH2 hydrogen fuel cell-powered truck, [janes.ifs.com](#) (2018, 10, 10.)
- 4) Eurosatory 2018 AxleTech unveils electric independent suspension concept, [janes.ifs.com](#) (2018, 6, 15.)
- 5) DARPA demonstrates 6 new technologies behind the agile combat vehicles of tomorrow, [newsatlas.com](#) (2018, 6, 28.)

함정의 통합전력시스템 - 동향과 전망



해군사관학교 전기전자공학과
박한웅 교수(Ph. D.)

1. 개요

선박의 전력 및 추진시스템은 전체 선박설계 과정의 핵심 요소이다. 이들 시스템은 상용 또는 군용에 관계없이 선박의 건조 가능성과 경제성에 미치는 영향을 고려할 때, 고유의 임무 시스템 다음으로 중요한 부분이다. 오늘날에는 선박이 더욱 전기화되어 가는 추세에 따라 이 설계 과정은 그 어느 때보다 중요해지고 있다. 함정의 경우, 설계 과정에는 추진력과 고출력의 센서 및 무기시스템이 포함되어 있다. 그림 1은 지난 세기 동안 전적으로 전력에 의해 가동되는 미 해군 함정의 비율을 나타냄으로써 이러한 추세를 보여준다. 이들 시스템의 많은 구성 요소들(예를 들면, 엔진, 발전기, 감속기어, 개폐 장치 등)의 배치는 함정 설계자가 특별한 주의를 기울여야 하는 '큰 해결과제'가 되어왔다. 이러한 구성요소들의 크기와 개수는 함정 전력시스템 엔지니어가 선택해야 하는 매우 까다로운 문제이다.

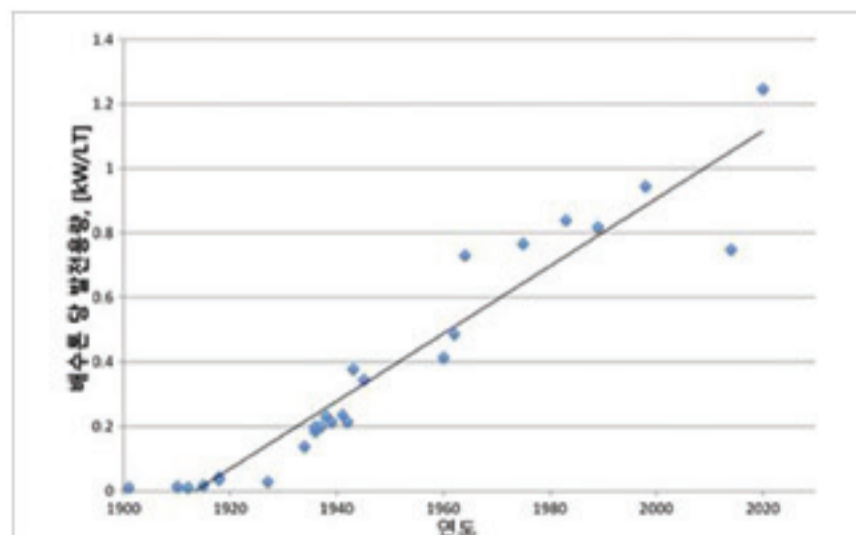


그림 1 현재까지 미 해군 함정의 배수톤 당 발전용량

오늘날 상선 선주 및 조선 업체가 직면한 가장 큰 문제 중 하나는, 2016년에 발효된 국제해사기구(IMO¹)의 MARPOL Annex VI Tier III 대기오염 규제이다. 이 배기가스 규제는 연료의 유황 함유량 뿐만 아니라 배기가스 배출량(그림 2 참조) 두 가지 모두에 새로운 엄격한 요구사항이 적용된다. 또한 선박에 사용되는 벙커 연료 가격은 보통 유가를 따른다. 유가는 2012년 최고점을 기록하고 떨어지고 있지만, 지난 수십 년 동안 크게 증가해 왔다(그림 3 참조). 이러한 엄격한 배기가스 규제와 더불어 연료가격 인상 때문에, 배기가스 촉매, 전자분사식 커먼레일 디젤엔진, 폐에너지 회수장치, 최신 하이브리드시스템, 최신 전력 및 추진 시스템과 같은 많은 새로운 기술이 도입될 수밖에 없는 환경이 만들어지고 있다. 액화천연가스(LNG)와 같은 대체연료 또한 상용 해양 시장에서 일부 나타나기 시작했다.

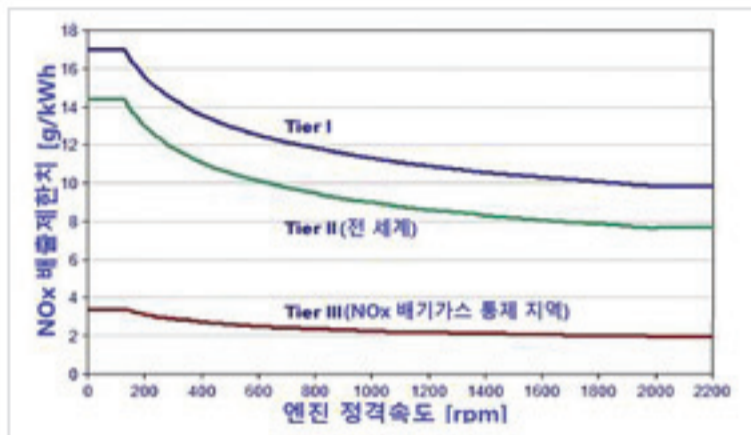


그림 2 IMO 배기가스 제한치(출처 : www.diesehot.com)

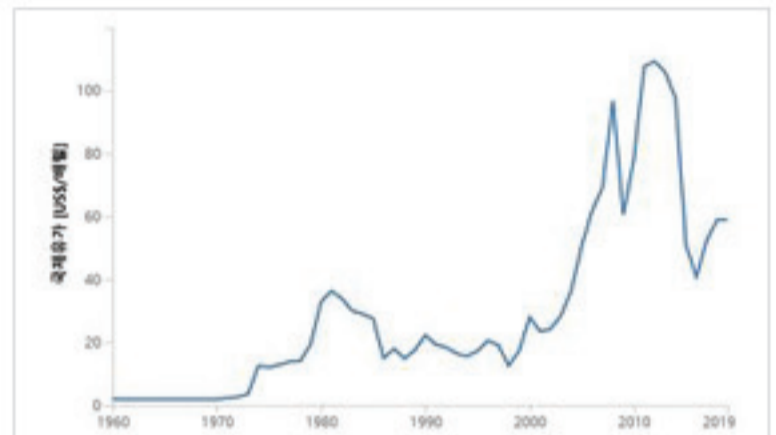


그림 3 유가의 연도별 추세(출처 : Organisation for Economic Co-operation and Development, 2019, 3.)

앞서 언급한 대로 오늘날 상용 선박의 전력시스템 구성에서 나타나는 변화의 주요 원동력으로는 연료비 절감과 유해 배기가스 배출 규제이며, 해군 함정의 경우는 이에 덧붙여 임무와 관련된 전력 용량의 기하급수적인 증가를 주도하는 첨단 무기 및 센서의 개발이다. 즉, 더 많은 함정의 발전 전력이 임무 시스템에 배정될 수 있도록 전력 및 추진시스템의 전력밀도를 향상시키는데 집중되어 있다.

2. 함정 전력시스템의 구성과 특징

오늘날 함정에 적용될 수 있는 동력 및 추진시스템의 구성 방식은 발전장치의 분리 여부에 따라 크게 분리전력시스템(SPS²)과 통합전력시스템(IPS³)으로 나눌 수 있으며, 이 둘의 장점을 결합시킨 하이브리드시스템(HPS⁴) 및 부분적인 통합전력시스템(PIPS⁵)도 존재한다.

SPS는 발전장치가 따로 분리된 것으로 전기추진 방식이 아니다. 함정에 탑재된 모든 임무시스템과 부하에 전력을 공급하지만, 함정의 추진을 위한 전력은 공급하지 않는다. 추진용 동력은 직접 또는 감속 기어를 통해 프로펠러에 기계적으로 연결된 엔진에서 별도로 공급한다. 그림 4는 대표적인 SPS의 전력 및 추진 시스템 구조를 나타내고 있다.

1 International Maritime Organization 2 Segregated Power System 3 Integrated Power System 4 Hybrid Power System
5 Partial Ips

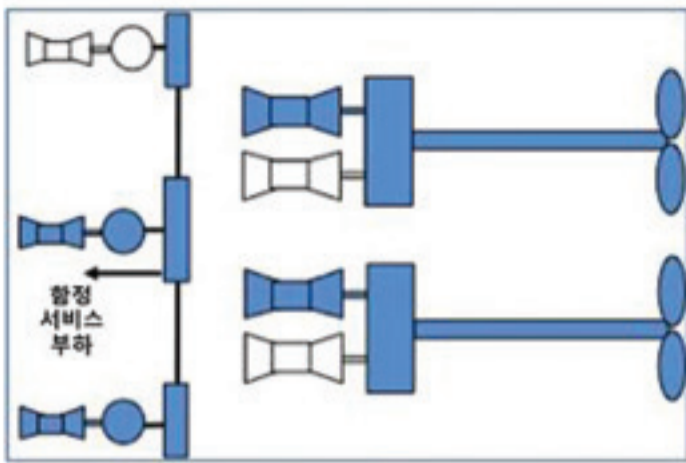


그림 4 분리전력시스템 구조 추진시스템 및 발전시스템이 반드시 분리되어 있다.

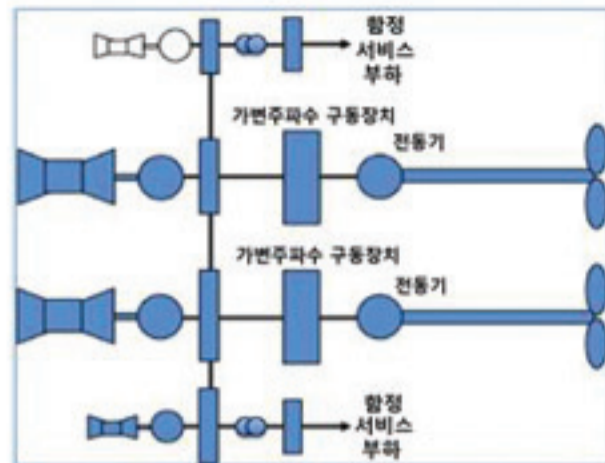


그림 5 통합전력시스템 구조 엔진으로 구동되는 모든 발전장치는 공통모선에 연결되어 있다. 추진동력은 전동기에 의해 공급된다.

발전장치가 통합된 IPS는, 다수의 발전기가 추진력을 포함한 선박의 모든 부하에 전력을 공급한다. 이런 유형의 구조가 그림 5에 나타나 있다. IPS의 장점은 다음과 같이 들 수 있다.

첫 번째, 고출력 임무시스템을 지원할 수 있다. 전기함정에서 발전된 모든 전력은 함정의 서비스부하, 예를 들면 고출력 레이다, 레일건, 전자기발사장치, 레이저 무기 등 많은 신기술 무기체계에 사용될 수 있다. 대전력이 이용가능하게 되면, 무기시스템 자체가 변화할 뿐만 아니라 무기시스템이 함정에 어떻게 통합되는지가 결정된다. 즉, 기존의 대포와 미사일을 전기무기로 대체하면, 탄약고, 함정의 안전, 보호 시스템 등의 함정시스템도 급격하게 변화할 것이다.

두 번째, 원동기의 수를 감소시킬 수 있다. 전기함정은 소요전력이 큰 부하에 필요한 원동기의 수를 작게 할 수 있다. 예를 들어, 기존에 설계된 미 해군의 LPD17은 43MW의 전력을 발전하기 위해 9개의 회전기계를 가지고 있다(추진용 중속 디젤원동기 4 대와 서비스부하용 5 대의 디젤발전기). IPS 기반으로 새롭게 설계된 LPD는 단지 4개의 전동기만을 사용하여 구성할 수 있다. 원동기의 수가 적어지면 연료효율 향상, 취득비용 절감, 유지보수 감소 및 소요인력 감소 등의 효과가 있다.

세 번째, 원동기의 효율을 향상시킬 수 있다. IPS의 전체 시스템효율은 동일한 출력의 기계식 구동시스템보다 높다. 추진용 원동기는 함정의 속도가 낮을 경우 비효율적이며, 이때 발전기들은 보통 경부하로 가동되기 때문에, 기계식 구동 함정의 전체 효율이 저하된다. IPS를 사용하면 함정의 서비스부하와 추진부하가 동일한 배전시스템으로 관리될 수 있기 때문에 원동기의 효율적인 부하담당이 가능하다.

네 번째, 추진기의 효율을 향상시킬 수 있다. IPS를 이용하면, 기존의 가변피치 프로펠러(CPP®) 시스템을 없애고, 추진축계를 단순화할 수 있다. 반전 프로펠러나 포드(pod) 추진과 같은 대체기술을 사용할 수 있다. 포드 추진이 성능을 개선시킬 수 있다는 점이 조선업계 및 운용업계에 의해 인식되면서, 페리 및 유람선 등에 도입되고 있다. 반전 프로펠러 역시 효율을 향상시킬 수 있다. 대부분의 추진축에는 2개의 독립된 전동기가 탑재되어 있기 때문에, 각 전동기를 자신의 프로펠러에 전용으로 가동해도 구조는 복잡해지지 않는다. 단 내측 축을 지지하는데 필요한 장수명 베어링을 설계하는 것은 공학적 도전과제로서, 상용으로 성공적으로 적용되고 있다. 또한 프로펠러의 반전구동을 위해 선체에 장착된 축과 프로펠러를 포드로 결합시킬 수도 있다.

다섯 번째, 함정 내 배치의 유연성을 높일 수 있다. 기존 함정에서는 함 내의 원동기를 선저 가까운

곳에 배치하여 구동축과 정렬된다. IPS에서는 함정 내 거의 모든 위치에 발전기를 배치시킬 수 있는 유연성이 있다(물론 안정성에 대한 고려는 필요하다). 구동축선은 직접 구동전동기로 단순화시킬 수 있다. 함정 설계자는 추진기의 축방향 분리와 관련된 기존 설계를 바꿀 수 있으며, 생존성을 개선하고 함정의 유지보수성 능력을 향상시킬 수도 있다. IPS는 연소공기 및 배기를 새로운 방법으로 설계할 수도 있다.

여섯 번째, 함정의 생산성을 향상시킨다. 긴 축선을 제거함으로써 함정의 선저(船底) 일정을 단축시키고 건조일정을 단축시킬 수 있다. 또한 함내 발전기를 주의깊게 배치함으로써 발전기의 조달시기를 늦출 수 있기 때문에, 함정 건조 중 기기가 손상될 가능성을 줄일 수 있다. 또한 각 모듈을 함정에 통합시키기 전에 테스트할 수 있기 때문에, 탑재하는 과정에서 기기가 고장날 위험을 줄일 수 있다. 또한 구역별 배전시스템은 케이블 길이를 짧게 하여 케이블이 관통해야 하는 공간의 수를 최소화한다.

일곱 번째, 연료전지와 같은 미래에너지원의 도입을 촉진시킨다. 연료전지는 또 다른 발전기로서, 미래 해군 전력시스템의 연료효율을 향상시킬 것으로 기대를 모으고 있다. 연료전지는 직접 발전하기 때문에 전력시스템에 통합되는 것은 자연스러운 일이다. 연료전지를 통합하기 위한 기술적 과제 때문에 적용범위가 제한되어 있지만, 향후 연료전지가 실용화되면 전기함정의 설계 시 탑재될 수 있을 것이다.

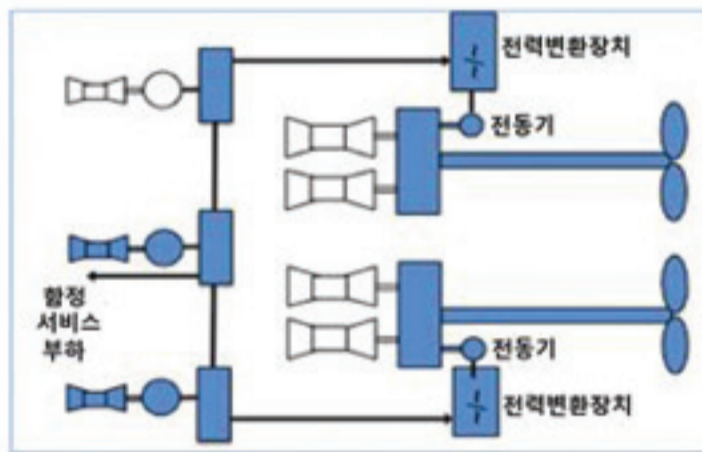


그림 6 하이브리드전력시스템 구조. 저속에서의 추진동력은 전동기가 공급하며 고속에서는 직접 연결된 또는 감속기어를 통해 연결된 원동기가 추진동력을 공급한다

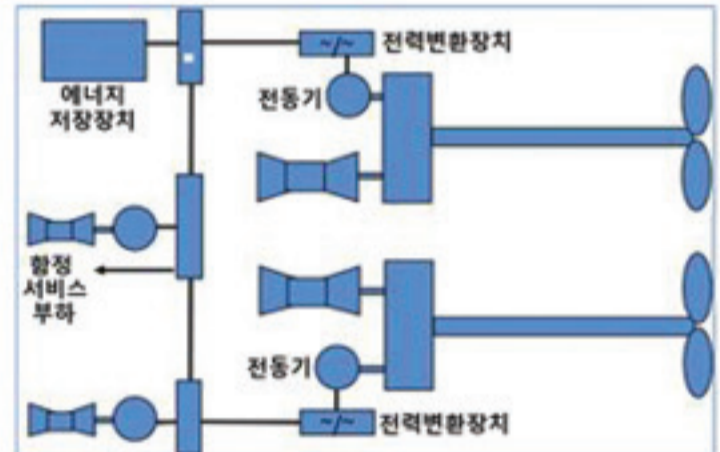


그림 7 에너지저장장치를 가진 하이브리드전력시스템. 에너지저장장치 때문에 배기가스와 연료소비를 줄이기 위해 원동기를 최적으로 운용할 수 있다

이상과 같은 IPS와 더불어, IPS의 변형으로 전기 및 기계 추진시스템을 모두 갖춘 HPS(하이브리드 전력시스템)가 있다(그림 6). 기계식 추진부는 동력전달손실을 최소화 하면서 최대속도를 얻는데 사용되는 반면, 전기추진은 엔진의 연료효율이 매우 낮은 저속에서만 동작시킨다. 이를 PTO(Power Take-Off) 또는 PTI(Power Take-In) 개념이라고도 한다. 최근 몇 년 동안 하이브리드 또는 PTO/PTI 구조가 함정과 상용 선박에 탑재되어 사용되는 예가 증가해 왔다. 하이브리드시스템은 함정의 크기를 최소화하면서 높은 최대속도(즉, 28-30 노트)가 요구되는 전투함에 특히 적합하다.

하이브리드 구조의 또 다른 변형으로는, 전력시스템의 일부로서 대용량 에너지저장시스템이 포함된 PIPS가 있다(그림 7 참조). 에너지저장장치로는 다른 여러 기술들이 제안, 연구되고 있지만, 가장 보편적으로 사용되는 것은 리튬배터리이다. 이 배터리기반 시스템은 CO₂ 및 NO_x 배출량을 크게 줄이면서 상당한 연료절감 효과(15-20%)를 가져올 수 있다. 배터리 가격이 계속 하락함에 따라 조선업계는 배터리의 투자자본수익율(이하 ROI⁷)이 약 4년이라고 보고하고 있으며, 이는 다른 대체 저장장치와는 비교가 되지 않는 수준이다.

3. 합정용 전력시스템의 선정 기준과 해결 과제

선박의 전력시스템은 100년 이상 존재해 왔으며, 역사적으로 보면 1880년대 선박의 초기 전기시스템을 오늘날의 전력시스템으로 발전하는 데는 수많은 연구와 혁신이 있었다. 오늘날의 선박은 전기부하가 계속 증가하고 있다. 특히 해군 합정의 무기시스템, 크루즈 선박의 호텔 및 서비스 부하 및 해저작업을 위한 동적위치제어(DP[®]) 시스템과 같은 추진시스템 및 보조부하의 대부분은 전기를 이용한다. 전력은 일반적으로, 디젤엔진이나 가스터빈 또는 터보-전기 구조의 원자력발전기와 같은 원동기를 이용해 발전된다. 대부분의 운전모드에서 전력시스템은 신뢰성이 있어야 하며 높은 수준의 생존성을 필요로 한다. 미 해상체계사령부(Naval Sea Systems Command)는 해군 전력시스템의 설계 기준을 다음과 같이 정의하고 있다.

전력시스템 설계의 주요 목표는 생존가능성 및 전력공급의 연속성이다. 전력공급의 연속성을 보장하기 위해 발전기와 배전반의 개수, 크기 및 위치, 설치될 배전시스템의 유형, 시스템 손상부분의 분리 또는 격리 적합성 등을 고려해야 한다.

이 설계기준이 해군 합정에만 적용되는 것은 아니다. 해양구조물 근처에서 DP와 같은 위험한 작업을 수행하는 선박이나, 고장이 경제적 또는 환경적으로 심각한 결과를 초래할 수 있는 작업에는 고수준의 신뢰성과 생존성 및 전기적 안정성을 가진 전력시스템이 필요하다.

신뢰성, 생존가능성, 전원공급연속성, 지속가능성 및 효율과 같은 특성(및 요구성능)은 모두 전원시스템의 설계, 전기적 안정성 및 운용방식과 관련되어 있다. 다음에서는 선박 전력시스템에서 현재 이루어지고 있는 설계 경향, 특성 및 해결과제에 대해 논의할 것이다. 참고로 일부 문헌에는 가장 일반적인 선박 전력시스템 설계에 대해 상세히 소개되어 있다.

가. 교류나 직류냐

초기 선박의 전력시스템은 DC계통형이었지만, 이후 교류전동기가 도입됨에 따라 경향이 바뀌어 교류시스템이 주류를 이루었다. 그 이유 중 하나는 (전력전자장치가 없는) 초기 DC시스템에서는 전압의 크기를 바꾸기 위해서는 회전기가 필요했으며, 따라서 효율이 매우 낮았다는 점이다. AC 전력시스템은 변압기를 이용하여 고효율로 전압의 크기를 쉽게 바꿀 수 있기 때문에, 선박에서 가장 많이 사용되는 전력시스템이었다. 오늘날에는 최신 전력전자장치 및 기타 기술적 발전으로 인해 합정 전력시스템에서 DC 또는 AC 배전을 사용하는 것에 대해 많은 논의가 이루어져 왔으며, 그 결과 AC 시스템이나 중전압DC(Medium Voltage Direct Current, 이하 MVDC) 시스템이나를 선택하기 위한 몇 가지 핵심 고려사항은 다음과 같다.

① 임피던스

MVDC 전력시스템은 전력변환을 위한 많은 구성 요소를 제거하고 케이블의 사용을 최적화함으로써 (단지 저항만 존재) 기존 AC 전력시스템보다 에너지의 동특성이 더욱 커질 수 있다. DC 배전은 AC 배전과 같이 전력전송 시에 표피효과(skin effect)가 존재하지 않는다. 또한 DC 시스템에는

기본주파수라는 것이 없기 때문에 역률이 없고, 따라서 전압과 공급전력이 동일한 경우 주케이블의 무게를 줄일 수 있다. 또한 DC 시스템과 달리 AC 시스템에는 손실을 증가시키는 무효전력이 존재하기 때문에 에너지공급능력을 감소시킨다. 이와는 달리 AC 시스템에 존재하는 케이블의 임피던스 때문에 전류의 크기에 따라 달라지는 전압강하가 발생하지만, 케이블의 임피던스는 단락전류를 자동적으로 제한하는 순기능도 있다. 직류시스템에서는 케이블의 (매우 낮은) 저항만이 단락전류를 제한하므로, 전력시스템의 모든 부분은 단락전류에 의해 같은 영향을 받는다. 이와 더불어 AC 전류는 크기가 +/-로 변하기 때문에 자연적으로 제로크로싱(zero crossing, 전류가 영이 되는 점)이 발생하므로 고장 발생 시 영전류점에서 전류를 차단하기 쉽지만, DC시스템에서는 항상 큰 전류가 흘러 연결(버스연결선이나 회로차단기)을 끊거나 전류를 제한하는 것이 어렵기 때문에, 전력전자장치의 전력변환소자가 손상될 수 있다.

② 원동기 속도

DC 시스템에서는 원동기속도가 전력계통선의 전력품질과 거의 무관하기 때문에, 원동기의 속도가 바뀌어질 수 있다. 주파수제어는 더 이상 필요하지 않기 때문에, 원동기는 임의의 극수를 가진 발전기에 연결되어 최적화된 속도(연료효율 향상이라는 목표에 부응하는 요구전력)로 가동될 수 있다.

③ 발전기의 병렬연결

AC 시스템에서는 여러 발전기가 병렬로 운전되기 때문에, 이들이 전력시스템에 연결되기 전에 전압 및 위상을 일치시켜야 한다. DC 시스템에서는 위상정합이 필요하지 않으므로 발전기의 응답시간이 빨라진다.

④ 전력전자소자를 이용한 전력변환장치

DC 시스템에서 중간주파수 또는 고주파 변압기(DC-AC-DC 전자변압기)를 적용하면, 환경발자국(footprint)을 줄일 수 있다. 반면 AC 시스템에서는 변압기가 전압의 크기를 쉽고 안정적으로 변환시키지만, 변환시스템에는 종종 DC 링크 단계가 포함된다. 따라서 변환장치의 전원측과 부하측 사이의 DC 링크를 내부적으로 직접 연결하는 대신 케이블로 연결하면, DC 계통선이 된다. 변환장치의 DC 링크를 직접 연결하려면 10kV 정도의 충분히 높은 DC 링크 전압이 필요하다. 내부에 DC 링크가 있는 최첨단 백투백 컨버터(back-to-back converter)를 적용하면, 변압기를 이용해 높은 AC측 전압에 맞추으로써 이 DC 링크 전압을 낮출 수 있지만, 무게와 공간이 늘어나고 효율은 감소된다.

⑤ 고장전류와 회로차단기 기술

DC 시스템에서는 사고전류를 AC 시스템보다 상당히 작은 수준으로 제어할 수 있다. 이는 기존의 회로차단기 대신에 전력전자장치를 사용할 수 있기 때문이다. 고장전류가 작으면 고장 발생 시의 손상도 줄어든다. 한편, AC 시스템은 전류가 제로크로싱할 때에 전기아크가 없어지므로, DC 시스템보다 훨씬 간단한 회로차단기술을 사용할 수 있다.

⑥ 음향 흔적

기본주파수를 가지는 AC 시스템과는 달리 DC 시스템에서는 음향흔적이 거의 없다. 이는 해군 함정의 중요한 특징이 될 수 있다. 그러나, DC 전류에 의해 생성된 일정한 자기장은 철금속에 잔류자기장을 남길 수 있으며, 이로 인해 선박의 총 자기흔적이 커진다. 이것은 무엇 보다 기뢰나 센서/장비의 신호간섭 면에서 단점이 된다.

⑦ 무게와 공간

DC 시스템에서, 고속 가스터빈은 주파수 제어용 감속기어 없이 고속발전기와 함께 사용될 수 있으며, 이는 AC 시스템에서도 흔히 볼 수 있다. 고속 가스터빈과 발전기를 조합시키면 환경발자국이 줄어들고 발전기의 길이도 짧아진다. 이는 공간과 무게가 절약되기 때문에 바람직하다. 공급전력이 동일한 경우, 3개의 전선이 필요한 AC 시스템에 비해 DC 시스템은 두 개의 전선만이 필요하다. 하나의 전선을 제거하면 무게가 줄어들어 유익하다.

모듈형 멀티레벨 컨버터(MMC⁹)와 같은 새로운 기술은 DC 전력계통의 많은 문제점과 과제를 해결할 수 있으므로, DC 시스템은 이전의 선박 전력시스템에 비해 매우 기대되는 해결방안이 될 수 있다. MVDC 방식은 중량 감소, 효율 증가, 그리고 손실은 작으면서 큰 에너지를 전달할 수 있지만, 단락전류, DC 차단기 기술 및 시스템 표준화와 같은 문제를 해결해야 한다. 순수 AC, AC와 DC가 공존하는 하이브리드 또는 순수 DC 등 다양한 전력시스템 방식은 서로 다른 특성과 장점 및 단점을 가지고 있다. 전력시스템의 선택은 다양한 제조업체, 사용가능한 기술 및 다양한 구성 요소, 개발자 및 고객 선호도, 가장 경제적인 방식, 전력시스템에 연결된 장비의 유형, 에너지저장 가능성, 공간 및 중량 요구사항, 여유도 수준, 선급의 규칙과 규정 등에 따라 크게 달라진다. 이러한 요소들은 경제성 고려와 함께 전력시스템 방식을 결정하는데 영향을 미친다.

나. 함정의 전력시스템과 마이크로그리드

마이크로그리드(microgrid)는 국가의 전력계통선에 연결되어 있거나 섬과 같은 곳에 따로 떨어져서 독립적으로 운용할 수 있는 전기적 및 지리적인 소규모 전력시스템이다. 독립모드에서는 마이크로그리드는 장기간 에너지 독립성과 전력품질 면에서 엄격한 요구성능이 필요하다. 함정의 전력시스템은 사실 하나의 독립된 마이크로그리드이다. 즉, 함정의 전력시스템은 바다에 있는 동안 독립되어 있고, 도크에 들어가서 해안의 전력계통에 연결되면 육상 전력계통의 일부가 된다. 함정의 전력시스템은 육상의 독립형 마이크로그리드와 공통점이 많으며, 방식과 장비 및 구성요소 대부분이 동일하다. 또한 마이크로그리드에 적용되는 대부분의 제어전략과 설계원리가 함정의 전력시스템에 적용될 수 있으며, 그 반대의 경우도 마찬가지이다. 이러한 제어전략 및 설계원리의 예를 들자면, 전압 및 주파수 제어기법, 전력품질 개선 전략, 분산배치된 발전기들의 전력공유 방법, 에너지관리시스템 등이 그것이다. 함정용 마이크로그리드와 규모가 좀 더 큰 육상용 마이크로그리드 사이의 주된 차이점을 몇 가지 언급하자면 다음과 같이 요약된다.

① 주파수

함정 전력시스템의 기본주파수는 일정하다고 가정할 수 없다. 원동기와 발전기는 회전기의 관성이 존재하기 때문에, 부하가 급격히 변화해도 원동기의 축이 빠르게 가속 및 감속될 수 없으므로 주파수가

차이가 날 수 있다. 이러한 차이는 축의 속도가 기준주파수와 일치하는 정상상태에 도달할 때까지 약 2초 정도 동안 지속될 수 있다.

② 시스템 분석

육상용 전력계통을 분석하면, 모든 시스템의 시정수가 정량화되어 따로 시간별로 문제를 분석하는데 사용된다. 그러나 이러한 분석을 합정 전력시스템을 대상으로 수행하기가 쉽지 않은데, 그 이유는 전동기의 동역학, 전기동역학 및 제어에 대한 주요 시정수가 모두 같은 시간범위(밀리초~초)에 있기 때문이다.

③ 발전계획 수립

육상용 전력망에서는 각 발전장치에 의해 공급되는 전력이 계획되어 있다. 소비전력과 발전전력 사이의 차이는 스윙발전기(swing generator, 전력계통에 필요한 유효 및 무효 전력을 공급하는 발전기)를 통해 조절된다. 모든 발전기가 부하의 정보를 서로 빠르게 교환하면서 유효전력 및 무효전력을 공동으로 담당하는 합정 전력시스템에서는 그렇지 않기 때문에, 병렬연결된 발전기들의 동특성이 우수해야 한다. 따라서 합정의 발전시스템에서는 발전기 가동을 미리 계획하는 대신, 흔히 발전기를 드롭제어(전력계통주파수에 맞추어 원동기의 속도를 제어하는 것)하여 부하를 분담하게 된다.

④ 전력전송 거리와 전력조류

육상용 전력부문에서는 배전시스템에서 전력전송 거리를 모델링하여 정확한 동특성과 적절한 전압조정을 이루는 것이 중요하다. 합정의 전력시스템에서는 전력전송 거리가 짧기 때문에, 전력조류 문제는 그다지 중요하지 않다. 전력전송 거리가 짧으면 임피던스가 작아 전력시스템 각 부분 사이의 영향이 증가한다. 따라서 장치들과 하위시스템 사이의 연관성이 강화된다면 안정성 확보에 주의를 기울여야 한다.

⑤ 시스템의 크기와 범위

합정 전력시스템은 공간이 제한되어 있기 때문에, 육상용 시스템보다 고수준의 중앙집중식 제어가 적용될 수 있다. 전력전송 거리가 짧을수록 육상용 전력계통보다 데이터의 동기화와 측정값 복구를 더욱 쉽게 할 수 있다.

⑥ 부하 프로파일

합정 전력시스템에서는 추진시스템, 무기체계시스템 및 기타 대용량 시스템에 필요한 전력 때문에 부하프로파일이 급격히 변하는 경우가 많다. 따라서 부하전력(유효전력 및 무효전력 모두)은 육상용 배전시스템보다 합정 전력시스템에서 더욱 빠르고 불규칙하게 변화하고 있다.

⑦ 단선 고장

합정 전력시스템은 한 상이 접지된 채 동작하도록 설계되었다. 안전을 위해 이러한 중전압 시스템에는 항상 고임피던스 접지시스템이 포함되어 있다.

⑧ 환경 영향

함정 전력시스템은 험한 환경에서 진동, 충격 및 기동 동특성이 우수해야 하며, 염분 및 습기에서도 견뎌야 한다.

다. IPS와 전력계통 설계

IPS에서 선박의 추진부하 및 보조(서비스)부하에 필요한 모든 전력은 동일한 주 발전기들에 의해 발전, 배전된다. 비교하자면, 기존의 (분리형) 전기구동 선박의 전력시스템에서는, 추진부하와 보조부하가 전용 발전기에 의해 별도로 전력이 공급되었다.

기존 전력시스템의 추진시스템은 원래 원동기가 감속기어를 통해 프로펠러축 연결되어 있는 기계식 구동시스템이었다. 그러나 많은 선박들이 더욱 빠른 응답을 얻기 위해 전기추진으로 개조되면서 기존의 분리형 전기구동 전력시스템이 탑재되었다. 오늘날에도 이런 종류의 전력시스템을 갖춘 수많은 선박이 존재한다. 앞서 그림 5에서 알 수 있듯이, 기존의 전력시스템은 두 개의 분리된 하위시스템으로 구성되어 있다. 하나는 추진용이고 다른 하나는 보조부하용이다. 하위시스템이 분리됨으로써 각 하위시스템의 엔진은 해당 시스템에만 연결되며, 해당 하위시스템 내에서만 사용할 수 있다. 이 구조는 기동성을 보장하기 위한 것으로 선구적인 방식이었다. 선박의 발전전력의 거의 90%가 추진시스템에만 사용되었다. 그러나 선박의 공급전력 대부분이 추진시스템에만 사용될 수 있는 이러한 분리형은, 추진전력이 다른 시스템에 사용될 수 없기 때문에 단점이 될 수 있다.

기존 전력시스템의 단점을 해결하기 위해 IPS가 해결방안으로 도입되었다. 발전장치를 독립형 하위시스템으로 분리하는 대신, IPS는 모든 발전기의 발전전력을 통합전력계통에서 공유하기 때문에, 전력계통에 배치된 모든 개별부하에 전력을 배전한다. 모든 (전력계통 상의) 부하들 사이에서 발전전력을 공유할 수 있는 IPS의 능력은, 새로운 장비가 단순히 배전계통에 연결되기 때문에 전기장비의 애프터마켓(aftermarket, 부품 및 유지정비 시장) 구축을 용이하게 하는 중요한 특성이다. 전력공유라는 속성은 IPS의 주요 장점이며 전력의 유연성(운용 상의 유연성) 및 가용성을 향상시킨다. 저속 및 중속 범위에서 IPS는 가동되는 원동기의 수를 줄이면서도 기존 전력시스템과 동일한 양의 전력을 발전시킬 수 있다. 가동 중인 발전기의 수가 줄어들면 연비가 향상되고 배기가스가 감소되기 때문에, IPS는 경제적 및 환경적 측면에서 모두 바람직하다. 선박의 전력요구량에 대응하여 발전기를 시동 및 정지시킴으로써 IPS의 전력공급량은 시간에 따라 계단식 형태를 띠며, 정격출력이 다른 발전기를 탑재하면 발전량을 최적화하여 원동기가 바람직하지 않은 낮은 부하분담율로 가동되는 것을 피할 수 있다. 그러나 유지보수 및 예비부품 확보 등을 쉽게 하기 위해 선박의 모든 또는 다수의 발전기의 정격을 다르게 하는 것은 드문 일이다. 또한 IPS가 개방형 버스연결(그림 8 참조) 구조를 가지는 경우, 양쪽의 발전용량이 동일해야 한다. 미래의 선박용 전력시스템은 원동기가 부하를 이상적으로 분담할 수 있도록 잉여전력을 저장할 수 있는 에너지저장시스템(ESS¹⁰)이 포함되어 있기 때문에, 원동기의 최적 부하분담 문제를 세련되게 해결할 수 있다. 따라서 어떤 다른 방법보다 배기가스를 발생시키지 않고서도 친환경적으로 항구를 입출항할 수 있다.

1) 전기적 안정성

신뢰성, 확실성 및 생존성은 많은 선박 전력시스템의 중요한 속성이다. 해군 함정은 적의 공격으로 인해 전력시스템의 일부가 동작하지 않는 상태에서도 생존해서 함정이 처한 위기상황에서 벗어나서

방위수단을 가동시키는데 필요한 전력을 공급할 수 있어야 한다. 해상구조물 근처에서 DP 운전을 수행 중인 해양 선박은 고장에서 반드시 생존하여, 선박을 구조물 부근에서 안전한 위치로 이동시키는데 필요한 전력을 공급해야 한다. 마찬가지로, 심해시추선은 장비와 선원 모두에게 손상을 입힐 수 있는 치명적인 상황을 피할 수 있도록, 시스템의 고장 시에 생존하여 위치유지를 수행할 수 있는 신뢰성 높은 전력시스템을 가져야 한다. 이와 관련해서는 다음 3가지의 속성이 검토되어야 한다.

① 신뢰성(Reliability)

신뢰성은 보통 고장안전 운전(fail-safe operation)으로 설명되며, 시스템 신뢰성이라는 용어는 구성요소의 고장 및 내부 오류의 영향에 대한 표준 척도로서, 구성요소의 평균무고장시간(MTTF¹¹, 고장에서 다음 고장까지의 평균시간)과 정적 확실성분석(static dependency analysis)을 이용하여 계산된다.

② 확실성(Dependability)

구성요소의 고장, 내부 오류 및 외란에도 불구하고 시스템이 계속 동작할 수 있는 능력이다.

③ 생존성(Survivability)

반면에 생존성은 해군 함정과 군용 분야에 주로 사용되며, 전투와 관련된 중대한 장애 발생 시나 피해통제작전 등의 지극히 중요한 서비스를 연속적으로 처리할 수 있는 것을 말한다.

대부분의 경우 이들 용어는 서로 혼용되기 때문에 신뢰성은 종종 확실성과 생존가능성을 모두 의미하기도 한다. 확실성과 생존가능성을 높이는 신뢰할 수 있는 IPS를 구현하기 위해, 가장 많이 사용되는 설계 원칙은 여유도이지만, 공간 분리 및 수동 백업시스템 역시 많이 사용되어 왔다.

중소형 함정에 자주 사용되는 여유도 높은 2분할 IPS 구조가 그림 8에 나타나 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 발전기는 2개를 한 쌍으로 묶어서 2쌍이 분리되어 있으며, 각 쌍은 주 배전반(MSB 1 및 2)에 연결되어 있다. 이들 배전반은 여유도를 가진 버스연결선을 통해 연결되어 있다. 각 배전반은 하나의 추진시스템에 전력을 공급하며, 두 배전반 모두 서비스부하에 전력을 공급한다. 두 분전반(load center)은 각각 두 배전반에 연결되어 있다. 매우 중요한 서비스부하는 버스 자동절체(ABT¹²) 장치를 이용하여 여유도가 높게 두 배전반에서 전력을 공급을 받는 반면, 중요부하가 아닌 일반부하는 두 배전반 중 하나의 배전반에 의해 공급된다. 선급이 정한 선박 유형 및 선급 규정에 따라, IPS에는 중요부하에 전력을 공급하는 비상발전기가 포함될 수 있으며, 경우에 따라서는 이 비상발전기가 추진부하의 일부를 담당할 수도 있다. 또한 예를 들어 하나의 변압기가 고장나면, 배전반들 사이의 버스타이에 의해 다른 분전반이 연결될 수 있다. IPS에 설치된 차단기는 고장이 전력계통 전체로 전파되지 않도록 차단하여 완전 정전을 방지할 수 있다. 따라서 이와 같이 전력계통을 재구성하는 기능은 시스템의 안정성을 높이는데 중요하며, 실제 IPS의 설계와 설치는 물론이고 고장점을 분리시키는 보호체계를 가동시킬 수 있는 빠르고 신뢰성 높은 고장탐지시스템과 밀접하게 관련되어 있다.

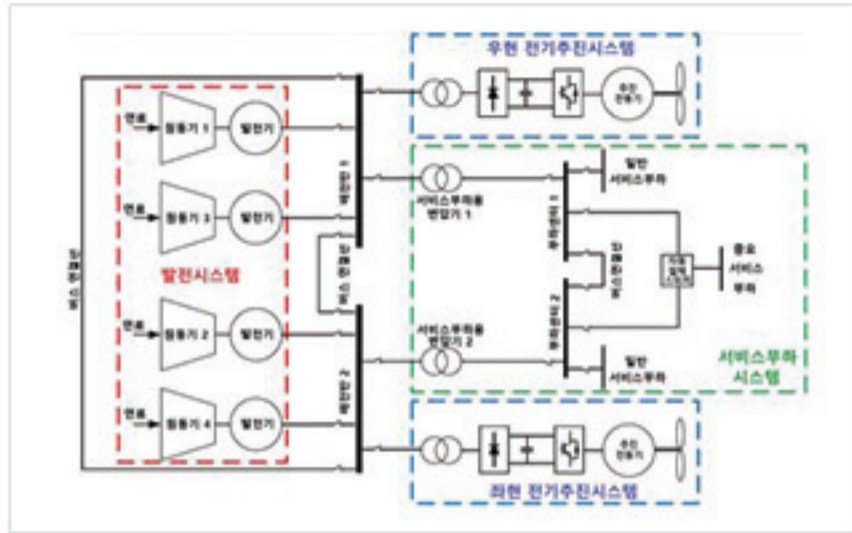


그림 8 미 해군의 증스형 함정에 적용되는 여유도가 높은 대표적인 IPS의 예. 중요서비스부하를 위한 여유도 높은 전력계통은 자동버스철체 방식을 이용한다.

2) 방사형 및 구역별 전력계통 설계

기존 함정에서 여유도(redundancy)가 높은 배전시스템을 구축하기 위한 실질적인 방안은, 중요부하를 여러 배전반에 함께 연결하여 구성요소 간에 전력공급을 위한 대체경로를 설치하는 것이었다. 이 방식을 방사형 배전시스템이라 하며, 전력은 주 배전반에서 분전반 및 개별부하로 직접 공급되지만, 중요부하가 적은 단순한 계통에 적용되며, 함정의 부하 증설 시 분전반 및 전선용량이 증가하므로 고비용 시스템이 될 수 있다. 이에 대한 해결책으로 1990년대에 구역별 배전계통 방식이 도입되었다. 이 방식은 짧은 횡단 급전케이블을 이용하여 좌현 배전반에서 우현 배전반으로 중요부하에 전력공급 대체경로를 제공함으로써 여유도가 높은 전력계통이 구현되면서 생존성이 향상되었다. 또한 계통이 복잡하고 중요부하가 많은 중/대형 선박에 적용하여 계통의 단순화와 다양한 통제 방식을 적용할 수 있다. 이 방식은 선박의 진행방향을 따라 배전반이 확장된 것과 같은 역할을 하게 된다. 버스연결선은 고장점을 분리시키거나 일부 배전반을 분리시키는데 사용된다. 이 방식을 적용하면 방사형 시스템의 긴 급전케이블을 제거할 수 있으므로 비용과 무게를 줄여 연료소비량 및 유해가스 배출량을 낮출 수 있다. 구역별 배전방식은 일반적으로 IPS 설계 시에 채택되며, 그 결과 상대적으로 저렴한 비용으로 필요한 수준의 안정성과 생존성을 갖추면서 여유도가 높은 전력계통 설계가 가능하며, 관련 장비의 수리부품 교체가 용이해지고 유연성이 향상된다. 방사형 전력계통과 구역별 전력계통의 차이점을 보여주는 것이 그림 9에 나타나 있다.

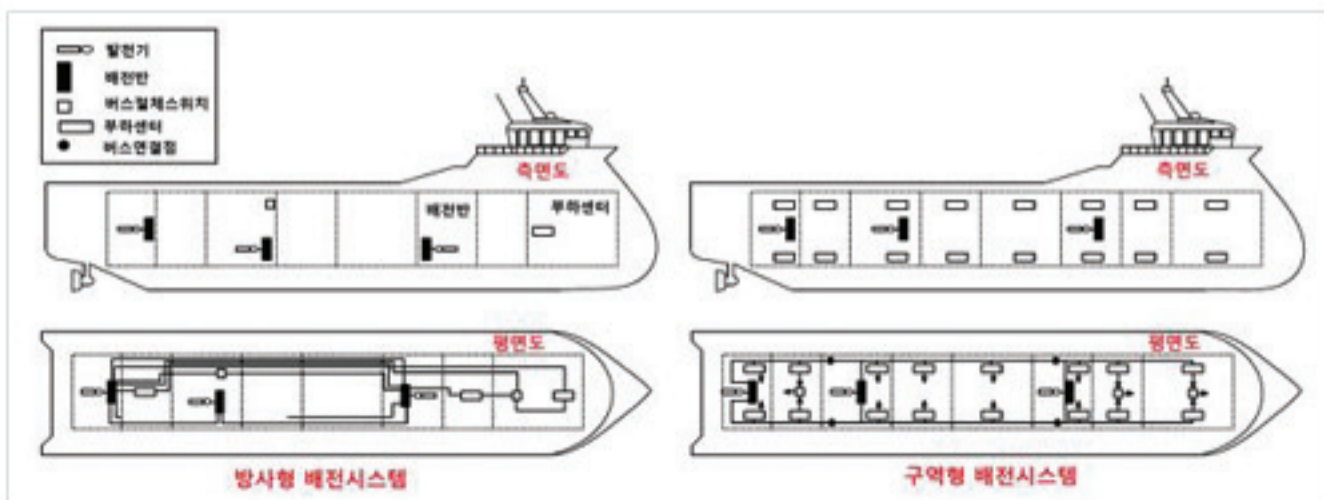


그림 9 선박의 방사형 및 구역형 배전시스템 비교

미래의 전력시스템은 오늘날과 완전히 다를 것으로 예상된다. 미래의 선박 전력시스템은 핵심 요구성능으로서 고품질서비스(이하 QOS¹³), 향상된 신뢰성 및 효율이 주 목표가 되어야 한다. 이는 완전히 새로운 설계 전략, 최신 센서기술을 이용한 시스템 건강 및 상태의 모니터링, 그리고 첨단 효율적인 안정성 및 전력품질 개선 방법과 장치를 필요로 한다.

라. 전력전자장치와 고조파 오염

전기는 에너지를 활용하는 방법이 다른 에너지원보다 유연하다. 정보시스템, 레이다 및 수중음파탐지 시스템, 첨단 움직임 보상장치 및 군용 정밀무기와 같은 기술은 전기가 없으면 불가능하다. 미래의 예측에 따르면 점점 더 많은 장비가 전기를 이용하게 될 것이고, 함정은 모든 설치된 장비와 시스템이 전기를 이용하는 완전전기함정(AES¹⁴)로 점차 전환될 것이다. 전력시스템에 연결된 다양한 종류의 전기 장비 및 시스템은 서로 다른 전력변환장치를 필요로 한다. 장비 및 시스템 중 일부는 AC로 전원을 공급받고, 다른 것은 DC로 전원을 공급받는다. 또한, 필요한 (정격)전압 역시 수 V에서 수천 V에 이르며, 시스템과 장비가 다르면 동작주파수 역시 달라질 수 있다. 함정 발전전력의 거의 90%가 전력전자장치를 통해 추진시스템으로 공급될 수 있다. 전력전자장치는 전력변환의 핵심이며, 이로 인해 IPS는 다양한 전력전자장치가 포함되어 있어, 연결된 시스템 및 장비에 적합한 형태와 크기의 전력을 공급할 수 있다. 함정의 전력수요는 수십 MW에서 일부 경우에는 100MW 이상으로 계속 증가하고 있다. 그러나, 이러한 대전력 정격은 무겁고 환경발자국이 큰 전력전자장치가 필요해진다. 이는 대전력 요구를 충족시키는데 실질적인 장애가 된다. 일반적으로 우선 순위가 정해지면, 크기, 손실, 비용, 무게 등은 상호관련된 요소들이자, 전력전자장치의 적용범위를 제한하는 요소들이기도 하다.

중요한 전력전자장치로는 컨버터와 인버터가 있으며, 이들은 전력을 한 형태에서 다른 형태, 즉 AC/DC, AC/AC, DC/AC, DC/DC로 변환할 수 있다. 각 부하마다 필요한 전력 또는 요구전력의 크기가 같은 부하들 그룹에 필요한 전력은 사용 시점에 IPS에서 변환된다. 실제로 거의 모든 전원과 부하는 컨버터가 필요하다. 펄스폭변조(PWM¹⁵) 방식은 중소형 컨버터의 전력조절에 널리 사용된다. 온/오프 스위치로 구성되는 스위치모드 전력전자변환기는, PWM을 이용하여 스위치의 온/오프 시간을 제어하며, 이렇게 함으로써 변환기는 전압 및 전류 파형과 역률을 조절하고, 원하는 주파수의 다양한 입력파형을 얻을 수 있다. 이런 점에서 볼 때 전동기구동, 전원공급장치 및 전력용 능동필터 사이에는 거의 차이가 없으며, 그러한 전력전자장치들의 구성방식과 부품을 일반화시켜 전력전자빌딩블록(PEBB¹⁶)을 형성할 수 있다. 이러한 빌딩블록은 전력시스템의 다양한 전력전자장치의 수를 최소화하기 위한 것이며, 이를 범용화시키면 대량생산될 수 있다. 전력전자장치가 일반화되면 타이틀하게 패키징될 수 있으므로, 무게와 공간을 줄일 수 있다. 빌딩블록은 일반 인터페이스(통신 프로토콜)를 통해 다른 알고리즘 및 소프트웨어로 제어할 수 있으며, 작동 상태 또는 임무 유형에 따라 현장에서 변경할 수 있다. 이 블록은 구성요소 사이에서 정보를 공유할 수 있는 인터페이스와 함께 쉽게 설치(플러그 앤 플레이)될 수 있다. 블록이 서로 연결되는 방식에 따라 구성요소의 일부로 다른 알고리즘이 적용될 수 있다. 전력시스템의 상태와 요구사항에 따라, 전력변환, (능동필터에 의한) 고조파완화, 유효/무효 전력 제어 등의 기능을 수행하거나, 고장점을 분리하기 위해 간단한 차단기 기능을 수행하는 알고리즘이 사용될 수도 있다. 이 블록이 범용화되면, 블록에 대한 다양한 모델링 및 시뮬레이션 도구가 개발됨으로써, 전력시스템 설계 및 구현이 크게 용이해지며, 안정성, 신뢰성 및 효율이 보장된다. PEBB를 개발하는 데 있어서 중요한

부분은 중량과 크기 및 손실을 최소화하고 더 많은 열을 처리할 수 있고 부하변동에 따라 빠른 동특성을 가지는 부품을 지속적으로 획득하는 것이다. PEBB는 첨단 전력시스템을 위한 미래의 해결방안으로 간주되고 있다. 이러한 표준화된 빌딩 블록을 실현하기 위한 많은 연구 개발이 이루어졌지만 아직 일반화된 것은 출시되지 않았다.

다이오드, 트랜지스터 및 사이리스터 등으로 구성된 전력용 반도체장치에 대해 많은 연구가 진행되면서 전력전자장치의 설계방식이 새롭게 바뀌고, 성능이 향상되고 손실이 적은 소자들이 생산되었지만, 이들 장치 중 시장에 출시된 것은 거의 없다. 그러나 최근 등장한 실리콘카바이드(SiC) 소자는 낮은 스위칭손실, 내고압성 및 내고온성을 갖는 특성 때문에 주목을 받아왔다. SiC 소자는 값이 비싸지만 컨버터 크기, 손실, 무게, 냉각 요구성능, 고주파PWM 가능성 등에 미치는 영향이 대단히 크다.

고조파오염은 기본주파수의 배수 주파수를 갖는 모든 파형으로 정의되며, 고조파 주파수의 진폭과 기본 주파수의 진폭 간의 관계를 나타내는 정규화된 양인 총고조파왜형률(THD¹⁷)로 측정된다. 오늘날 대부분의 합정 전력시스템은 고조파오염의 영향을 받는다. 전력시스템의 전력품질을 저해하는 고조파오염은 연료소비 및 유해가스 배출량을 늘린다. 고조파는 무효전력과 밀접한 관련이 있으며, 고수준의 고조파는 장비 및 시스템의 고장을 유발시킬 수 있으며, 심지어 폭발 및 화재와 같은 치명적인 사건을 일으킬 수도 있다. 이론적으로는 최악의 경우 이것 때문에 전압이 붕괴되면서 완전히 정전될 수 있다. 완전한 정전은 고조파오염으로 인해 발생할 수도 있지만, 대개는 조작 실수로 인해 발생한다. 전압강하 지속발전(VDR¹⁸) 능력이라는 용어는, 최악의 경우 고장이 수리되거나 분리될 때까지 전압은 0이라고 가정해야 하는 고장 및 오작동에 대처할 수 있는 부하장비의 능력을 설명하는 데 사용된다. 이러한 오작동 및 고장의 예로는 대형전동기를 시동할 때 단락회로 또는 큰 돌입전류를 들 수 있다. 허용된 전압강하는 선박과 운용에 따라 달라지며, 선급에 의해 설정된다.

고조파경감은 전력시스템의 효율뿐만 아니라 안정성과 신뢰성에도 중요하다. 고조파경감 및 전력품질조절은 활발한 연구 주제이며, 많은 능동 및 수동 필터를 이용하는 방식이 제안되어 있다. 수동필터는 설정된 목표주파수를 변경할 수 있는 기능이 없으며, 다양한 운전 요구성능과 임무유형 때문에 전력시스템의 구조(및 부하프로파일)가 변화된다면, 고조파스펙트럼이 바뀌게 되면서 필터의 주파수대역을 다시 조정해야 하기 때문에, 수동필터가 항상 고조파경감을 위한 좋은 해결방안은 아니다. 반면 능동필터는 모든 범위의 주파수스펙트럼을 경감시킬 수 있는 능력이 있으며, 유일한 제한점은 제어기의 대역폭이 제한되는 것이다. 따라서 능동필터를 사용하면 전력시스템의 고조파스펙트럼 변화에 대한 유연성이 증가한다. 능동필터는 수동필터보다 환경발자국이 작으며, 이는 선박에서 요구되는 바람직한 특성이다. 능동필터는 값비싼 장치이므로, 필터의 정격출력을 최대한 활용(및 완화)하기 위해서는 전력시스템에서의 설치 위치가 매우 중요하다. 시스템 수준에서 고조파를 경감하기 위한 최적화기법(모델 예측제어)을 적용하지는 개념도 제안된 바 있다. 능동필터는 구성방식이 다양하고, 예를 들어 추진시스템의 전동기 구동장치의 일부가 될 수 있으며, 제어형 전위능동필터(AFE¹⁹) 컨버터 또는 단순히 독립형 장치로 구현될 수 있다. 고조파경감(및 전력품질 조절)은 앞서 언급한 바와 같이 효율적이고 신뢰할 수 있는 전력시스템을 달성하는데 중요하며, 고조파오염 문제 역시 더욱 많은 비선형요소로 구성된 향후 전력시스템에서는 문제가 될 것으로 예상된다.

마. 에너지관리시스템과 에너지저장시스템

발전과 에너지관리를 계획하는 것은 최적의 원동기 부하분담 조건으로서 경제적이고 효율적인 발전을 달성하는데 중요하며, 따라서 연료소비를 최소로 유지할 수 있다. AC 전력시스템에서 원동기의 속도는 제어가능하며, 주로 정속 발전기에 연결되어 원하는 (그리고 설정된) 주파수를 허용가능한 편차(dead band, 불감대역) 내에서 유지시킨다. 원동기의 속도는 주파수제어로 인해 어느 정도 고정되어 있기 때문에, 각 원동기의 부하분담 정도는 유효에너지전달량에 대한 연료소비량(SFOC²⁰, 비연료소비량, g/kWh)을 기준으로 연료효율이 결정된다. 원동기는 동적으로 변화하는 부하프로파일(유효/무효 전력) 때문에 속도편차가 발생하는데, 이는 원동기와 발전기의 축 상에 존재하는 관성 때문이다. 이러한 원동기 속도변화로 인해 허용된 불감대역을 벗어나는 주파수변동이 발생하면, 원동기를 분리시켜 가동을 중지해야 한다. 큰 음(-)의 주파수변동 또한 가동 중인 원동기가 부하를 충족시키지 못함을 나타내는 지표이므로, 중요하지 않은 부하를 차단시키거나, 공회전 중인 다른 원동기의 속도를 증가시켜 동기화시킨 이후 전력시스템에 연결시키는 추가적인 감시단계를 수행해야 한다. 속도 변동, 그리고 설계된 불감대역 내에서 허용된 주파수 변동 때문에 합정의 AC 전력시스템의 주파수는 일정하다고 가정할 수 없다.

주파수변동 뿐만 아니라 전동기 축 상의 속도변화 때문에 마모가 증가되어 유지보수 비용이 증가된다. 원동기가 정속도로 회전하도록 제어하는 것은 발전에 큰 영향을 미치는데, 이는 발전량을 최적으로 증가 또는 감소시키는 것이 계단식(AC) 발전 중에 있는 원동기의 기동 및 정지와 관련되어 있기 때문이다. 부하는 항상 충족되어야 하기 때문에, 원동기가 부하분담율이 낮은 최적이지 않은 상태에서 가동되는 것은 합정용 AC 전력시스템에서 흔히 발생하는 일이다. 연료 효율을 높이기 위해 원동기의 부하분담율이 증가할 수 있고, 수요전력이 발전전력을 능가하는 경우 저장된 전력이 사용될 수 있다.

DC 전력시스템에서, 원동기는 전력수요를 충족시키기 위해 다양한 속도로 가동될 수 있다. AC 시스템과 마찬가지로 발전기의 여자자속을 제어하여 전압의 크기를 유지시킨다. 원동기의 속도를 변화시킬 수 있는 유연성 때문에, 발전량은 AC시스템의 계단식이 아닌 보다 매끈한 특성을 가질 것이다. 그러나 최적의 속도 범위를 벗어나는 원동기는 마모되기 쉽고, 특히 저속에서는 연소가 최적으로 되지 않기 때문에 원동기에 그을음이 크게 발생하여 유지관리 비용이 증가한다. 고속에서는 연료소비가 발전전력과 일치하지 않으므로(연료소비와 발전전력 사이의 관계가 비선형) 연료효율이 감소되어 연료비와 배기가스 배출량이 증가한다. AC 전력시스템과 마찬가지로 DC 전력시스템 역시 쉽게 원동기를 최적으로 가동시킬 수 있는 ESS를 이용하면 큰 장점이 있다.

1) ESS 응용 분야

오늘날 합정에서 더욱 경제적이며 여유도가 높은 작업을 가능케 하는 많은 적절한 ESS 기술이 개발되어 있다. ESS 기술을 선택하기 위해서는 적용 분야, 에너지밀도, 크기, 무게 및 비용, 예상수명, 충방전을, 다른 기능 요구사항 등을 고려해야 한다. ESS 기술의 예로는 배터리 에너지저장시스템(BESS), 압축공기 에너지저장장치(CAES²¹), 플라이휠(flywheel), 초전도 자기에너지 저장장치(SMES²²), 커패시터(capacitor, 울트라커패시터(ultra-capacitor) 포함) 및 양수발전장치(PHS²³) 등이 있다. 전력시스템(AC 또는 DC)에 따라 대부분의 ESS 기술은 충방전을 위해 전력을 변환하는 전력변환장치를 필요로 한다. ESS의 확실한 적용분야는 무정전전원장치(UPS)와 유사한 백업전원용으로서, 이 분야는

ESS 기술의 에너지밀도 및 방전율에 대해 엄격한 요구성능이 설정되어 있다. 이러한 분야에 배터리를 적용하는 것은 대부분의 임무에 도움이 될 수 있다. 예로서, 정전이 발생할 정도의 전력손실을 유발하는 고장이 발생한 해양구조물 주변에서 DP 운전 중인 해양선박을 들 수 있다. 이 경우 ESS는 선박을 구조물로부터 안전한 거리까지 떨어진 곳으로 이동시켜 고장점을 분리시킨 뒤 선박에 전력을 다시 공급할 시간을 벌기 위해, 추진시스템에 단시간 동안 전력을 공급하는 것이 매우 중요할 수 있다.

많은 전력을 소비하는 함정의 시스템 및 장비는 편평한 부하프로파일을 가지고 있지 않다. 선박의 추진시스템이 동적 위치제어 운전을 하는 경우에는, 파도나 해류와 관계있는 부하프로파일을 가지고 있다. 해군 함정에 탑재된 무기시스템은 불규칙한 시간에 펄스부하 프로파일을 가지므로, 이는 예상하기가 다소 어렵다. 함정의 동적 부하프로파일 때문에 에너지관리는 쉬운 일이 아니며, 앞서 언급했듯이 부하전력을 충족시키는데 실제로 필요한 것보다 더 많은 원동기가 가동되는 경우가 많다. ESS의 또 다른 응용분야는 부하평준화 또는 고수준의 침투부하평준화 분야로서, 함정의 전력시스템에서도 반드시 필요한 기능이다. ESS를 사용하여 함정의 전체 부하프로파일을 편평하게 하면, 발전기 시동 및 정지에 대한 에너지관리가 쉬워지고, 불규칙적인 펄스부하전력을 충족시키기 위해 전력계통망에 연결되어야 하는 원동기의 수를 감소시킬 수 있다. 원동기가 담당하는 부하분담율이 낮아서 바람직하지 않은 경우에는 ESS가 충전되고, 부하전력이 발전전력을 초과하면 ESS가 방전된다. 전력시스템의 DC 또는 AC 여부에 관계없이, 원동기는 연료효율을 최대화하기 위해 최적 속도로 가동될 수 있다. 이러한 침투부하평준화 특성은, 함정용 전력시스템에 적합한 ESS를 설치해야 한다는 가장 강력한 주장의 근거가 된다. 이는 침투부하평준화는 가동 중인 발전기 수를 줄여서 연료소모량과 배기가스 배출량을 감소시킬 수 있기 때문이다.

ESS의 또 다른 흥미있는 응용분야는 고조파경감이다. ESS는 방전속도를 조절하여 고조파오염을 억제하는데 사용될 수 있다. 또한 ESS는 능동필터 내의 DC 커패시터를 충전하는데도 사용될 수 있으며, 그 결과 필터의 기능이 강화되므로 고조파경감을 위해 필터에 유효전력이 사용될 수 있다.

함정 전력시스템에서 ESS의 장점이 많지만, 문제가 없는 것은 아니다. 사용가능하고 적절한 대부분의 ESS 기술들은 값이 비싸며, AC 또는 DC 전력시스템과 관련된 전력변환장치에 의존한다. 전동기 구동장치의 일부로서 BESS와 같은 ESS를 설치함으로써, 추가적인 전력변환장치의 필요성을 제거하고, 무게, 공간 및 비용을 줄이는 것이다. BESS의 경우, 사용 가능한 배터리 기술 역시 해결되어야 할 과제가 있으며, 이는 배터리 팩(전력용량 대비) 무거우며 대부분의 경우 환경발자국이 크기 때문이다. 또 다른 문제는 배터리팩의 수명이다. 배터리의 급격한 충방전은 많은 열을 발생시켜 손실이 발생하며, 배터리 수명에 중대한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 그 결과 BESS가 연료소비량을 줄여 설치비용을 회수하기 전에 배터리팩의 수명이 다한다는 사실이다. 일부 응용분야에서는 울트라커패시터나 연료전지가 배터리팩 대신에 사용될 수 있어 에너지저장 시스템의 특성들, 예를 들면 수명, 충방전 속도, 환경발자국 및 무게 대비 에너지 밀도 등을 개선시킬 수 있다. 또한 기타 에너지 저장 장치를 포함한 하이브리드 에너지 저장 시스템은 주목을 받을 만한 가능성이 있으므로, 응용분야와 시스템 유연성을 확대시킬 수 있다.

함정의 완전전기화(배터리 전력공급 선박, 새롭게 떠오르는 기술)를 위해서는, 비접촉식 배터리충전을 위한 유도성 전력전달 개념이 다시 주목을 받아왔다. MW급의 대전력을 무선으로 전송하기 위해 무선충전 상용기술의 개발이 진행되고 있다. 이 기술은 충전시간을 현저히 줄이고

신뢰성을 향상시키기 때문에 설 틈 없는 일정으로 운용되는 해양 선박과 함정에 큰 도움이 된다. 그러나 이것은 함정의 배터리 팩을 충전하기 위해 대전력을 짧은 시간 내에 공급해야 하는 지역전력망에게는 심각한 영향을 미칠 것이다. 지역의 전력계통망에 미치는 영향 때문에 계통망의 보강과 새로운 해결방안 필요하며, 이를 위해 전력회사와 해양선박 부문 간에 협력하려는 노력이 필요하다.

2) 표준과 지침서

많은 선급 단체와 이해집단은 엄격한 규정을 만들어서, 기동성이 완전히 상실되는 것을 피하기 위해 다양한 선박에 대해 여유도에 대한 지침을 설정해 두고 있다. 해양작업지원선(PSV²⁴)과 같은 경우에도 마찬가지이지만, 위험물질을 운송하는 여객선 및 화물선에 대해서도 요구사항이 있다. (해양 선박의 경우) 실제로 버스연결선이 개방되지 않거나 충분히 빨리 개방되지 않는 경우가 있다면, 작업을 위해 배전반이 분리되어야 하고(그림 8의 2 분리), 그렇다면 전력시스템은 분리된 각 전력시스템(전력/에너지관리시스템-PMS/EMS)을 포함해야 한다고 국제해상도급협회(IMCA²⁵)는 규정하고 있다. 또한 IMCA의 규정에는, 디젤-전기 선박의 경우 적절한 작업모드는 폐회로 버스연결방식으로 동작하는 것을 의미할 수 있지만, 중요한 동작모드는 개방 버스연결방식을 필요로 한다고 명시되어 있다. 이러한 지침은 선급분류 및 제어시스템 여유도에 따라 위험평가(고장모드 및 영향분석, FMEA²⁶)와 내고장성(고장점 분리)을 기반으로 한다. DNV-GL(이전의 DNV)은 개방 버스연결방식 브레이커를 사용하여 전력시스템을 분리된 하위시스템으로 동작시키는 것이 DP-3 요구사항을 전통적으로 해석한 것이라고 설명했다. 이것은 동적 위치결정시스템을 갖춘 선박에 대한 지침서 IMO MSC/Circ.645에 담겨있으며, 등급 3의 장비의 경우 전력시스템은 두 개 이상의 시스템으로 나눌 수 있어야 하므로, 하나의 시스템이 고장난 경우 적어도 다른 하나의 시스템이 동작상태를 유지해야 한다. 그러나 폐회로 버스연결 방식의 경우, DP 작업은 경제적, 기술적, 운영적 및 환경적 장점을 가지므로, 일부 DP 운영자는 가능한 한 많은 시간 동안 폐회로 버스연결방식을 사용하여 전력시스템을 가동시킨다. 요약하면, 선급의 모든 규정과 지침은 고장 시 기동성이 상실되어서는 안된다는 것과, 무고장 전력시스템을 완벽하게 설계하는 것은 어렵다는 사실, 전력손실이 기동성을 해치는 경우는 없다는 것을 증명하기가 어렵다는 등의 사실 때문에 개방 버스연결방식(분리형 전력시스템)로 전력시스템을 운용하는 경향이 있다. 전력시스템을 이와 같이 운용하면, 계통망에 연결되어야 하는 원동기의 수를 증가시켜 효율을 낮추고(연료소비량을 늘림) 배출가스를 증가시킨다. 모든 운용 시나리오에서 버스연결방식을 폐회로로 만들기 위해서는, 효율 증가와 엄격한 배출가스 준수 조건이 요구되는 미래의 전력시스템에 대한 필요성이다. 이를 달성하기 위해서는 전력시스템에 안정성향상 시스템 및 장치가 설치되어야 하며, 이들은 나머지 전력시스템에 해를 끼치지 않고 안전하게 고장점을 처리해야 한다. 이러한 시스템에는 고조파경감 장치, 무효전력 제어 장치, 전압 및 주파수 제어 장치, 피크(부하) 평준화 장치, UPS 시스템 및 최신 전력시스템 분리장치, 고장점 분리시스템 등이 포함될 수 있다.

3) 유해 배기가스 무배출 운용

미래 선박용 전력시스템에서는, 신뢰성 높고 효율적인 전력시스템(AC 및 DC 모두 해당)과, 고조파경감, 침투부하평준화, 무효전력 제어(전압 안정성), 전압 및 주파수 제어 등의 기능을 갖는 응용제품을 개발하는데 BESS(또는 다른 적절한 ESS)가 필수적이다. 백업전원은 PEBB 기반 ESS에

탑재되는 다른 종류의 간단한 알고리즘일 수 있다. 가까운 장래에는, 항구에서 선박의 적재 및 하역 작업 중 배기가스 무배출 조건이 요구될 것이므로, ESS는 항구의 대기오염(배출)을 최소한으로 유지하는 대형 녹색 시스템의 일부가 될 수 있다. 또한 EMS는 직관적이고 이해하기 쉬워야 하며 운영자가 신뢰할 수 있는 지원 및 자문 조치를 제시해야 한다. 오늘날 많은 EMS 시스템은 이해하기 어렵다. 그 결과 운영자는 EMS 시스템을 무시하고 제어루프에서 이들을 배제시켜 비효율적인 전력시스템으로 운용하게 된다. 선박의 전력시스템을 효율적이고 경제적으로 제어하기 위해 운영자가 시스템과 최적이고 신뢰성 높게 상호작용하도록 면밀히 계획하는 연구들이 많이 이루어지고 있다.

바. 측정, 빅데이터 및 소프트웨어의 복잡함에 대한 필요성 증가

신뢰할 수 있고 효율적인 합성 전력시스템을 달성하기 위해서는 여러 가지 측정이 필요하다. EMS가 부하전력을 충족시킬 수 있는가를 알기 위해서는 유효전력 측정(전압 및 전류 측정)이 중요하며, 침투부하평준화를 수행하기 위해서는 ESS의 전력을 측정할 필요가 있다. AC 배전시스템에서는 무효전력을 측정(전압 및 전류 측정)하는 것이 전압안정성 평가에 중요하며 시스템 효율의 척도가 된다. 또한 원동기의 속도제어를 위해서는 AC 배전시스템에서 주파수가 측정되어야 한다. 나아가 자동전압조정기(AVR)로써 발전기의 계자전류를 제어하기 위해 전압이 측정되어야 하며, 장비와 하위시스템(ESS 포함)을 전력시스템에 연결하는 변압기 및 전력변환기에도 전압측정이 필요하다. 원동기를 기동시켜 전력계통망에 연결하기 위해 동기화과정을 거칠 때에도, 위상 및 전압이 측정되어야 한다. 고조파경감을 위해서는 샘플링주파수를 크게 하여 전압을 측정해야 하며, 따라서 전압품질이 선급단체들이 설정한 범위 내에 있도록 보장되어야 한다. 이상은 측정이 필요한 몇 가지 예에 지나지 않는다.

신뢰성 있는 시스템을 구현하려면 측정장치(센서)의 여유도도 필요하다. 하나의 측정장치가 고장나면 다른 측정장치가 인계받아, 필요한 정보를 시스템에 계속 제공해야 한다. 또한 일부 측정은 잡음에 의해 오염될 수 있으며, 측정값을 시스템으로 전송하는 동안 통신지연으로 인해 정보가 더 이상 유효하지 않을 수 있다. 경우에 따라서는 노이즈를 제거하기 위한 필터링 기법과, 바이어스전압 및 전송지연을 추정하기 위한 추정기가, 최적제어를 위해 필요한 요구사항일 수 있으며, 그 결과 시스템에 정확하고 유효한 정보를 제공할 수 있다.

합성 전력시스템의 효율과 신뢰성을 향상시키는 시스템 통합성이 커짐에 따라, 측정에 대한 요구도 증가하고 있다. 현재의 추세는 점점 더 많은 장치와 서브시스템에 IP 주소와 시스템 정보가 주어지고, 측정데이터가 클라우드 기반 아키텍처인 산업용 사물인터넷(Industrial Internet of Things) 내에서 선박의 계통망 상으로 전송된다는 것을 보여준다. 결과적으로 미래의 시스템통합성이란, 발전량을 산정하기 위해 EMS가 필요로 하는 정보인 소비전력을 전력소비시스템이 스스로 계획하는 그런 것일 수 있다.

보다 효율적이고 안정적인 제어를 위해, 측정장치의 증가와 시스템정보의 전송 결과로 예상되는 엄청난 양의 데이터 때문에, 처리량이 제한된 정보망과 데이터처리 자원 등의 문제들이 나타날 수 있다. 어쩌면 가장 위협적인 문제는, 모든 선박의 시스템이 “온라인 상태가 된다면”, 해당 선박은 사이버공격에 취약하다는 것이다. 사용가능한 시스템정보, 측정데이터 및 분산제어 등의 증가 때문에, 선박의 전력시스템을 최적이고 안정적이며 효율적인 방식으로 제어하는데 유용할 수 있지만, 미래의 선박 전력시스템은 정보망 설계 시 빅데이터와 사이버보안 문제를 해결해야 한다. 사이버 공격의 종류는 다양하다. 그 중 일부는 데이터와 정보에 접근하는 방식이며, 다른 것은 시스템을 인계받거나 먹통으로

만드는 파괴적인 것이다. 후자는 선박의 전력 및 추진시스템을 제어하게끔 공격할 수 있다면 치명적인 결과를 초래할 수 있다.

선박과 함정에서 연료의 최적성 증가, 오염물질 배출량 감소, 안전성 증가, 성능 및 운용상의 유연성 등을 추구하는 추세가 강해지고 있는 결과, 이를 뒷받침하는 기술은 시스템의 복잡성을 증가시키는 경향이 있으며, 이는 선박설계자, 조선업체, 선주, 선원, 그리고 선급협회 및 당국과 같은 이해당사자가 담당해야 할 몫이다. 자동차 및 항공우주 산업과 마찬가지로 함정의 발전장치는 고성능 컴퓨터로 제어되는 시스템으로서, 소프트웨어에 내장된 끝없는 사용자 구성 및 옵션을 제공하는 최신 기능을 가진 시스템이다. 발전장치 자체의 제어기 역시 전력소비시스템의 제어기와 통합된다. 이로 인해 승무원이 요구하는 새로운 작업, 숙련기술 및 교육이 필요한 더욱 복잡한 과정이 만들어진다. 선박의 발전장치와 전기시스템의 안전 필수성 때문에 해양산업계와 해군은 정보통신기술의 거대한 영향으로 인해 패러다임 전환을 겪은 자동차, 우주항공 및 방위산업의 경험을 배우려 하고 있다. 이로 인해 통합시스템 개발 및 시뮬레이터 기반 교육 및 검증 기술의 보다 광범위한 사용과 관련된 새로운 표준, 인증 및 분류 체계가 탄생하게 되었다.

4. 맺음말

본고에서는 선박과 함정의 전기화에 대한 과거, 현재 및 미래의 과제에 대해 살펴보았다. 오늘날 선박의 전력시스템은 육상의 독립형 마이크로그리드 시스템과 비교될 수 있으며, 이 시스템은 선박 전력시스템과 많은 특징들을 공유하고 있다. 현재와 미래의 과제에는 고조파문제, 전력품질, 고장처리 및 안정성 같은 문제가 있다. 현대의 육상용 전기시스템(스마트그리드)을 다루기 위해 요구되는 많은 특징들은, 전기 사용이 점점 더 증가하는 함정에게도 필수 요소가 될 것이다. 함정 전력시스템의 안전성, 통합성 및 안정성을 보장하기 위해서는, 실시간 계측을 통한 선박 전력계통망의 특성 분석과, 기본파와 고조파 전류 및 전압 외에도 임피던스와 같은 기본 파라미터를 모니터링하는 것이 필수적이다. 최근 함정에서 배터리 충전을 위한 무선전력전송 기술이 다시 부상하면서, 육상 기반 전력망과 함정 전력망 사이의 연결이 더욱 강화되고 새로운 형태의 상호작용이 형성될 것이다. 궁극적으로, AES가 널리 보급된다면, 함정은 육상 전력계통의 일부로서 요구 전력이 큰 부하가 될 것이며, 따라서 새로운 과제가 대두될 것이다.

참고 문헌

- 1) J. Arry et al., "The evolving nature of loads in an electric warship," in Proc. All Electric Ship, Edinburgh, U.K., Feb, 2003, p. 13014.
- 2) ABB, "Shaft generator for drive for marine: Decreasing emissions, improving safety," ABB Corporation Brochure, [Online]. Available: www.abb.com.
- 3) "Hot topic: Waste heat recovery examined," Mar. Eng. Rev., pp. 19-1, Jun, 2012.
- 4) B. Gully et al., "Fuel consumption analysis of alternative powertrain architectures for next generation US Navy DDG-51 class surface ships," Naval Eng. J., to be published.
- 5) D. Taylor, "Powering the fleet," Seapower, vol. 56, pp. 58-9, Jun, 2013.
- 6) T. McCoy et al., "Hybrid electric drive for DDG-51 class destroyers," Naval Eng. J., vol. 119, no. 2, pp. 83-1, 2007.
- 7) W. Larson, "Mission accomplished," in Proc. Electr. Hybrid Mar. Technol. Int., Oct, 2014, pp. 10-4.
- 8) L. Valoen, "Marine battery technology," presented at the Electr. Hybrid Mar. World Expo, Amsterdam, The Netherlands, Jun, 2015.
- 9) L. Dunsby and B. Twomey, "Maritime battery installations: Classification considerations," presented at the Electr. Hybrid Mar. World Expo, Amsterdam, The Netherlands, Jun, 2015.
- 10) "NAVSEA Design Practices and Criteria Manual, Electrical Systems for Surface Ships, Chapter 300," Naval Sea Systems Command (NAVSEA), NAVSEA T9300-AF-PRO-020.
- 11) N. H. Doerry and D. H. Clayton, "Shipboard electrical power quality of service," in Electric Ship Technologies Symposium, 2005 IEEE, IEEE, 2005, pp. 274-79.
- 12) N. Doerry, "Naval Power Systems: Integrated power systems for the continuity of the electrical power supply," IEEE Electrification Magazine, vol. 3, no. 2, pp. 12-1, June 2015.
- 13) M. Patel, Shipboard Electrical Power Systems, ser. Taylor&Francis, 2011.
- 14) V. Staudt, R. Bartelt, and C. Heising, "Fault scenarios in dc ship grids: The advantages and disadvantages of modular multilevel converters," IEEE Electrification Magazine, vol. 3, no. 2, pp. 40-8, 2015.
- 15) M. Baran and N. Mahajan, "DC distribution for industrial systems: opportunities and challenges," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 39, no. 6, pp. 1596-601, Nov 2003.
- 16) A. Vicenzutti, D. Bostich, and G. Sulligoi, "The role of voltage controls in modern all-electric ships: Toward the all electric ship," IEEE Electrification Magazine, vol. 3, no. 2, pp. 49-5, 2015.
- 17) S.J. Ahn, J.W. Park, I.Y. Chung, S.I. Moon, S.H. Kang, and S.R. Nam, "Power-sharing method of multiple distributed generators considering control modes and configurations of a microgrid," IEEE Trans. Power Del., vol. 25, no. 3, pp. 2007-016, 2010.
- 18) R. Lasseter, "Microgrids," in Power Eng. Society Winter Meeting, IEEE, vol. 1, 2002, pp. 305-308.
- 19) S. Kim, S. Choe, S. Ko, and S. Sul, "Naval integrated power system with a battery energy storage system: Fuel efficiency, reliability, and quality of power," IEEE Electrification Magazine, vol. 3, no. 2, pp. 22-33, June 2015.
- 20) H. Ibrahim, A. Ilinca, and J. Perron, "Energy storage systems characteristics and comparisons," Renewable and sustainable energy reviews, vol. 12, no. 5, pp. 1221-250, 2008.
- 21) E. Zivt, "Design of robust shipboard power automation systems," Annual Reviews in Control, vol. 29, no. 2, pp. 261-272, 2005.
- 22) T. Ericson, N. Hingorant, and Y. Khersonsky, "Power electronics and future marine electrical systems," in Petroleum and Chemical Industry Technical Conference, 2004, Fifty-First Annual Conference 2004, Sept 2004, pp. 163-71.
- 23) T. Ericson and A. Tucker, "Power electronics building blocks and potential power modulator applications," in Conference Record of the 1998 Twenty-Third International Power Modulator Symposium, 1998, Jun 1998, pp. 12-5.
- 24) --, "Future navy application of wide bandgap power semiconductor devices," Proceedings of the IEEE, vol. 90, no. 6, pp. 1077-082, Jun 2002.
- 25) M. Bollen, M. Stephens, S. Djokic, K. Stockman, B. Brumsickle, J. Milanovic, J. R. Gord'on, R. Neuman, G. Ethier, F. Corcoles et al., "Voltage dip immunity of equipment and installations," Prepared by the members of CIGRE/CIGRE/CIRED/UIE Joint Working Group C, vol. 4, 2010.
- 26) H. Akagi, E. Watanabe, and M. Aredes, Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning, ser. IEEE Press Series on Power Engineering, Wiley, 2007.
- 27) E. Skjong, J. A. Suul, A. Rygg, M. Molnas, and T. A. Johansen, "System-wide harmonic mitigation in a diesel electric ship by model predictive control," IEEE Trans. Ind. Electron., 2016, manuscript accepted for publication.
- 28) T. I. Bø, A. R. Dahl, T. A. Johansen, E. Mathiesen, M. R. Miyazaki, E. Pedersen, B. Rokseth, R. Skjetne, A. J. Sørensen, L. Thorat, I. B. Utne, and K. K. Yum, "Real-time marine vessel and power plant simulator," in ASME 34th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE2015) in St. John's, Newfoundland, Canada, 2015.

함정 진공식 오수 수거 시스템 소개와 관련 국산화 개발 현황



국방기술품질원 기동화력기술팀
연구원 박효진

1. 함정 오수수거장치의 중요성

군용 함정을 운용하는 데 있어, 안전한 항해와 피아 식별 및 빠른 전투태세 전환 등이 필수적인 함정의 역할이라면, 함정에서 해당 역할을 수행하기 위해 필요한 승조원의 정상적인 생활을 위한 지원 장비들이 적절하게 적용되고 정상 작동되어야 하는 것이 필수적이다. 즉, 함정에 탑승하는 승조원의 일상적인 생활 측면에서 문제가 없어야 한다는 것이다. 이러한 측면에서 사용 용수의 제한과 공간적인 제한이 따르는 함정 승조원들이 일상적으로 이용하는 화장실에 적용되어 있는 진공식 오수 수거장치의 성능은 아주 중요하다고 할 수 있다.

2. 오수 수거장치의 종류

오수 수거의 방식에 따라 오수 수거장치의 종류는 총 3가지로 분류할 수 있다. 작동 방식에 따라 진공식, 순환식, 개폐식으로 분류된다. 첫 번째는 진공식으로 오물을 오물 탱크로 이송하는 방식, 그리고 이미 사용된 오수를 다시 사용하는 구조인 순환식, 그리고 청수가 바로 연결되고 오물 탱크와 좌변기가 직렬로 연결되어 작동하는 개폐식이다. 이 중 진공식 오수 수거방식의 경우는 악취발생이 없는 장점이 있다. 이때의 진공이란 임의의 공간 내의 구성 기체들에 의한 압력이 1기압 이하일 때를 의미하며, 진공 중에서는 기체 분자의 수가 작아지면서 압력차에 의한 역화적인 힘이 발생한다.[1] 이를 이용한 것이 바로 진공식 오수 수거방식이다. 그러나 진공을 적용하는 오수 수거 장비의 경우는 단가가 비싸고 정비하는 것이 어려운

데다 가격이 고가라는 특성이 있다. 순환식의 경우는 오수를 재사용하는 방식으로서 악취가 지속적으로 발생하는 치명적인 단점을 가지고 있다. 개폐식을 적용한 오수 수거 방법의 경우, 좌변기와 오수탱크가 직렬로 연결되어 가장 간단한 구조를 가지는 특성을 가지고 있으나, 탱크와의 연결부가 직선 구조여야 하는 한계가 있다.[2] 합정에서는 제한적인 공간과 제한된 청수로 오물을 수시로 제거하여야 하기 때문에 진공식 오수 수거장치가 적용되어 있다.

3. 진공식 오수 수거장치의 구성

진공식 오수 수거장치는 일상 속에서 쉽게 접할 수 있는데, 고속 열차인 KTX와 항공기 내 화장실에서 찾아볼 수 있다. 열차와 항공기에 적용된 변기는 진공식 오수 수거장치를 적용하고 있다.

진공식 오수 수거장치는 일반적인 가정용 변기에 적용되는 오수 장치와는 다르게, 사용할 수 있는 물의 양이 한정적이라는 특성 때문에 상당히 적은 양의 물을 이용하여 오수를 이동시켜야 한다. 통상적으로 일반적인 변기 시스템에서의 1회 오물을 이동시키기 위한 물 사용량은 10~12L이며, 합정용 진공식 오수 수거장치로 1회 오물을 이동시키기 위한 물 사용량은 1.2L 이하로서 월등히 작다.

합정용 진공식 오수 수거장치는 일반 가정에서 쓰는 형태와 크게 차이가 없는 변기와 배관으로 연결되어 있는 진공펌프, 그리고 실질적으로 변기 내에 장착되어 오물을 이동시키는 FD밸브, 그리고 변기를 작동시키기 위한 버튼으로 구성된다.



그림 1 진공식 오수 수거장치 구성도

진공식 오수 수거장치에서 진공압 차를 통한 유체의 이동을 위해서는 기본적으로 진공이 형성될 수 있어야 하고, 진공압이 일정값을 가지는 진공상태가 유지되어야 하는데, 이 역할을 진공펌프가 수행한다. 진공펌프는 펌프와 연결된 파이프 내부의 기체를 제거하여 진공으로 만드는 역할을 하며, 이를 통해 물의 절약이 가능하고 진공상태로 오물을 이송하기 때문에 사용 진공압이 높을수록 중력의 영향을 많이 받지 않을 수 있다.[3]

합정 진공식 오수 수거장치의 변기에 장착되는 FD밸브조립체는 사용자가 변기를 이용하지 않는 초기상태에서는 진공펌프와 연결되어 진공상태를 계속 유지하고 있다. 이 때의 진공압력은 진공펌프에서 $-0.6 \sim -0.3\text{bar}$ 로 생성되어 FD밸브조립체의 밸브 출력단과 연결되어 있다. 사용자가 변기 동작 버튼을

누르면 외부로부터 공기가 유입되어 진공상태를 계속 유지할 수 없게 된다. 이 때, FD밸브조립체는 기존의 진공상태를 유지하기 위해 공기를 배출시키고 급수라인의 밸브와 오물 배출라인의 밸브가 동시에 열리게 되고 이 과정에서 오물이 함께 밀려 나갈 수 있게 된다. FD밸브조립체가 정상적으로 동작하여야 하는 진공도는 30~50%이며, 요구 수압은 2~7bar이다.

즉, 진공펌프에서 생성된 진공을 적절하게 제어하는 역할을 FD밸브조립체가 수행하기 때문에 FD밸브조립체의 내구성 성능이 확보되어야 한다.

4. FD밸브조립체 국산화 필요성

진공식 오수 수거장치의 구성품인 FD밸브조립체는 부품의 특성상 일일 사용횟수가 많고, 그에 따른 고장 발생 건수 또한 많을 수밖에 없는 품목이다. 또한 화장실 특성상 협소하고 지저분한 설치 환경 등의 사유로 잦은 고장이 발생하는 것이 현실이다. 현 합정 적용 FD밸브조립체는 노르웨이의 J사 제품으로 소요 제기 시 해외 직구매 방식의 구성품 조달과 환율 상승 등으로 인하여 적기 수급이 쉽지 않았다. 따라서 해당 부품의 고장 시 적기 조달과 외화절감, 원천기술 확보 등을 위해서라도 국산화 필요성이 크게 요구되었다. 이러한 FD밸브조립체의 개발 소요 타당성이 입증되어, 중소기업청(현, 중소벤처기업부) 15-3차 구매조건부 신제품 개발사업으로 선정되었다.

5. FD밸브조립체의 국산화 개발

FD밸브조립체의 개발 요구도는 표 1과 같다. FD밸브 조립체는 작동기 조립체, 배관조립체, 호스로 구성되어 있다. 작동기조립체는 변기를 동작시키는 스위치 조작을 통해 외부 공기를 유입시키고 내부 피스톤을 작동시켜 진공 흐름을 제어하는 역할을 한다. 배관조립체는 작동기조립체의 작동에 따라서 내부 관로를 열고 닫아 실질적으로 오물을 배출시키는 역할을 하며, 호스는 작동기 조립체와 배관 조립체를 연결하여 외부 공기 흐름 및 진공압을 조정하는 역할을 한다.

표 1 FD밸브조립체 개발 요구도

개발 요구도	기준
진공도	30-50%
수압	2-7bar
물 사용량	1.2L 이하
내구도	5,000회 연속동작
진동시험	MIL-STD-167-1
진동시험	MIL-STD-901D

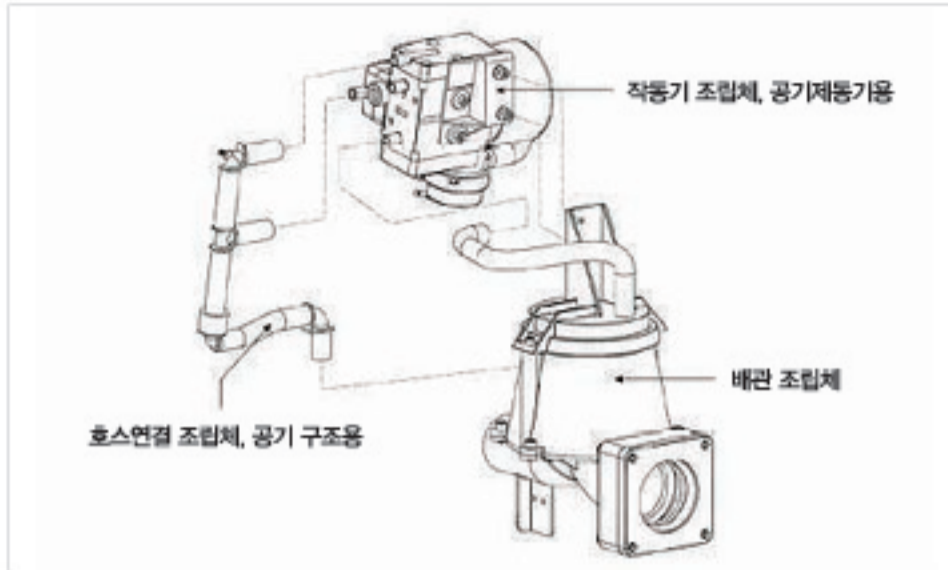


그림 2 FD밸브조립체 구성품

FD밸브조립체의 주요 구성품인 배관조립체의 재질은 폴리프로필렌으로 인장강도와 충격강도, 표면강도가 우수하다.[4]

FD밸브조립체의 개발 진행 간에 장기간 수회 사용에도 문제가 없는 것을 입증하기 위한 내구성 안정성을 확보하기 위한 설계가 요구되었다. 따라서 실제 오물이 이동하는 배관조립체에 대한 내구성 안정도를 입증하기 위해 설계품에 대한 등가응력변형률, 안전계수를 시뮬레이션을 통해 도출하였다. 그 결과, 등가응력변형률은 0.012mm이며, 안전계수는 1.85로 도출되었다. 이 때, 안전계수는 1 이상일 때 소성 변형과 파손이 일어나지 않는 값이다.

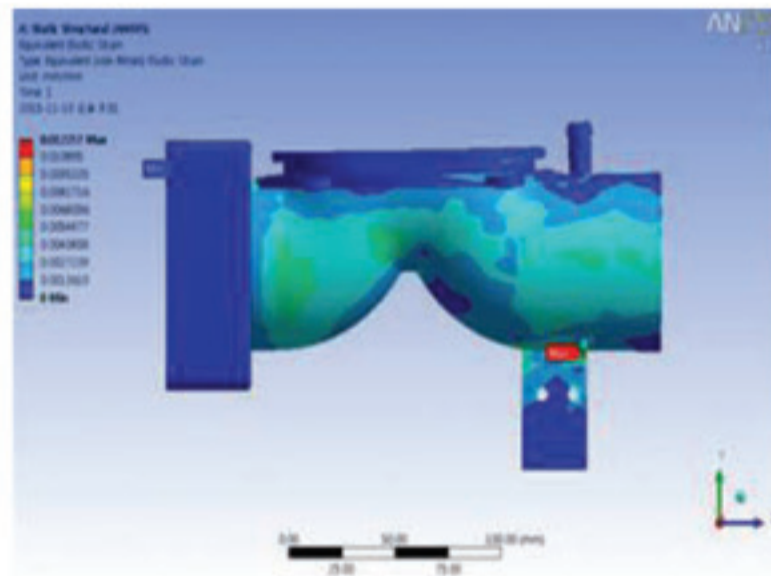


그림 3 배관조립체 등가응력변형률 분석

FD밸브조립체의 내구성 안정도를 입증하는 설계를 완료하고, 시제품을 제작하여 개발시험평가를 수행하였다. 표 1의 개발 요구도 확인을 위한 성능시험을 수행하였으며, 수행한 성능시험 항목은 수압시험, 진공시험, 물 사용량시험, 내구성시험, 환경시험이다.

수압시험은 규정된 수압 요구도 조건 하에서 스위치 작동시 물을 공급하는 작동기 조립체와 관로 상의 누수 여부를 확인하는 시험이다. 이 때, 수압 요구도 구간 내에서 누수 여부를 확인하기 위해서 최고 수압인

7bar 이상에서 시험을 수행하였다.

진공시험은 스위치 1회 작동으로 변기 내부의 오물이 배출되고 밸브가 닫힌 후 내부 진공도가 규정된 값에 도달하는지 확인하는 시험이다. 물 사용량 시험은 규정된 수압과 진공요구도 조건 하에서 1회 작동 시 사용되는 물의 양이 1.2L 이하임을 확인하는 시험이다. 내구성 시험은 FD밸브조립체의 구성품을 교체하지 않고 5,000회 연속 작동에 따른 이상 유무를 확인하는 시험이다.

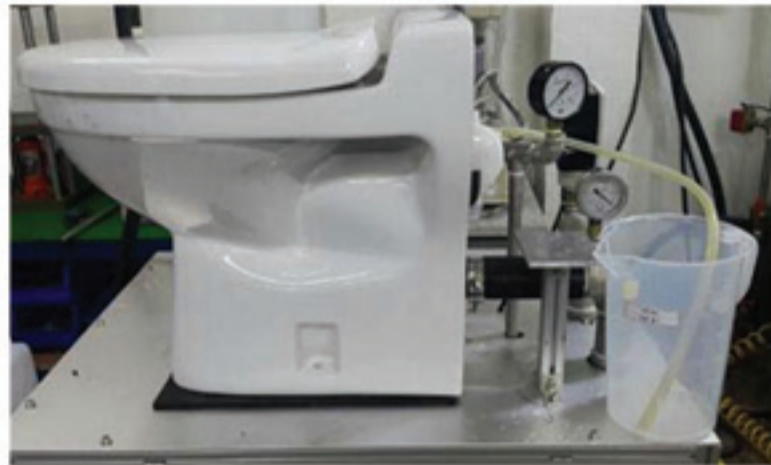


그림 4 FD밸브조립체 시험장비 구성

성능시험결과, 최소 진공도 30%와 최대 진공도 50%를 임의로 인가하고, 변기를 동작시켰을 때, 오물은 정상적으로 배출되었다. 또한 수압 기준 7bar 이상일 때에도 정상 작동을 확인하였다. 1회 변기 동작 시 사용 물의 양을 확인 한 결과 요구도인 1.2L 이하를 만족함을 확인할 수 있었다.

성능 시험 이후 합정의 특수성능 조건인 진동과 충격 관련하여 MIL-STD 기준에 따라 환경시험을 실시하였다. 진동시험 기준은 MIL-STD-167-1이며, 해당 MIL Spec에서는 공진탐색시험, 가변 주파수 시험, 진동 내구 시험을 실시하도록 요구하고 있다. 공진탐색시험은 x축과 y축, z축 3개의 축에 대하여 각각 4~33Hz 주파수 범위와 단진폭 $0.254 \pm 0.051\text{mm}$, Sweep rate를 15s/Hz의 조건으로 진동대를 가진하여 FD밸브조립체의 공진 주파수를 찾는 시험이다. 가변 주파수 시험은 4~15Hz, 16~25Hz, 26~33Hz의 주파수 조건에서 각각 $0.762 \pm 0.051\text{mm}$, $0.508 \pm 0.102\text{mm}$, $0.254 \pm 0.051\text{mm}$ 의 단진폭을 가지고 Sweep rate가 5s/Hz가 되도록 3개의 축에 대하여 시험을 실시하였다.

앞서 실시한 공진탐색시험과 가변주파수 시험 결과 도출된 공진주파수에서 내구도 시험을 실시하는 것이 진동 내구 시험이다. 진동내구시험은 공진의 개수에 따라 시험시간이 상이하게 적용된다. 충격시험 기준은 MIL-STD-901D로서 FD밸브조립체를 고정한 JIG의 상면, 후면, 측면을 0.3m, 0.9m, 1.6m에서 각각 해머로 충격을 가하는 시험이다.

진동시험과 충격시험 결과, FD밸브조립체의 외관에는 손상이 발견되지 않았으며, 환경시험 이후 실시한 진공시험, 수압시험, 물사용량 시험 결과 모두 요구 기준을 만족하는 것을 확인할 수 있었다. 환경시험 실시 이후 실제 연속 작동시의 내구성 안정도를 확인하기 위하여 변기에 개발 FD밸브조립체를 설치하여 시험을 실시하였다. 변기 작동 버튼을 1회 누르면 FD밸브조립체가 작동하고 변기 내부의 오물이 배출되고 진공펌프가 동작함으로써 기준 진공도와 수압에 도달하는 것을 1cycle로 설정하였다. 5,000회 연속 작동 후 최소/최대 진공도 시험을 수행하고 수압시험과 물 사용량을 확인하였으며 그 결과, 개발 요구조건을 충족하는 것으로 확인되었다.

모든 일련의 개발시험을 완료하고, 실제 운용합정에서 FD밸브의 부착시험을 실시하였다. 부착시험 결과, 개발 FD밸브조립체는 정상적으로 작동하는 것을 확인할 수 있었다.



그림 4 부착시험 형상

6. 결론

FD밸브조립체의 주요 구성품인 배관조립체의 내구성 구조해석 결과, 탄성 영역에서의 최대 등가응력 변형률은 0.012mm으로 나타남으로써 가혹 조건 하에서의 FD밸브조립체와 연결되는 진공식 오수 수거 장치의 배관부에서의 변형률은 경미한 것으로 분석되었다. 또한 안전계수 값이 1.85로서 소성변형과 파손이 일어나지 않음을 분석 결과로 확인할 수 있었다.

신뢰성 입증을 위한 변기 부착 연속 시험 결과, 기준치인 5,000회를 모두 만족하였으며 합정 진동 조건과 충격 조건인 MIL-SPEC 시험 결과를 통해 FD밸브조립체 성능에 문제없음을 입증할 수 있었다.

FD밸브조립체는 진공식 오수 수거장치의 한 구성품으로 해군 합정뿐만 아니라 항공기, 철도, 선박 등 사용 가능한 용수가 충분하지 않거나 한정되어 있는 환경에 적용되어 왔으며, 다수의 인원들이 많이 사용하는 장비의 특성상 고장이 잦은 문제점이 있어왔다. 따라서 내구성의 안정성 확보를 통한 시뮬레이션 분석을 통한 FD밸브조립체의 시제제작과 시제에 대한 개발시험을 통해, 5,000회 이상의 연속 작동 시에도 개발 FD밸브조립체의 내구성은 안정적이라는 신뢰도를 확보할 수 있었다.

앞으로 국내 개발 FD밸브조립체를 군용 합정과 선박에 적용함으로써, 진공식 오수 수거 시스템의 안정적인 운용유지를 기대할 수 있게 되었다. 또한 개발 FD밸브조립체를 적용한 진공식 오수 수거장치를 사용가능한 용수가 충분하지 않은 병원과 같은 공공시설, 일반 가정 등에도 개선 적용하는 방안도 검토될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- 1) Seung-il Lee, Yong-Jun Lee, Young-Kwun Kang, Moon-Shuk Song, 2016년도 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp 1, 2016
- 2) Jung, K Author, 기계저널/제38권/제5호/1998년 정밀측정기술/일곱 진공도측정, pp. 54
- 3) Lee,H, Kim J, "수치해석을 이용한 오물 처리용 진공펌프의 성능평가", Journal of the Korea Fluid Machinery and Systems, Vol. 2013, No. 22, pp. 53, 2013
- 4) Kee Joo Kim, "플리프모듈의 변형속도 및 온도변화에 따른 판재 안정시험 평가", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 19, No.8, pp. 32, 2018

전자장비 신뢰도 예측 기술 소개

〈MIL-HDBK-217 Reliability Prediction of Electronic Equipment를 중심으로〉



국방기술품질원 기술기획본부 해상수중연구1팀
선임연구원 김장은

1. 개요

신뢰성 개념은 제1차 세계대전 이후 항공기용 엔진 운용 안전도를 비교하는데 처음 사용되었으며, 제2차 세계대전 중 무기체계 주요 부품인 진공관의 빈번한 고장에 따른 문제를 해결하고자 진공관 개발 위원회(VTDC¹) 결성 및 고 신뢰성 진공관 개발 연구를 통해 이론 신뢰성 분야 기틀을 마련했다. 또한 미 국방성 전자장비 신뢰성 자문위원회(AGREE²) 구성 및 전자장비 신뢰성에 대한 연구를 통해 전자 장비 신뢰성 측정법, 규격서 작성방법 등을 구체적으로 기술한 전자장비 신뢰성 보고서 발간을 기반으로 오늘날 신뢰성 공학 발전에 중요한 기여했다. 그 후 B. Epstein은 수명분포로서 지수분포 적용의 유용성을 증명하고 신뢰도 척도로 고장률(Failure Rate)/고장 간 평균시간(MTBF³)을 사용하였으며, B. Weibull은 와이불 분포를 개발하여 다양한 수명분포를 고려할 수 있는 연구를 진행하였다. 이러한 분포에 대한 지속적인 통계적 연구를 기반으로 지금의 신뢰도 예측 분야가 확립되었으며, 그 중 미 국방성에서 제정한 MIL-HDBK-217(Reliability Prediction of Electronic Equipment)을 활용하여 무기체계를 포함한 전자장비 신뢰도 예측을 위해 활용되고 있다.

2. 본론

가. 전자장비 신뢰도 예측(MIL-HDBK-217)이란 무엇인가?

MIL-HDBK-217은 현재 미 공군 연구소(AFRL⁴)의 일부가 된 Rome Laboratory의 연구결과를 기반으로 전자장비에 대한 신뢰도 예측 위해 미 국방성에서 제정된 편람이다.

MIL-HDBK-217 편람이 처음 발간된 이래 여러 차례 개정작업이 이루어져 왔으며, 현재 활성화되어 이용하고 있는 편람은 1995년에 발행된 MIL-HDBK-217F NOTICE 2이다. 1995년 이후 미 국방성에서 추가적인 개정 활동이 이루어지지 않고 있으나, 여전히 전 세계적으로 전자장비 신뢰도 예측 활용 및 신뢰도 예측 관련 문서의 기준 역할을 하고 있다.

표 1 MIL-HDBK-217 개정 현황

순번	문서명	발행일자	문서상태
1	MIL-HDBK-217A	1965년	개정
2	MIL-HDBK-217A NOTICE	1971년	개정
3	MIL-HDBK-217B	1973년	개정
4	MIL-HDBK-217C	1979년	개정
5	MIL-HDBK-217C NOTICE 1	1980년	개정
6	MIL-HDBK-217D	1982년	개정
7	MIL-HDBK-217D NOTICE 1	1983년	개정
8	MIL-HDBK-217E	1986년	개정
9	MIL-HDBK-217E NOTICE 1	1990년	개정
10	MIL-HDBK-217F	1991년	개정
11	MIL-HDBK-217F NOTICE 1	1992년	개정
12	MIL-HDBK-217F NOTICE 2	1995년	활성

MIL-HDBK-217은 전자장비 신뢰도 예측을 정량적으로 접근하기 위해 단순 부품부터 초소형 회로까지 19가지(미소회로, 반도체, 튜브, 레이저, 저항, 축전기, 유도장치, 회전장치, 계전기, 스위치, 연결자, 상호 연결 조립체, 연결기, 계량기, 수정 진동자, 램프, 필터, 퓨즈, 그 외 부품) 다양한 부품에 대한 임의 고장률 모델(지수분포)을 다양한 장비 운영/유지를 통해 획득된 자료를 기반으로 통계적 분석을 통해 정립되었다. 본 편람에서 접근하고 있는 신뢰도 예측 방법은 '부품 부하 분석 방법(Part Stress Analysis Method)'과 '단순한 부품수 방법(Simpler Parts Count method)'과 같이 2가지가 있으며, 대상 부품에 대한 고장이 우발고장기간(지수분포)에 발생했다고 가정하여 고장률/고장 간 평균시간을 산출하는 방법이다. 먼저 '부품 부하 분석 방법'의 경우 실제 전자장비를 운용함에 따라 부품에 걸리는 다양한 부하에 대한 상세한 정보와 부품 특성을 고려하여 부품 고장률/고장 간 평균시간을 산출한다. 이어서 '단순한 부품수 방법'의 경우 초기 설계 단계와 같이 대상 전자장비에 대한 정보가 부족할 경우 품질, 수량, 환경 등 간단한 입력 정보를 기반으로 고장률/고장 간 평균시간을 산출하는 방법이다.

나. MIL-HDBK-217 고장률 모델

MIL-HDBK-217에서 제시하고 있는 전자장비 신뢰도 예측 방법은 부품에 대한 고장률 모델을 기반으로 '부품 부하 분석 방법'과 '단순한 부품수 방법'과 같이 2가지 방법을 구분하여 접근하고 있다.

1) 부품 부하 분석 방법

'부품 부하 분석 방법'의 경우 실제 전자장비를 운용함에 따라 부품에 걸리는 다양한 부하 요소에 대한 상세한 정보와 부품 특성을 고려한 각 부품에 대한 고장률을 기반으로 전체 전자장비 신뢰도를 예측하며, 각 부품에 대한 고장률 모델 형태는 식1과 같다.

$$\lambda_p = \lambda_b \prod_{i=1}^n \pi_i \quad (1)$$

여기서 λ_p 는 대상 부품에 대하여 백만 동작시간 당 고장률로 정의되는 예측고장률, λ_b 는 대상 부품에 대한 기본고장률, Π 는 곱연산에 관한 수학 연산자, 마지막으로 π_i 는 대상 부품에 걸리는 개 부하 요인을 나타낸다. 부품 부하 분석 방법의 경우 19가지 다양한 부품에 대한 고장률 모델을 다루고 있으며, 대부분 부품의 경우 일반적으로 품질(π_Q), 환경(π_E), 온도(π_T) 전기적부하(π_S) 등 요인을 공통적으로 포함하고 있다. 그 외 요인의 경우 부품 특성에 따라 다양한 요인이 적용되며, MIL-HDBK-217 편람에서 제시한 반도체 고장률 경우 $\lambda_p = \lambda_b \pi_Q \pi_E \pi_T \pi_S \pi_A \pi_R \pi_C$ 식과 같이 반도체의 기본고장률(λ_b)에 품질(π_Q), 환경(π_E), 온도(π_T), 전기적부하(π_S) 요인 외 반도체 특성을 고려하여 적용계수(π_A), 허용전력(π_R), 접합구조(π_C) 등 요인이 추가되어 있음을 확인할 수 있다. 이렇게 정의된 각 부품의 고장률을 기반으로 신뢰성 블록도(Reliability Block Diagram)를 통해 전체 전자장비에 대한 고장율을 산출할 수 있다.

2) 단순한 부품수 방법

'단순한 부품수 방법'의 경우 입찰 제안 및 초기 설계 단계 시점과 같이 '부품 부하 분석 방법'으로 접근하기 위한 정보가 충분하지 않는 경우 사용되는 접근 방법이며, '단순한 부품수 방법'에 의한 전체 전자장비 고장률 모델은 식2와 같다.

$$\lambda_{EQUIP} = \sum_{i=1}^n N_i (\lambda_g \pi_L \pi_Q)_i \quad (2)$$

여기서, λ_{EQUIP} 는 전체 전자장비에 대하여 백만 동작시간 당 고장률로 정의되는 예측고장률, λ_g 는 일반부품 i 개에 대한 백만 동작시간 당 고장률로 정의되는 일반고장률, π_L 는 일반부품 생산 기간에 따른 학습요인, π_Q 는 일반부품 i 개에 대한 품질요인, N_i 는 일반부품 수량, 마지막으로 전체 전자장비에 사용된 일반부품 중 범주가 서로 다른 부품의 범주로 구분되는 수이다.

다. MIL-HDBK-217 고장률 모델 주요 공통 요인

MIL-HDBK-217은 19가지 다양한 부품에 대한 고장률 모델을 제시하고 있으며, 각 부품의 특성에 따라 고장률에 영향을 주는 다양한 요인에 대한 특성을 고려하고 있다. 그 중 일반적으로 부품 고장률 특성에 적용되는 공통 요인으로 품질(π_Q), 환경(π_E), 온도(π_T) 전기적부하(π_S)가 있다.

1) 품질 요인

부품의 품질은 부품 고장률에 직접적으로 영향을 미치는 사항으로, 전자장비 신뢰도 예측 시 이러한 품질 수준에 관한 특성을 고려하기 위해 표 2와 같이 부품의 품질 요인에 따라 고장률을 고려할 수 있도록 하고 있다.

표 2 MIL-HDBK-217 부품 수준별 품질 사양

부품	품질 표시
미소회로	S, B, B-1, Other
반도체	JANTXV, JANTX, JAN
축전기(확립된 신뢰도)	D, C, SI R, B, P, M, L
저항(확립된 신뢰도)	S, R, P, M
코일(확립된 신뢰도)	S, R, P, M
계전기(확립된 신뢰도)	R, P, M, L

2) 환경 요인

대상 부품이 적용되어 있는 전자장비의 운영 환경에 따라 부품 고장률에 큰 영향을 미치는 주요 요소 중 하나로, 전자장비 신뢰도 예측 시 이러한 환경적인 특성을 고려하기 위해 부품의 환경(π_Q) 요인에 따라 고장률을 고려할 수 있도록 하고 있다. MIL-HDBK-217에서 제시하고 있는 환경 분류는 크게 지상, 해상, 공상, 우주 및 유도탄/포를 중심으로 세분화하여 14가지 환경에 대하여 표 3과 같이 정의하고 있으며, 대상 부품이 장입되어 있는 전자장비 노출 환경에 따라 환경 요인 값의 차이가 큰 것이 특징이다.

표 4 ML-HDBK-217 환경 부호별 내용

환경	π_E 부호	내용
지상용 일반	G_B	실험 장비, 의료 전자장비, 컴퓨터 복합시설 및 지상용 유도탄/지원장비 등과 같이 유지보수 활동이 용이하도록 비 이동, 온도 및 습도가 제어되는 환경
지상용 고정	G_F	영구적으로 부착된 항공 교통 관제 레이다 및 통신 시설 등과 같이 온도조절 장치로 적절하게 관리 되는 환경
지상용 이동	G_M	전술 유도탄 지상 지원 장비, 이동 통신 장비, 전술 사격 지위 체계, 레이저 거리측정 장비 등과 같이 차륜/궤도 차량에 설치된 장비 환경
해상/수중용 보호 구역	N_S	수상함의 보호장치/갑판 안의 장비 및 잠수함에 설치된 장비 환경
해상/수중용 비보호 구역	N_U	소나장비, 수중익성에 설치된 장비 등과 같이 기상상태 노출 및 해수에 잠기는 것과 같이 비보호된 선상 장비 환경
공중용 통제 가능 화물 (일반 항공기)	A_C	장기간 임무 항공기인 C130, C5, B52, C141 및 저성능 소형 항공기인 T38 등과 같이 압력, 온도, 충격 및 진동이 최소화 될 수 있는 환경으로 항공기 승무원이 통제할 수 있는 전형적인 공간 환경
공중용 통제 가능 화물 (고성능 항공기)	A_F	F15, F16, F111, F/A18 및 A10 등 전투기/요격기와 같은 고성능 항공기 등과 같이 압력, 온도, 충격 및 진동이 최소화 될 수 있는 환경으로 항공기 승무원이 통제할 수 있는 전형적인 공간 환경
공중용 통제 제한 화물 (일반 항공기)	A_{UC}	장기간 임무 항공기인 C130, C5, B52, C141 및 저 성능 소형 항공기인 T38 등과 같이 압력, 온도, 충격 및 진동 심한 환경으로 항공기 승무원이 통제할 수 없는 공간 환경
공중용 통제 제한 화물 (고성능 항공기)	A_{UF}	F15, F16, F111, F/A18 및 A10 등 전투기/요격기와 같은 고성능 항공기 등과 같이 압력, 온도, 충격 및 진동 심한 환경으로 항공기 승무원이 통제할 수 없는 공간 환경
공중용 회전익	A_{RW}	이동 통신 장비, 레이저 거리측정 장비 등과 같이 회전익 내/외부에 장착된 장비 환경
우주 비행	S_F	위성과 왕복선 등이 비행 상태 또는 대기권 진입 상태가 아닌 지구 궤도에 있는 상태 환경
유도탄 비행	M_F	공기 흡입식 유도탄, 순항 유도탄 등이 동력 비행중인 상태 환경
유도탄 발사	M_L	우주선 궤도 진입, 재진입 및 낙하산 착륙과 잠수함에서 발사된 어뢰 및 유도탄 발사 등과 같은 극심한 환경
포 발사	C_L	155mm 및 5 inch 유도 발사 무기 등과 같은 극심한 환경

3) 온도 요인

온도 요인은 전자 장비에 대한 동작온도 변화에 따른 부품 열화 현상을 고려하기 위해, 온도와 화학 반응 속도 관계를 바탕으로 부품 수명을 정의하는 아레니우스 모델을 기반으로 부품이 노출된 온도 요인에 따라 고장률을 고려하며 온도 모델은 식3과 같다.

$$\pi_T = Ae^{\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_{Target}} - \frac{1}{T_{Basic}} \right)} \quad (3)$$

여기서 A는 상수, E_a는 화학 변화를 일으키기 위한 최소한의 에너지로 정의되는 활성화에너지, k는 입자 수준의 에너지와 거시 수준에서 관측된 온도를 연관시켜주는 상수(8.62×10⁻⁶eV/k)로 정의되는 볼츠만상수, T_{Target}는 켈빈온도 기준에 대상 부품이 받는 온도(℃)의 합으로 정의되는 부품 대상 온도, 마지막으로 T_{Basic}는 켈빈온도 기준에 대상 부품 기본 운용 온도의 합으로 정의되는 부품 기본 온도로 정의된다.

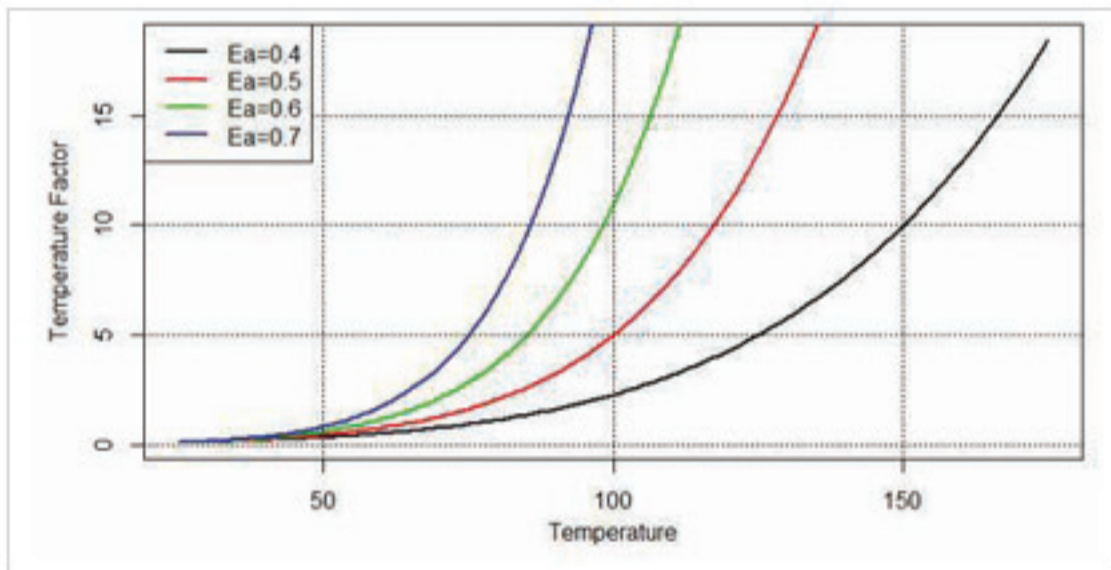


그림 3 활성화에너지(E_a)/부품대상온도(T_{Target}) 변화에 따른 온도 요인

4) 전기적부하 요인

대상 부품에 인가되는 전기적 부하가 부품 수명에 미치는 현상에 대한 사항으로 전자장비 신뢰도 예측 시 이러한 특성을 고려하기 위해, 대상 부품의 정격부하 대비 인가부하의 비율을 기반으로 비율 크기에 따라 고장률을 고려하고 있으며 전기적부하 모델은 식4와 같다.

$$\pi_S = 0.54e^{2.04 \left(\frac{V_{Applied}}{V_{Basic}} \right)} \quad (4)$$

여기서 V_{Applied}는 대상 부품에 인가되는 입력 전기적부하, T_{Basic}는 대상 부품의 정격 전기적부하로 정의된다.

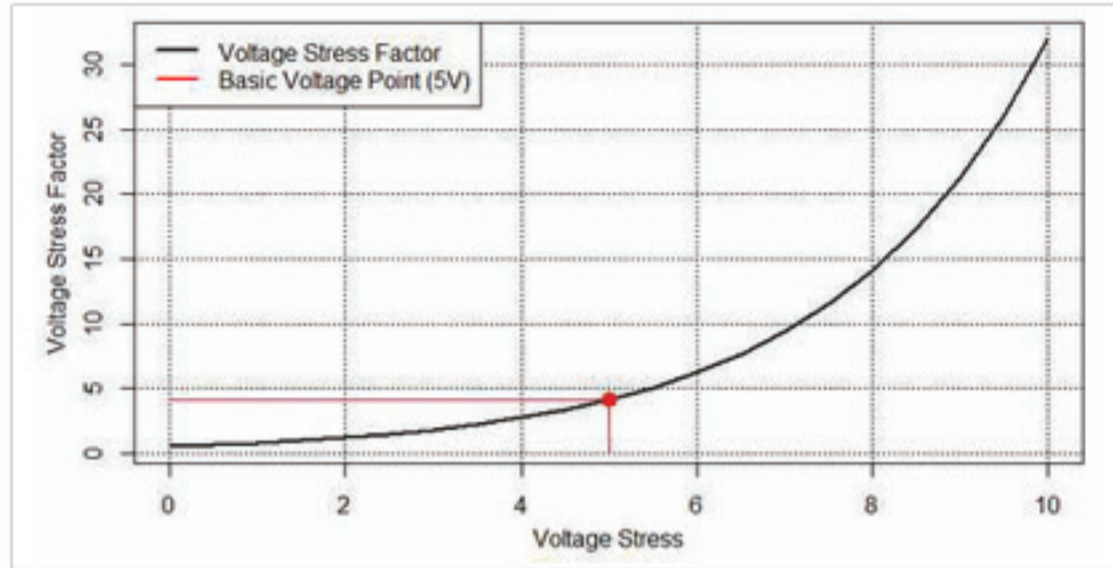


그림 2 입력 전가적부하($V_{Applied}$) 변화에 따른 전가적부하 요인

라. MIL-HDBK-217 적용 사례

일반적으로 전자장비 기반 무기체계 획득시 고객이 요구하는 설계 신뢰도 및 운용 수명을 보장하기 위한 방법으로 다양한 신뢰도 분석 접근방법이 있지만, 비용대 효과도 측면을 고려하여 상대적으로 분석이 용이한 MIL-HDBK-217을 활용한다. 국내 무기체계 획득의 경우 MIL-HDBK-217 분석은 다양한 획득 단계에서 고객의 요구조건에 따라 수행되며, 일반적으로 개발 초기에 고장 가능성을 제거하고 설계 신뢰도를 보장하기 위해 고장 유형 영향 및 치명도 분석(FMECA⁶) 중 치명도 분석(CA⁶) 시 고장 유형 치명도 번호(Failure Mode Criticality Number)산출에 활용되거나, 개발된 대상 장비와 기존 장비에서 일부 구성품/부품 단종에 따라 변경 또는 종합군수지원 측면에서 고객이 요구하는 운용 수명을 보장하기 위한 입증 방법으로 활용되고 있다. 아래 그림 3은 ○○체계용 부품 변경(대체 부품 개발)에 따른 기존 부품 대비 신규 부품에 대한 MIL-HDBK-217 수명예측 결과로 기존 대비 1.2배 향상된 부품으로 변경된 것을 입증한 사례이다.



그림 3 ○○체계용 부품 변경(대체 부품 개발)에 따른 수명예측 사례
(왼쪽 : DC-DC 변환기 부품 향상 예시, 오른쪽 : 수명예측 분석결과(기존 대비 1.2배 향상))

3. 결론

현재 복잡한 전장 환경과 다양한 이해관계자들의 개입 상황하에서 상대적인 우위를 차지하고자 전자/전기 및 복합 기능 무기체계 중심으로 발전하고 있다. 이러한 무기체계는 고도의 체계성, 복잡성, 고가성 특징을 지니고 있으며, 복합 무기체계로써 기능 발현이 제한될 경우 무기체계로써 성능발휘가 불가능하다. 이러한 특성을 고려하여 무기체계 설계/개발 시 신뢰성이라는 개념이 매우 중요하다. 특히 전자/전기 기능 중심 무기체계 신뢰성을 보장하기 위한 지표로써 신뢰도의 개념을 활용하고 있으며, 무기체계에서 요구하고 있는 신뢰도 산출/달성 확인을 위한 방법으로 획득 전반에 걸쳐 MIL-HDBK-217을 사용하고 있다. 비록 1995년 이후 미 국방성에서 추가적인 개정 활동이 이루어지지 않고 있는 점과 확률모델 기반 신뢰도 예측에 따라 발생하는 오차관련 논쟁이 있으나, 여전히 전 세계적으로 전자장비 신뢰도 예측 활용 및 신뢰도 예측 관련 문서의 기준 역할과 전자/전기 기능 중심 무기체계 신뢰도 예측 업무의 기준으로써 가장 많이 활용되고 있다.

참고 문헌

- 1) MIL-HDBK-217F, "Reliability Prediction of Electronic Equipment", 1991
- 2) MIL-HDBK-781A, "Test Methods, Plans, and Environments for Engineering, Development Qualification, and Production", 1996
- 3) MIL-HDBK-338B, "Electronic Reliability Design", 1998
- 4) MIL-STD-883K, "Department of Defense Test Method Standard Microcircuits", 1998
- 5) Jeffrey W. Harms, "Revision of MIL-HDBK-217, Reliability Prediction of Electronic Equipment", Reliability and Maintainability Symposium(RAMS), 2010
- 6) Nelson, Wayne B, "Accelerated testing: statistical models, test plans, and data analysis", John Wiley & Sons, 2009
- 7) O'Connor, Patrick, and Andre Kleyner, "Practical reliability engineering", John Wiley & Sons, 2011
- 8) Mauricio Sánchez-Silva and Georgja-Ann Klutke., "Reliability and life-cycle analysis of deteriorating systems", Springer International Publishing, 2016

전쟁의 승패를 좌우한다! 현대전의 전자전!



국방기술품질원 항공센터
선임연구원 유인제

조종사의 육안으로 가시거리 내에서 적을 식별하고 전장을 파악하는 형태의 전쟁은 오래전 이야기가 되었다. 과학의 발전과 함께 전자광학체계, 통신체계, 신호정보수집체계 등의 다양한 무기체계 분야에서 기술 발전을 이루어 왔고, 이에 따라 가시거리 외(BVR¹)에서 전쟁을 통제하는 '전자전(EW²)'은 현대전의 필수 전력이 되었다. 또한 현대전에서 전자전의 역할은 전시 적 방공망을 무력화함으로써 전쟁의 주도권을 장악할 뿐 아니라 아군의 생존성 및 작전 수행능력을 증대하고 보장함으로써 전쟁을 승리로 이끌 수 있게 한다.

본 기고는 전자전에 대한 역사와 개요, 공중전에서 이루어지는 전자전에 대한 미사일 공격 체계와 전투기의 방어 체계에 대해 작성하였다.

1. 전자전이란?

가. 전자전의 역사

1) 전자전의 필요성을 깨닫다 : 월남전

제2차 세계대전 종전 후 월남은 공산주의자에 의해 장악된 상태에서 1945년 9월 2일 프랑스로부터 독립하였다. 그러나 완전한 독립이 아닌 소련과 미국에 의해 양분된 분단국으로서의 독립을 유지하게 되었고 결국 1960년대 동·서 진영의 이념을 극복하지 못하고 전쟁이 발발하게 되었다.

1965년 전자전 관련 장비를 전혀 장착하지 않은 채 북쪽에 참가한 미군의 전술기들은 지대공 미사일 및 대공포에 의해 많은 F-4와 B-52가 격추되었다. 그 후 미국은 전자공격 장비와 레이다 경보장비(RWR³) 등의 전자전 기술의 필요성을 깨닫고 B-66 전술 폭격기에 전자공격 및 레이다 경보장치를 탑재하여 전자전지원 및 전자정찰을 수행하도록 B-66을 EB-66으로 개조함으로써 다수의 전자전기를 확보하게 되었다.



그림 1 EB-66E

미국의 초기 전자전기는 공군의 EB-66B, EB-66C, EB-66E와 해군의 EA-1F, 해병대의 EF-10B 등으로 주로 적의 레이더 주파수에 맞춰 연속 잡음파를 발사하여 레이더 스코프의 기능을 마비시키는 잡음방해를 실시하여 폭격을 지원하였다.

1967년 미국은 초단파(ALQ-59V) 잡음방해기기를 탑재한 EB-66B, EB-66E, F-105F를 이용하여 지상요격 관제관의 음성 및 방공체계 데이터링크에 대한 전파방해를 실시함으로써 지휘통제통신(C3⁴) 체계에 대해서도 전자방해를 시도하였다.

이러한 전자전체계 구축을 기반으로 미국은 전자공격 항공기를 총 동원하여 수천 파운드의 채프를 통해 적 대공 레이더를 혼란시킨 후 공격함으로써 B-52의 손실을 줄일 수 있었다. 또한 F-4는 대량으로 살포된 채프 경로를 통해 은폐하여 공격함으로써 공중공격의 효과를 증대시킬 수 있었다.

이처럼 베트남전은 전자전 시대의 개막을 가져왔으며 동·서 진영 간의 전자전 대결 및 신기술의 시험장으로서의 무대를 제공하였다.

2) 네트워크로 발전한 전자전 : 이라크전

이라크 전쟁은 아프가니스탄 전에 이어 미국과 영국의 주도하에 치러진 21세기 두 번째의 '테러와의 전쟁'이었다. 이 전쟁은 미국의 '선제공격에 의한 전쟁', '속도전', '디지털과 스마트 전쟁'으로 평가되는 미래 전쟁의 형태를 보여준다. 이라크는 걸프전의 패배를 교훈삼아 미 공군의 고속 대방사 유도미사일(HARM⁵)에 대응하기 위해 지대공 미사일용 레이더 유도체계를 획득하고 미국의 GPS체계를 교란시키기 위해 러시아제 GPS Jammer를 구입하였으며, SA-3의 기동성 향상을 위해 트럭에 회전형 탑재장치를 장착하였다.

반면 미국은 적 지휘통제체계 마비, 컴퓨터 네트워크 작전 수행으로 걸프전보다 한층 발전된 전자 및 정보작전의 우위를 유지할 수 있었다. 대표적인 감시/정찰 무기체계로 군·상용 인공위성, 무인기, U-2S, RC-135V/W, JSTARS, NP-3 및 영국의 NIMROD 등이 사용되었고 전자전 무기체계로는 E-2C, E-3C, EA-6B 등이 운용되었다.

또한 전자폭탄이 최초로 실전에 사용되어 표적상공에 강력한 전자기 펄스를 방출함으로써 지하나 병커에 설치된 전자적 표적 및 방송국 시설을 마비시켰다.

이라크전은 전투력 차이도 있었지만 전자전 및 정보 전력에 있어서 미국과의 격차가 컸고, 각종 전자정보의 데이터베이스가 미국에 노출되어 있었으며, 정보획득을 위한 무기체계가 상호 연계되지 못함으로써 힘을 상실하였다. 반면 미국의 경우 E-2C, EP-3E, EA-6B, U-2, AWACS, RC-135,

JSTARS 및 무인정찰기를 통한 정보우위를 바탕으로 이라크의 지휘통제체계를 포함한 대부분의 표적에 대한 자료를 획득할 수 있었고 C4ISR의 네트워크로 정보를 공유함으로써 이라크 전쟁을 효율적으로 수행할 수 있었다.

표적획득에서 타격까지의 전투의사 결정시간을 단축시킬 수 있는 실시간 전장감시체계(C4I⁶)의 정보작전 능력을 바탕으로 항공전력의 효율적 운영을 가능케 하였으며, GPS를 포함한 항공우주 무기체계를 이용한 전장 정보수집과 이와 연동된 정밀유도 무기의 사용은 항공력에 의한 미래전의 향상을 예측케 하였다. 또한 전자전 능력은 적 지휘통제통신체계 등 적 핵심자산을 무력화시키는 효과중심작전 수행을 위한 무기체계 역할을 하였다. 전자전 분야의 발전을 통해 미국은 이라크전에서 최소의 희생으로 최대의 전쟁 효과를 거두었다.

나. 전자전의 구성요소

1) 전자공격(EA⁷)

전자공격(EA)은 적의 대공위협 무기체계 및 C4ISR 체계를 교란 또는 마비시키거나 전투수행 능력을 저하, 무력화, 파괴하기 위하여 적의 인원, 장비, 시설에 대하여 전자기, 지향성 에너지, 대방사체 무기체계를 사용하는 활동이다.

전자공격은 파괴적 전자공격과 비파괴적 전자공격으로 나뉜다. 파괴적 전자공격은 인원, 장비, 시설 등을 물리적으로 파괴하는 활동을 말하며, 비파괴적 전자공격은 전자기를 사용하여 적을 방해 및 기만하는 활동을 말한다.

2) 전자전 지원(ES⁸)

전자지원은 적의 전자기 스펙트럼을 탐지하기 위한 목적으로 적이 방사하는 전자기 에너지를 수집, 분석, 식별하는 제반의 군사 활동으로 탐색 및 감청, 방사탐지, 식별, 전술적 위협경고 및 위치탐지 등이 포함된다.

3) 전자보호(EP⁹)

아군 또는 적의 전자전 운용에 의해 전투능력이 저하, 무력화 또는 파괴될 가능성이 있는 아군의 인원, 시설 및 장비를 보호하기 위하여 취해지는 제반의 군사 활동을 말한다. 전자보호는 대 전자전지원(Anti-ES)과, 대 전자공격으로 나뉜다. 대 전자전지원은 아군에 대한 적의 첩보수집 기능을 억제하기 위해 취해지는 활동을 말하며, 대 전자공격은 아군의 전자장비가 방해 또는 기만될 때 영향을 최소화하고 기능이 발휘되도록 하는 활동을 말한다.

전자전의 구성요소는 다음과 같이 도식화할 수 있다.

6 Command, Control, Communication, Computers and Intelligence(지휘, 통제, 통신 컴퓨터 및 정보통합)

7 Electronic Attack(전자 공격) 8 Electronic Warfare Support(전자전 지원) 9 Electronic Protection(전자 보호)

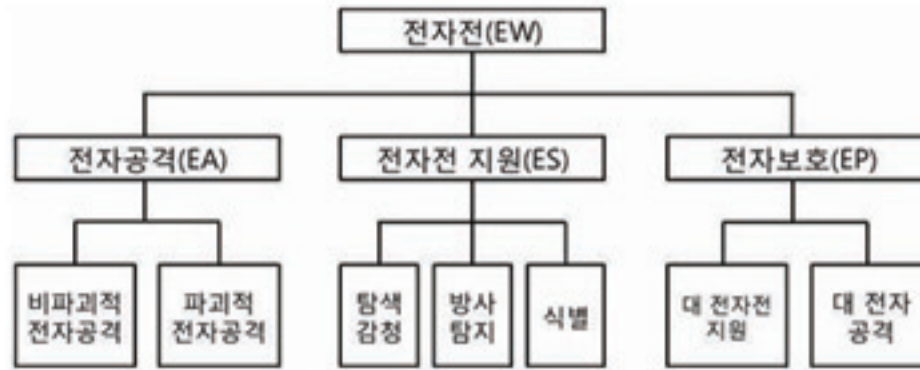


그림 2 전자전(EW) 구조

2. 미사일과 전자전 방어체계

현대전은 과거 근접전이 아닌 미사일을 이용한 시계외전의 형태로 바뀌어 가고 있다. 장거리에서 표적을 추적하고 미사일을 발사하기 위한 레이다 기술, 적의 레이다를 교란하기 위한 재머(jammer), 다양한 형태의 탐색기(seeker)를 기만하기 위한 전자전 방해책 등이 등장하면서 현대전은 그야말로 전자전의 형태를 갖추었다.

본 장에서는 공중전에서 이루어지는 미사일의 유도방식과 이를 방어하기 위한 전투기의 전자전 방어 장비의 기술에 대해 소개한다.

가. 대공 유도 미사일

1) 유도(Guidance) 방식

가) 지령유도(Command Guidance)

지령유도 방식은 미사일이 통제소의 지령에 따라 표적을 쫓는 방식이다. 통제소로부터 미사일로 송신하는 전파를 통해 지령이 전달되며 해당 전파는 표적의 위치 정보가 포함된다. 따라서 전파 수신을 위해 미사일에는 수신 안테나가 장착되어 있다. 트래커(통제소), 미사일, 표적으로 구성된 환경에서 작동하는 방식으로 3-points 유도방식이라 한다.

지령유도 방식에는 수동지령유도방식과 자동지령유도방식이 있다. 수동지령유도방식은 통제소의 통제사가 직접 미사일을 조종하는 방식으로 통제사의 숙련도에 따라 명중률의 차이가 발생하는 단점이 있다. 자동지령유도방식은 통제소에서 표적의 위치 정보를 미사일에 입력 후 발사하는 방식으로 미사일은 발사 후 표적을 자동 추적하여 요격한다.

나) 호밍유도(Homing Guidance)

호밍유도 방식은 표적으로부터 나오는 전파, 열에너지 등을 미사일에 탑재된 탐색기(seeker)가 탐지하여 스스로 표적을 추적하는 방식으로 미사일과 표적으로 구성된 환경에서 작동하여 2-points 유도방식이라 한다.

호밍유도 방식에는 능동호밍, 반능동호밍, 수동호밍 방식이 있다. 능동호밍 방식은 미사일 스스로 보낸 신호가 표적에 반사되어 돌아오면 해당 신호를 탐지하여 표적을 추적하는 방식이다. fire&forget이 가능하며, ECM¹⁰ 내성을 가지는 장점이 있다. 하지만 Lock-on 거리가 안테나와 송신기

전력에 제한을 받으며, 다른 방식을 사용하는 미사일에 비해 가격이 상대적으로 비싼 단점을 가진다. 비행 초반에는 관성항법이나 GPS 유도되며 표적이 미사일의 유효사거리에 근접할 경우 능동호밍 유도를 통해 표적을 요격한다.

(a) AIM-120(AMRAAM)



(b) AGM-84(Harpoon)



(c) Meteor



그림 3 능동호밍방식의 미사일

반능동호밍 방식은 외부의 트래커에서 보낸 신호를 미사일의 탐색기가 수신하여 표적을 추적하는 방식이다. 더 높은 송신기 전력을 가진 외부의 트래커를 이용하므로 미사일은 긴 사거리를 비행할 수 있으나 fire&forget이 불가능하고 미사일이 표적을 요격할 때 까지 외부의 트래커는 지속적으로 신호를 표적에 보내야 한다.



그림 4 반능동호밍방식의 미사일(AIM-7)

수동호밍 방식은 표적에서 방사되는 에너지를 탐지하여 추적하는 방식으로 미사일에 일루미네이터(illuminator)가 요구되지 않는다. fire&forget이 가능하며 가격이 저렴하나 ECM에 취약한 단점을 가진다.

(a) AM-9(Sdewirder)



(b) AIM-132(ASRAAM)



(c) IRIS-T



그림 5 수동호밍방식의 미사일

다) 항법 유도(Navigation Guidance)

미사일의 공간에 정의된 좌표계에서 정확한 위치 (x, y, z)를 측정하는 방식이다. 주로 미사일의 Mid-Course 구간의 유도에 적용됨으로써 미사일을 목표지점으로 안내한다. 특히 병커와 같은 고정된 표적을 파괴하는 미사일에 효과적이다. 주로 INS¹¹ 또는 IMU¹²을 적용하여, 미사일의 움직임과 자세를 감지하고 좌표계에서의 현재 위치를 결정한다.

나. 전자전 방어체계

1) 전파 탐지 방어체계 장비

가) RWR

RWR은 레이더를 이용하여 표적을 추적하는 무기체계의 위협신호를 조종사에게 제공하기 위한 경고 장비이다. RWR은 Radar Warning Receiver로 '레이더 경고 수신기'라 한다. 레이더에서 송신하는 전파를 수신하여 조종사에게 시각적, 청각적 정보를 제공함으로써 조종사가 위협을 인지하고 회피 또는 전술을 수행할 수 있도록 하는 기능을 제공한다.



그림 8 F-15에 장착되는 RWR

나) CHAFF

CHAFF는 레이더에 대해 허위 표적을 제공하여 적을 기만하기 위하여 사용한다. 주로 전투기를 추적하는 레이더에 대해 표적을 전투기로부터 CHAFF로 전이시킴으로써 위협 지역을 효과적으로 벗어날 수 있다. 또한 다량의 CHAFF를 살포하여 적 레이더로 하여금 다수의 허위 표적을 인식시킴으로써 레이더 프로세서를 포화시킬 수 있다.

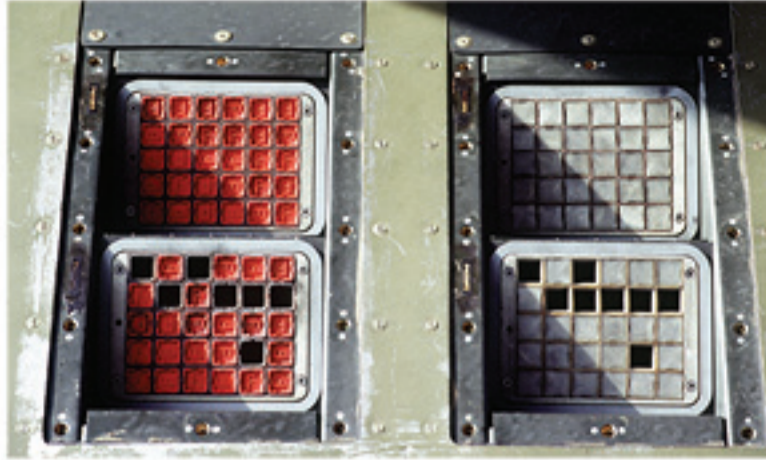


그림 7 C-130의 CHAFF/FLARE Dispenser

2) 적외선 탐지 방어체계 기술

가) MAWS

적외선 유도 미사일은 표적에서 방출되는 적외선 에너지를 추적하여 반응속도가 빠르고 전투기의 RWR이 반응하지 않아 탐지가 어렵다. 또한 미사일이 빠른 속도로 운동하며, 부피가 작기 때문에 레이더로도 탐지가 어렵다. 따라서 미사일에서 방출되는 적외선 에너지를 탐지함으로써 미사일의 위치정보를 조종사에게 제공하는 MAWS 장비는 필수적이다. MAWS는 Missile Approach Warning System으로 '미사일 접근 경고시스템'이라 한다. MAWS는 미사일에서 방출되는 자외선, 적외선을 감지함으로써 표적을 탐지한다.

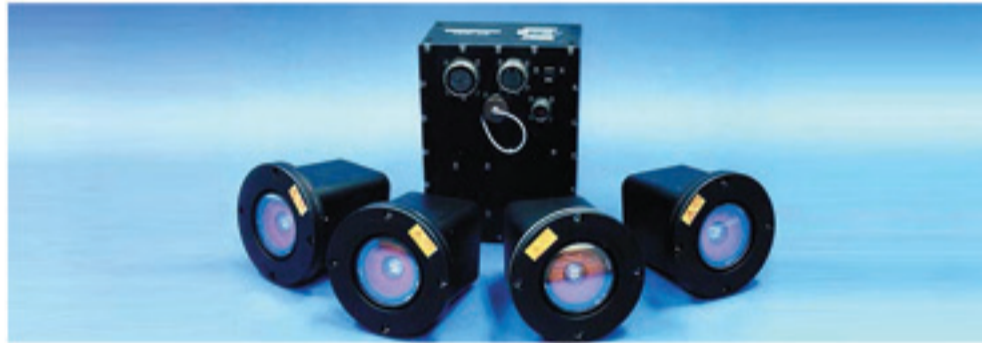


그림 8 Northrop Grumman사의 MAWS

나) DIRCM

전투기가 Flare를 사용하더라도 적외선 유도 미사일은 여전히 요격 가능한 존재이기 때문에 보다 직접적인 방법의 필요성이 대두되면서 등장한 시스템이다. DIRCM은 Directional InfraRed Counter Measures의 줄임말로 '지향성 적외선 방해장비'라 한다. DIRCM은 강력한 적외선 에너지를 생성하여 적외선 유도 미사일의 탐색기에 조사함으로써 교란시켜 미사일이 추적하는 표적을 구분할 수 없도록 한다.



그림 9 Northrop Grumman사의 DIRCM

다) Flare

적외선 미사일을 기만하기 위한 대표적 수단이다. Flare는 항공기에서 투하된 후 약 3초 내의 짧은 시간동안 2,000℃ 이상으로 타오르며 자외선 및 가시광선, 적외선 등 넓은 대역의 에너지를 방출한다. Flare가 적외선을 방출함으로써 적외선 유도 미사일 탐색기(seeker)를 교란시켜 또 하나의 표적으로 인식시킬 수 있다.

하지만 Flare의 강력한 적외선 방출로 인한 적외선 대역의 차이가 발생 가능한 부분, 그리고 짧은 적외선 방출시간으로 인하여 전투기와 쉽게 구별이 가능하며, Flare 투발 후 전투기와 급격한 운동 특성의 차이를 보이는 것은 미사일 탐색기로 하여금 더 쉽게 전투기를 구분하도록 한다.



그림 10 Flare를 발사하는 A400M

다. 개발 동향

고성능 공대공 미사일과 방어체계, 이른바 ‘창과 방패’의 대결이 치열해짐에 따라 관련 기술 또한 발전을 거듭하고 있다. 미사일은 소형화, 고기동의 운동능력, 다변화하는 환경에서의 월등한 표적 식별 능력을 갖춰가고 있다.

적외선 유도 미사일 탐색기(seeker)의 경우 적외선 탐색 영역을 점차 세분화하여 넓혀가고 있으며, 다양한 열원(Heat Source)에 대한 탐지 성능과 기만에 대한 내성이 향상되고 있다. 이러한 탐색기의 성능 향상에 맞춰 Flare의 적외선 영역, 투발 방향 등에 대한 기만책도 개발되고 있다. 뿐만 아니라 표적에 대한 식별, 추적 능력을 향상시키기 위해 Multi-mode Seeker에 대한 기술 개발이 이루어지고 있으며, 일부 미사일에는 적용 및 운용되고 있다.

5세대 전투기에 적용된 전자전 장비는 레이다 경보, 표적 우선순위 및 지정 지원, 방해책을 하나의 시스템의 통합된 형태로 조종사에게 제공함으로써 조종사의 편의성 및 임무 성공을 보장하고 있다.

3. 미래의 전자전

첨단 디지털 레이다 및 통신 시스템이 보편화되면서 기존의 전자전 시스템 또한 발전된 솔루션의 필요성이 대두되고 있다. 레이다 및 통신 시스템이 점점 더 디지털화 되고 소프트웨어가 차지하는 비중이 높아짐에 따라 장비의 특성을 빠른 속도로 변경할 수 있어 실시간 응답 특성을 발휘하는 전자전 시스템이 필요하다. 기존의 전자전 시스템은 사전 프로그래밍 된 데이터베이스에 의존하기 때문에 새롭고 향상된

위협에 신속 대응하는 능력이 제한적이다. 적응형 전자전(Adaptive EW)은 발전된 신호 처리, 지능형 알고리즘 및 기계 학습 기술을 사용하고 프로그래밍 된 신호 특성 정보와 실시간으로 수집한 정보를 융합하여 전장 상황을 더욱 구체적으로 인식할 수 있도록 한다.



그림 11 대표적인 전자전기 EA-18G

4. 결론

제공권을 확보하지 못하면 어떠한 군사 작전도 수행하기 어렵다. 이처럼 공중 전력의 성공적인 작전 수행능력 및 생존능력을 극대화하는 것은 필수적이며, 현대전에서 해당 능력들은 전자전 체계가 보장한다 해도 과언이 아니다. 시간이 흘러갈수록 전장의 환경은 다변화하고 있으며, 이에 맞춰 기술의 발전도 급격하게 고도화되고 있다. 미래에는 안티-잼(anti-jam) 및 전자보호(electronic protection), 멀티 스펙트럼 전자전(multispectral EW), 인식의 전자전(cognitive EW) 분야에 대한 기술이 전투 공간의 전 방위 시야를 조종사에게 제공할 것이며, 이를 통해 잠재적인 위협 식별, 전장 환경의 인식 및 관찰, 위협을 분석 및 대응할 수 있도록 지원하여 임무 성공을 보장할 것이다.

전자전이 현대전의 중추적 역할을 담당하고 있다는 것을 인식하고, 미래의 네트워크 중심의 작전 환경에 대비하여야 할 것이다.

참고 문헌

- 1) KF-X체계개발 사업(적외선 탐색 및 추적장치) 국외교육 결과보고서, 국방기술품질원, 2019
- 2) wikipedia.org

우주 임무와 군사통신위성 설계 소개



국방기술품질원 항공1팀
선임연구원 박성제

1. 서론

인간은 왜 우주에 위성을 보내는가? 그리고 왜 우주에 가려고 하는 것일까? 우주 임무를 수행하기 위해서는 높은 위험과 많은 비용 그리고 오랜 기간의 준비기간이 필요하다. 그럼에도 불구하고 인류는 지금까지도 끊임없이 우주 임무에 도전하고, 인공위성과 같은 체계를 탑재하여 지구 밖으로 보내기 위해 끊임없이 시도한다. 이는 인류의 끊임없는 도전과 개척정신, 그리고 미지의 세계에 대한 끝없는 갈망 때문일 것이다. 그럼 과연 우주는 지구와 어떻게 다를까? 우주가 가지고 있는 주요 특성은 표 1과 같다. 우주는 지구 밖의 새로운 세계이며, 지구 밖에서의 탐험, 관찰 그리고 통신을 수행할 수 있다. 또한, 우주는 공기가 없는 진공상태로 무중력 상태이며, 태양에서 나온 방사선이나 전자기파가 그대로 노출되는 환경을 가지고 있다.

표 1 우주 주요 특성

주요 특징
① 지구 밖의 새로운 세계 → 탐험(Exploration)
② 글로벌 지구 관점 → 관찰 및 통신(Observation and Telecommunication)
③ 무중력 상태 → 연구(Research)
④ 지구를 대략 한 시간 안에 관찰 가능 → 관찰, 글로벌 통신

우주에서 이루어지는 임무는 매우 다양하며, 그 목적에 따라 표 2와 같이 분류된다. 우주 임무는 지구관찰, 과학임무, 위성통신, GPS와 같은 항법, 그리고 다양한 서비스 형태로 분류되며, 그 밖에도 우주에서 다양한 임무를 수행하고 있다. 본 고에서는 우주의 환경과, 우주 임무 체계에 대해 알아보고 통신위성체계에 대해 기술하고자 한다.

표 2 우주 주요 임무

지구관찰(Earth Observation)		과학임무(Science Missions)	
광학 촬영 레이다 촬영 기상		지구 과학 태양계 우주 탐사 우주 여행	
통신(Telecommunications)		항법(Navigation)	
방송 모바일 인터넷 보안통신		위치 이동 계획	
서비스(Service)		기타(Others)	
연료보급 우주정류장 체계수리 (Repair in orbit)		조기 경보 신호정보 전자정보 M2M/IoT AIS 여행정보 등	

2. 본문

가. 우주환경

1) 태양

태양은 우주환경에서 매우 중요하다. 태양에서 나오는 방사선이나 전자기파 그리고 다양한 가스는 우주 환경에 많은 영향을 주기 때문이다. 태양은 코로나 질량을 방출 시키는데 이것은 태양으로부터 방출되는 가시의 거대한 거품이다.

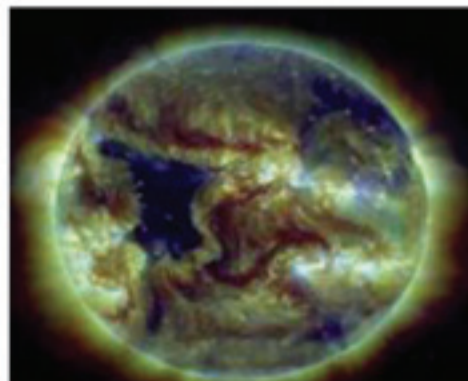


그림 1 코로나 형성

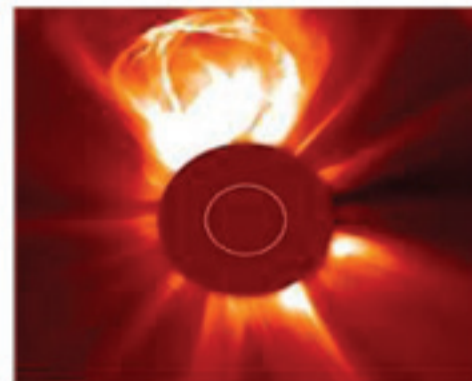


그림 2 코로나 질량방출

태양 플레어는 태양 표면에서의 거대한 폭발로 플레어는 불과 몇 분의 시간 범위에서 매우 빠르게 발생된다. 태양 플레어는 태양복사 활동 시기가 최대 일 때만 발생되며, 발생 주기는 11년이다.

태양풍은 태양에서 불어오는 바람으로 양성자와 전자 등의 미립자가 포함되어 있으며, 전자, 양성자, 헬륨을 포함한 플렉스와 입자들을 방출한다. 태양풍의 온도는 섭씨 약 5,000도에서 2백만 도씨가 올라간다.

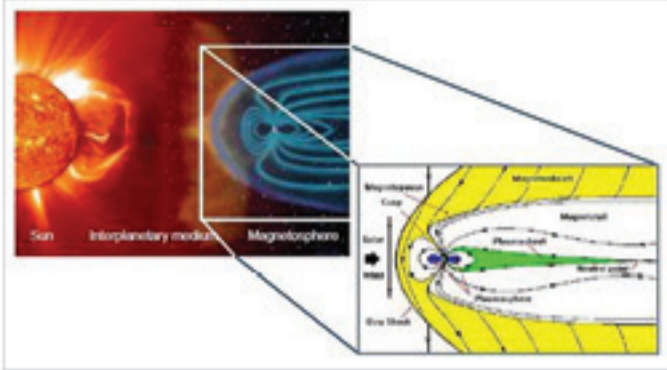


그림 3 자기권

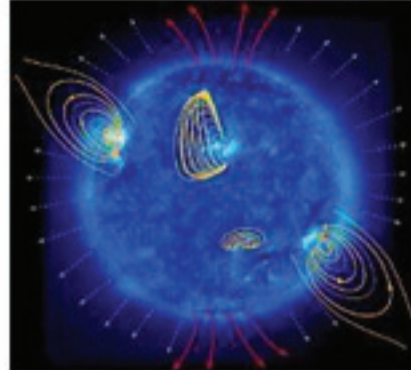


그림 4 태양 플레어

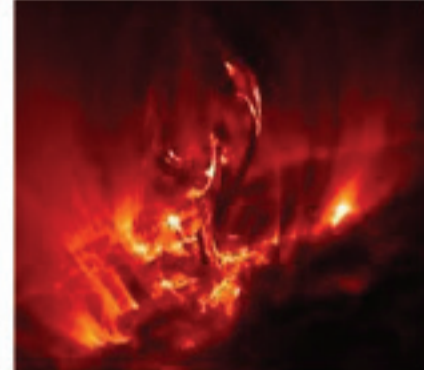


그림 5 태양 플레어 표면형상

2) 우주선

우주선은 우주에서 지구로 쏟아지는 높은 에너지의 미립자와 방사선을 뜻하며, 1910년 처음으로 관찰되었다. 우주선 입자들은 대부분 태양계를 벗어나 우주로부터 발생되며, 우주선은 핵융합이나 분열 시 방출된다.

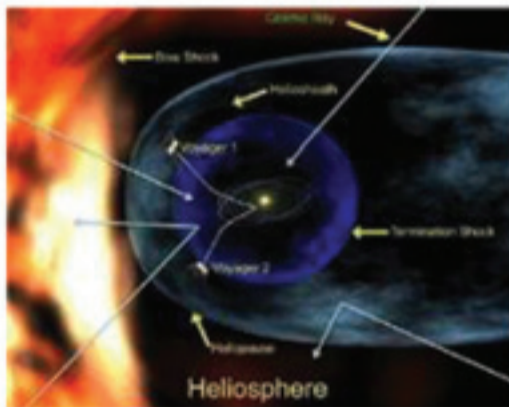


그림 6 우주선 예시

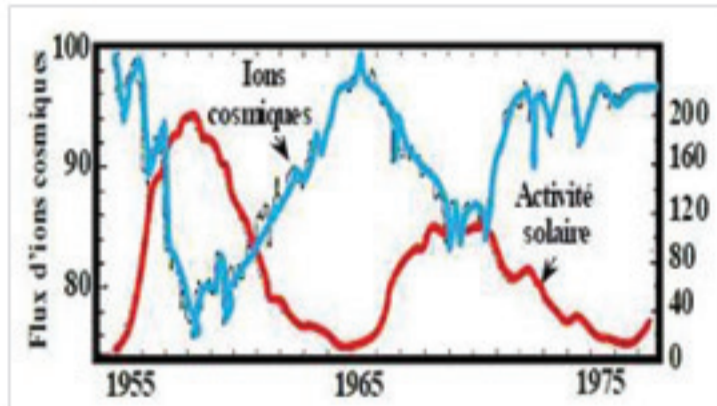


그림 7 태양 주기 임무

3) 자기권

자기권은 천체가 그 물체의 자기장에 의해 영향을 받는 천체의 주와 공간 영역이다. 자기권은 뜨거운 철과 니켈 금속 덩어리에 의해 자기장을 발생시키며, 플라즈마의 상호 작용에 따라 별에도 나타날 수 있다.

4) 반 알렌 복사대

지구 자기적도 상공 320~32,400km의 고도로부터 지구 둘레에 형성된 도넛 형태의 고밀도 입자 복사 지역이다. 반알렌대의 복사의 지구 자기장에 포획된 양성자와 전자로 구성되어 있다.

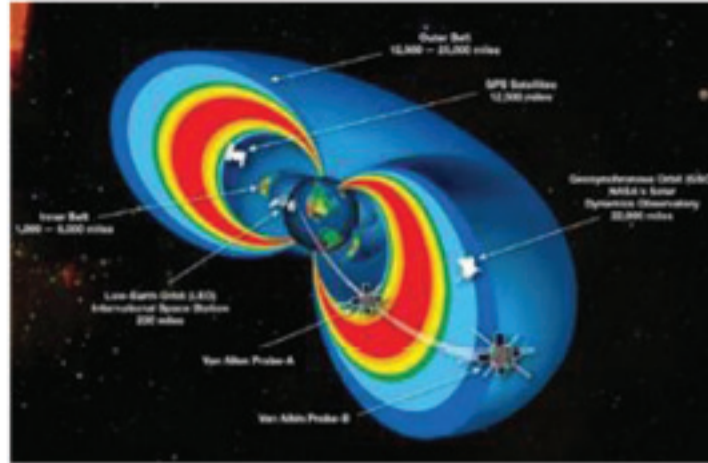


그림 8 지구 복사대

5) 남극광/북극광

극광이라고도 하며 고위도 지방에서 관찰되는 발광현상이다. 지표로부터 약 100km 이상 고도에서 발생되며 길이는 수백 킬로미터까지 이른다. 빛은 주로 초록색으로 나타나지만 빛의 세기에 따라 흰색, 빨강색 등이 나타나기도 한다. 북극광은 태양의 흑점 주기에 따라 크게 영향을 받으며 자기 폭풍이 동반되는 경우가 많다, 극광이 나타나는 형상은 그림 9, 10과 같으며, 북극광의 발생 지점은 그림 11과 같다.



그림 9 북극광



그림 10 남극광

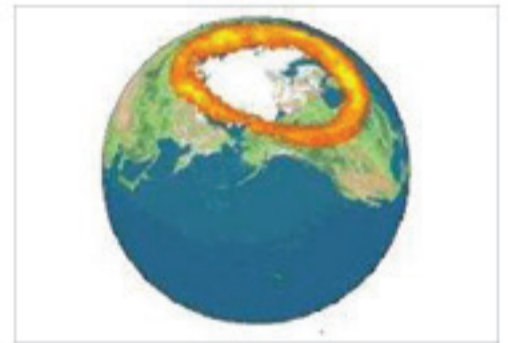


그림 11 북극광 발생위치

나. 인공위성의 발달

인공위성은 러시아에서 세계 최초로 발사 되었으며, '동반자'라는 뜻의 스푸트니크(Sputnik)이다. 스푸트니크 1호는 세계 최초의 인공위성으로 1957년 10월 4일에 발사되었으며, 같은 해 1월 4일 소멸 되었다. 스푸트니크 형상은 그림 12와 같으며, 현재의 인공위성보다는 매우 작은 크기로 그 기능도 단순하였다. 인공위성이 최초로 개발되고 60년이 지난 현재의 인공위성의 크기는 항공기만큼 커졌으며, 관측, 통신 등과 같은 다양한 임무를 수행 할 수 있게 되었다.



그림 12 스푸트니크



그림 13 현대의 위성 형상

다. 인공위성 설계 요소

인공위성의 설계는 다양한 구성품과 자원 그리고 제약들을 기반으로 최적화 과정을 통해 설계되며, 환경, 기획, 규정, 임무, 기반시설 등의 요소들이 고려되어 설계된다. 환경은 발사체, 진공, 방사선 등이 고려되며, 기획 부분은 사용될 예산과 일정 그리고 산업 협력 등이 해당된다. 규정에는 주파수 사용범위와 우주법 등이 해당되며, 임무는 탑재체의 수행궤도와 인공위성의 수명 등이 이에 해당된다. 마지막으로 인공위성을 우주에 보내기 위해서는 다양한 기반시설들이 필요하며, 인공위성과 통신을 하기 위한 지상 장비도 여기에 속한다.

라. 인공위성 궤도

인공위성의 궤도는 매우 중요하다. 궤도에 따라 임무와 비용 수명 등이 달라지기 때문이다. 인공위성은 일정한 경로로 움직이며 임무를 수행한다. 인공위성의 궤도는 임무와 역할에 따라 원형으로 돌거나 타원형으로 돌기도 하며 고도에 따라 궤도 형태가 달라지기도 한다. 인공위성의 궤도는 다양한 이론에 의해 정의되며, 실제 궤적 선정 시 아래와 같은 3가지 요소를 고려하여 설계된다.

- ① 지구는 완벽한 원형 아님 - (Earth is not perfect)
- ② 대기압(주로 저궤도) - (Atmospheric drag)
- ③ 태양풍(복사압력) - (Solar wind, radiation pressure)

인공위성의 궤도는 다양하게 있지만 일반적으로 저궤도, 중궤도, 정지궤도 및 타원궤도로 분류되며, 통신위성은 정지궤도에서 주로 운용된다.

표 8 인공위성 궤도 종류

궤도	LEO(저궤도)	MEO(중궤도)	GEO(정지궤도)	HEO(타원궤도)
고도	200-800km	2,000-25,000km	35,786km	1,000-40,000km
접근시간	15-20nm	45-240nm	연속적	>6h
특징	- 짧은 신호 지연 - 적은 경로 손실 - 낮은 발사 비용 - 위성 밀도 높음	저궤도와 정지궤도 사이의 신호 지연, 발사 비용	- 큰 신호 지연 - 큰 신호 손실 - 높은 발사 비용 - 처리 범위가 넓음 (지구의 1/3 가능)	- 특정 지역에서만 사용 - 물리나이형 : 12시간 주기 - 툰드라형 : 24시간 주기
임무				

마. 통신위성 설계

통신위성은 크게 탑재체와 플랫폼으로 구성되며, 다양한 요소와 장비들로 구성되어 제작된다. 다음은 통신위성의 탑재체와 플랫폼에 대해 알아보고, 탑재체와 플랫폼의 구성요소와 기능 그리고 통신위성의 통합시험에 대해 알아보려고 한다.

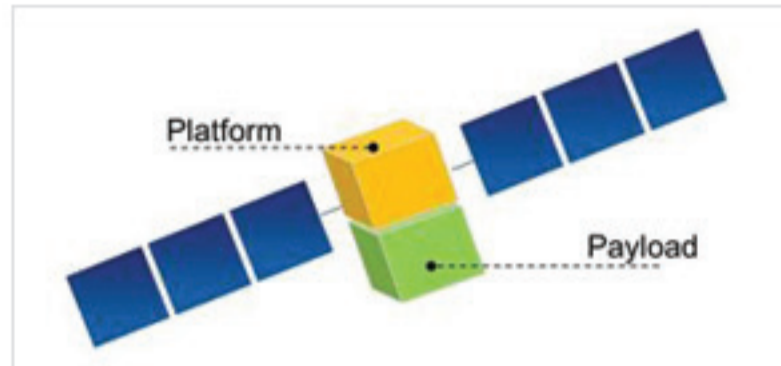


그림 14 통신위성 구성도

가) 탑재체

통신위성의 탑재체에는 크게 안테나(수신기/송신기)와 리피터로 구성된다. 통신위성은 주로 C밴드와 Ku 밴드를 사용하여 서비스를 제공하며, FSS와 BSS와 같은 서비스를 제공한다. 통신위성은 기본적으로 지상으로부터 신호를 받아 리피터를 통해 신호를 처리하고, 처리된 신호를 전송용 안테나를 통해 원하는 곳에 다시 전송한다. 탑재체는 저출력 부위와 고출력 부위로 구분되며, 저출력 부위는 입력필터, 수신기, 오실레이터 등이 있으며, 고출력 부위는 채널증폭기, TWTA, 멀티플렉서 등이 있다. 통신위성의 탑재체 설계 고려 요소로는 수용(크기, 플랫폼, 발사체 페어링과의 호환), 열소산(우주선으로 들어오는 방사열 및 영역), 출력(출력 부 시스템의 수용 가능한 전력 및 질량), 질량(발사 용량 및 위성 플랫폼에 설치된 전체 용량), 탑재체 질량(우주에서 이용 가능한 연료량, 발사비용), 온도조절(열 조절 하드웨어 전력 용량 및 질량), 자기장 용량, 지구로부터 받는 잡음, 복사, 진공 등이 있으며, 이외에 통신위성 사업을 성공하기 위해서는 비용, 수명(최소 15년 이상) 및 신뢰성이 확보되어야 하며, 이를 위해서는 임무 설정 및 임무에 맞는 분석과 수행 과정이 필요하다.

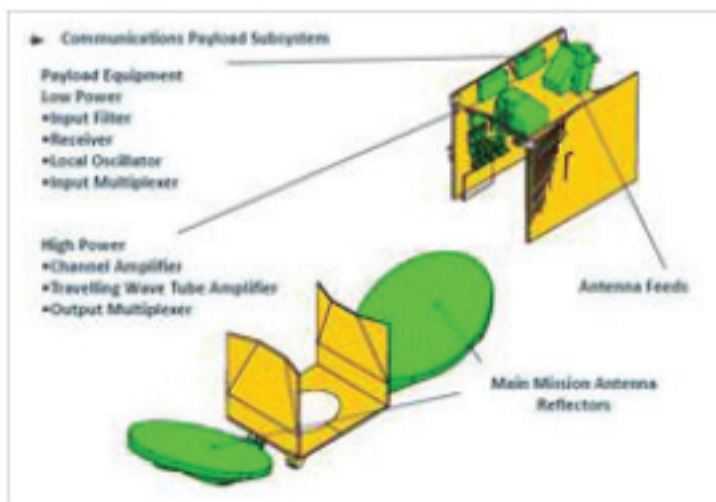


그림 15 통신위성 탑재체 하위구성품

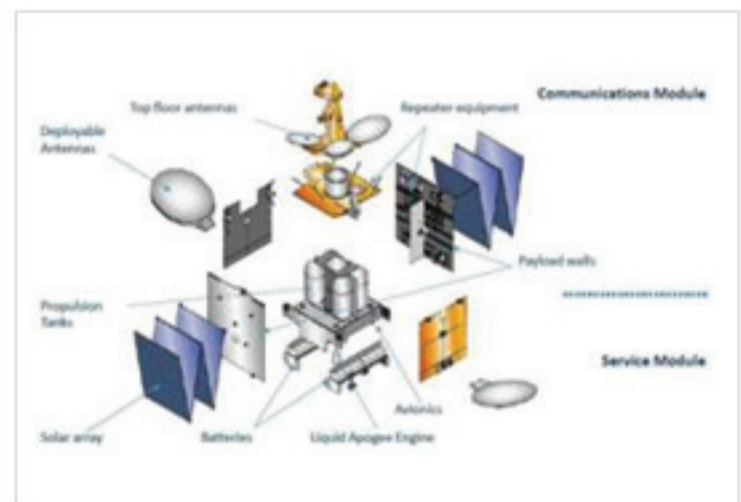


그림 16 통신 위성 일반 구성품

탑재체는 우선 정보를 최소의 잡음과 함께 신호를 수신 후 증폭 시킨다. 주파수는 업링크 시 간섭을 회피하기 위해 전환된다. 정보는 우선 리피터의 전체 출력을 증가시키고, 다른 채널간 정보 사이에 간섭을 회피하기 위해 채널화 한다. 이를 위해 멀티플렉스나 입력 멀티플렉스를 사용한다. 다른 채널간 정보는 전송전에 조합되어 처리된다. 리피터는 하나의 제품이 고장나는 것을 대비하여 여러 개의 채널로 구성되어 있으며, 위성 탑재체에 장착되는 대부분의 장치는 예비품이 있다.

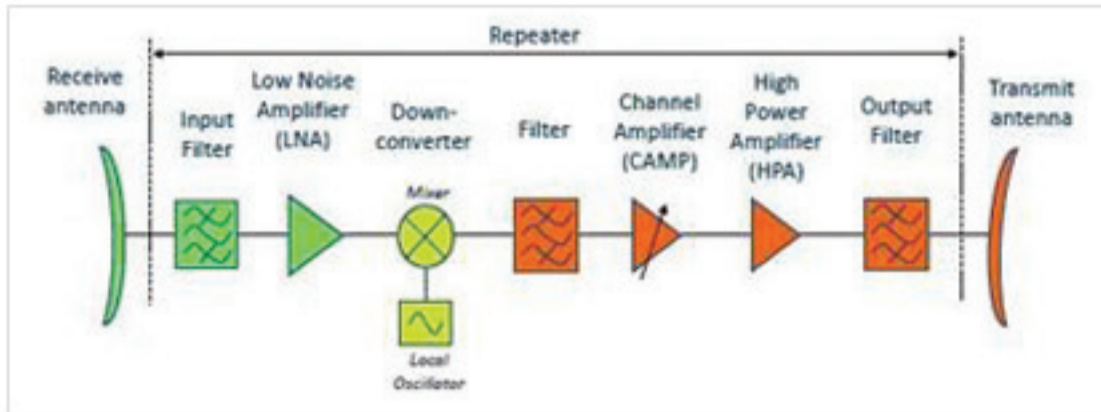


그림 10 전송/수신을 위한 기본 구성요소

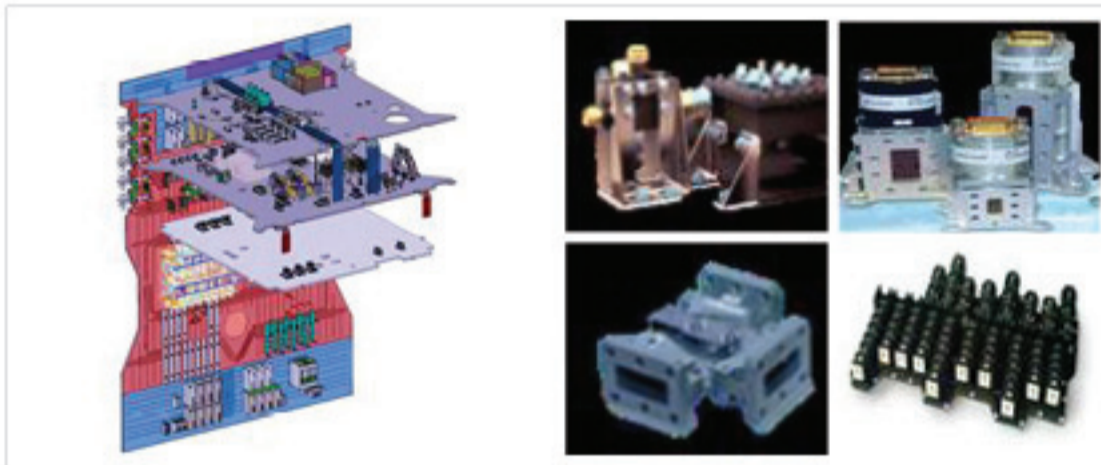


그림 11 탑재체 통신 모듈

어떠한 시스템이든 시스템 사이에서 에너지 교환이 가능하다. 이 에너지는 진공, 공기, 다른 물질 사이에서도 가능하며, 에너지 전파가 자유롭게 이동이 가능하다. 안테나는 시스템에서 바깥 매질로 에너지를 교환 시키는 장비로 에너지 교환하는 것을 전송이라고 부르며 그 반대를 송신이라고 한다. 우주에서 안테나를 사용하기 위해서는 자유 공간에서 에너지를 자유롭게 전송할 수 있어야 하며, 원하는 방향으로 에너지를 전송 시킬 수 있어야 한다. 안테나 종류로는 무선방송, 통신, 레이더 안테나 등이 있다.

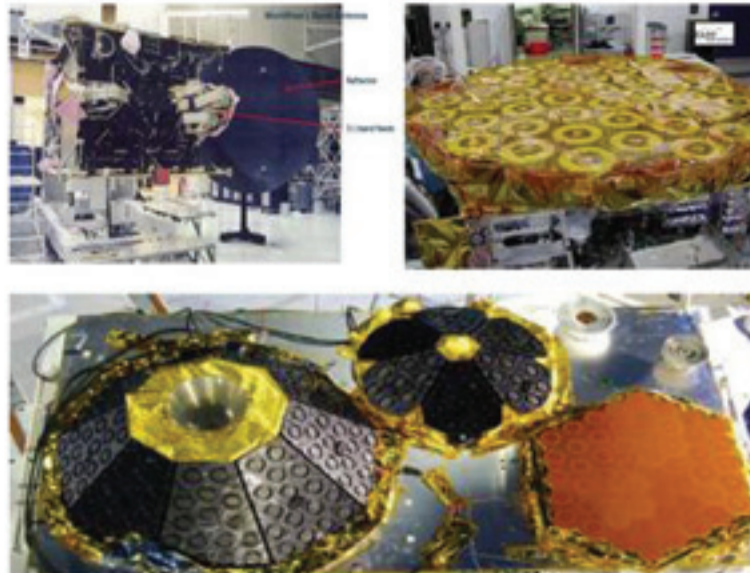


그림 10 통신위성 안테나

안테나의 설계 고려 요소로는 크기와 길이, 질량, 인터페이스, 정렬 용량, 포인팅 용량, 기계적 구성, 사용 주파수, 작동 범위 및 온도 등이 있으며, 안테나 테스트는 강한 신호를 확인하기 위해 특별한 장소에서 이루어진다. 안테나 시험 항목은 신호처리 상태, 거리 측정, 무선통신 반응 등이 있으며, 시험을 통해 안테나를 통해 받게 될 신호 소스를 조절한다.

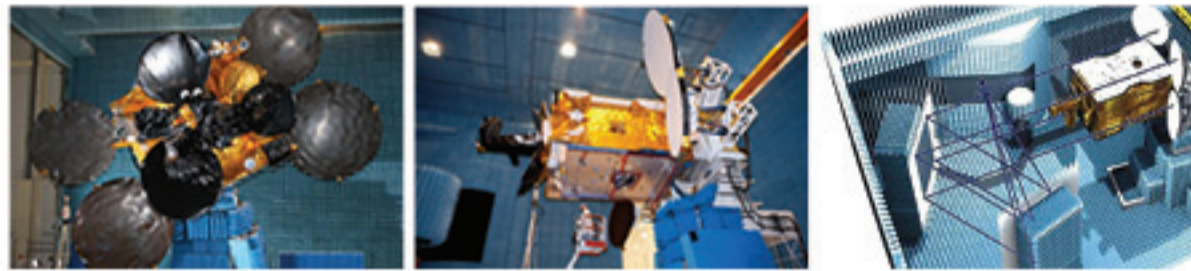


그림 11 안테나 테스트

나) 플랫폼

통신위성의 플랫폼은 기체구조의 자세제어 및 궤도 유지 역할을 수행하며, 이를 위해 추진체와 다양한 제어 센서 들로 구성된다. 플랫폼의 주요 특성 및 기능은 표 4와 같다.

표 4 위성 플랫폼 주요 기능

서브시스템	기능	특성
자세 및 궤도(AOCS)	자세 안정화 궤도 결정	궤도/자세 정확성
추진체(Propulsion)	가속도 및 토크 제공	일정한 추진력 추진체 질량
전력 제어(Power supply)	전기 에너지 공급	정전압 공급
열 제어(Thermal control)	온도 조절	온도 조절 성능
구조체(Mechanical Structure)	서브 시스템지지	구조체 강도
명령제어 체계(TM/TC, Tracking)	제어센터와 Data 교환	제어채널 보안성

① 기계적 구조체

- 센트럴 튜브 및 동/서, 지구면 패널 : 탄소 섬유 강화플라스틱으로 제작된 샌드위치 패널
- 표면 알루미늄 마감의 샌드위치 패널 : 인터널 텍, 남/북/지구패널, 웹
- AIT 및 운송, 발사, 천이궤도, 정지궤도 등 전체 위성 수명 기간 동안의 각 장치들에 대한 물리적지지
- 위성체와 발사체 간의 기계적 인터페이스 제공
- AOCS, 안테나 등의 정밀 장치들에 대한 충격 안정성 제공
- 위성체 각 구성품에 대한 과도한 부하 방지를 위한 견고성 제공
- 2개의 모듈구조로 제작 공정 단축 및 병행 조립 가능
- 다양한 발사체 및 소형 페어링에 대한 호환성 제공

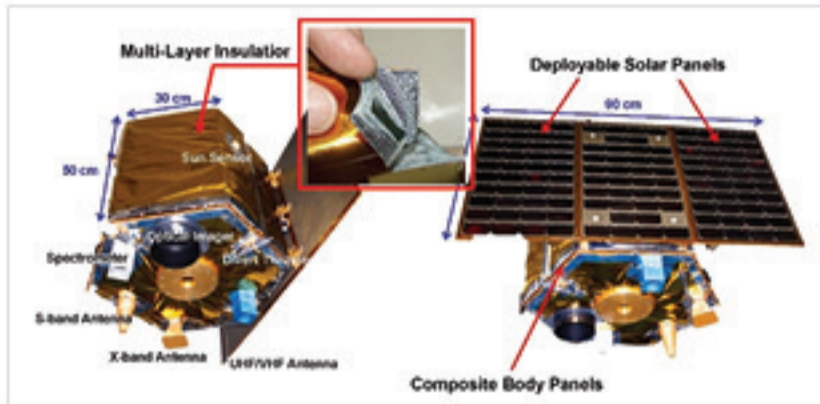


그림 10 알루미늄 허니컴 구조

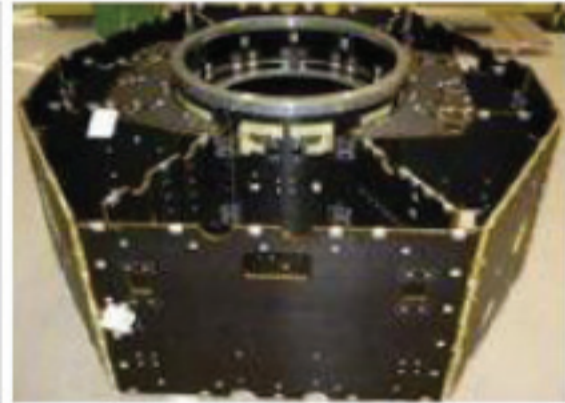


그림 11 CFRP

② 열 제어

- 위성체 각 진행 단계, 수명기간 적절한 온도 범위 유지
- 각 장치의 장애 시에도 허용 범위내 온도 유지
- 각 장치에 대한 일일, 계절적 온도 변화 최소화
- 열에 의한 팽창 부하 최소화
- 중계기 상태 및 트래픽(On/Off, No Drive/Full Drive)에 따른 적절한 열 제어 제공
- 방열 절연을 위한 Multi-Layer(MLI) 사용
- 위부 정밀 장치에 대한 Thermal shields 제공
- 방사성 패널을 보호하기 위한 Optical Solar Reflector 제공
- 남, 북 태양전지판은 태양 조명 변화에 따른 방열기능 제공
- Isothermal 구간에 대한 지속적인 열 공급(50~300 Wm)
- 열 제어 장치 : Heat pipes / heat sinks, Optical Solar Reflectors, Heaters, Multi-Layer Insulation, Surface Finishing, Heat shields

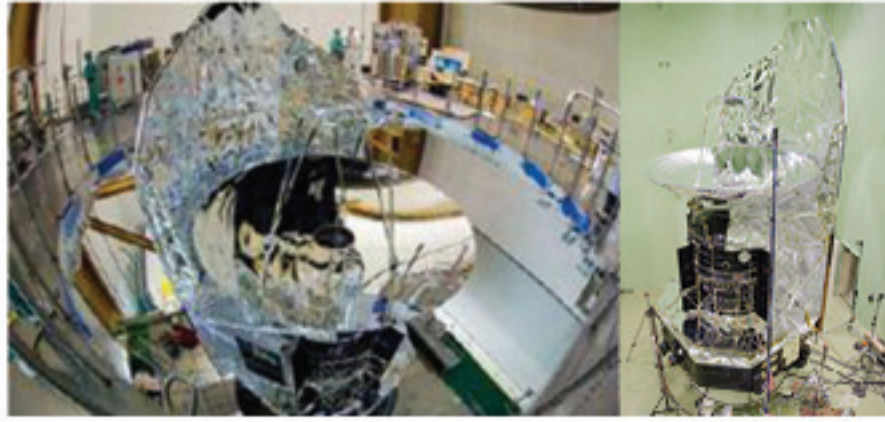


그림 8 Herschel-Planck Spacecraft

③ 전력 제어

- 위성체 각 장치에 대한 전력을 공급
- 전력 생산 관리, 저장, 조절, 분배
- 태양 전지판 : 8~16 kW 전력 생산(정지궤도 위성)
- 플랫폼 1~2 kW 전력 소비
- 배터리 : 일식 기간 최장 72분, 45일간의 전력 공급, 천이궤도 태양 획득전 필요한 전력 공급

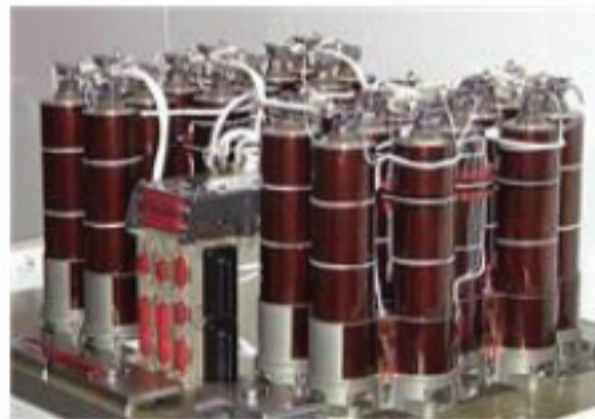


그림 9 위성 배터리

④ 자세 및 궤도제어

- 위성체 궤도 유지 및 정지 궤도 진입을 위한 기능 제공
- 외부 태양 및 달에 의한 Drift로부터 궤도 유지 관리
- 서비스 제공을 위한 정교한 안테나 포인팅 기능 제공
- AOCS 주요 장치 : Sensors(earth sensor, gyroscope, star tracker)
Actuators(wheels, engines, thruster)
- 최적의 연료 소비를 통한 위성체 3축 자세 안정화 수행
- 궤도 공유 관리 기능 제공
- Gyro : 3축 자세 회전을 결정
- Coarse Sun Sensor : 안전모드 및 태양 획득시 사용
- 항성 센서 : 천이궤도 및 정지궤도에서 3축 자세 결정
- 지구센서 : 지구 획득, Autonomy 기능 유지
- 3반작용 휠(1:3 예비) : 0 Momentum 관리, 각 운동량 복원 기능
- 12/16 추력기(10N) : 궤도조정 ΔV 제공, Full Redundancy 제공



그림 2 자세 및 궤도제어 장치

⑤ 명령제어 / 위성 데이터 처리(TM/TC, Data Handling)

- Telemetry 통한 위성체 온도, 전압, 전류, 자세 정보 제공
- Tele-command 통한 중계기 구성 변경, 열제어, 궤도조정
- 위성 추적 신호 처리를 통한 위성 궤도 결정 지원
- Tele-command 복조 / Telemetry Data 변조
- On-board 시간 기능 제공
- 위성체 장애 자동 복구 기능(FDIR) 제공
- 위성체 관리 컴퓨터 및 데이터 인터페이스 기능을 통한 비행 제어 기능(Avionics Function)
- 각 서브시스템과의 데이터 처리 및 인터페이스 기능 제공

⑥ 추진체 시스템(Propulsion)

- 전기적, 화학적, 2종류의 추진체 시스템을 주로 사용함
- 일반적으로 UPS (Unified Propulsion Subsystem)라 불리는 Chemical propulsion과 장시간의 궤도 상승에도 중계기 전력공급에 영향이 없는 Electrical (plasmic) propulsion
- UPS : 연료 및 산화제로 구성된 Propellant tanks (2~4개)
- 압력 조절용 Helium tank
- Apogee 추력을 위한 400N 및 위성 궤도 조종용 10~20 N
- 추력 생성을 위해 최대 250kg의 Xenon gas 사용
- 남북 궤도조종용 반 지구면 2중화 추력기
- 2-Axis 메커니즘이 적용된 Thruster Orientation Mechanism(TOM)

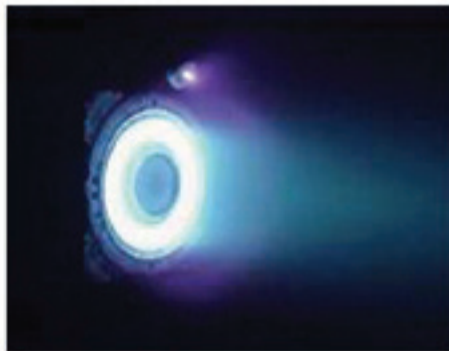


그림 3 Hall Effect Thruster 예시



그림 4 전기 추진체 시스템 아키텍처

다) 조립 통합 시험(Assembly Integration and Test, AIT)

인공위성은 임무를 시작하기 전에 지상에서 조립 통합 시험을 수행하게 되며 총 7단계 순서로 진행된다. 첫 번째 단계는 플랫폼과 탑재체의 조립으로 위성의 심장부인 서비스 모듈의 기능적 시험을 수행하며, 동시에 통신임무를 위한 무선통신 장비의 통신 모듈의 기능점검도 함께 이루어진다.

두 번째 단계는 커플링 작동으로 서비스와 통신 모듈을 위성 본체에 부착 시키는 단계이다. 모든 전기적 신호와 연결부위는 각각 점검이 이루어진다.



그림 20 AIT 1단계-플랫폼 및 탑재체 통합



그림 21 AIT 2단계-커플링 작동

세 번째 단계는 열 진공 시험으로 지름이 약 10미터로 구성된 챔버에 위성을 넣고 시험을 수행한다. 이때 챔버는 진공상태가 되며, 온도는 섭씨 영하 170도에서 영상 120도 범위로 설정하고, 이 온도 범위내에서 작동이 가능한지 확인하게 된다. 열 진공 시험 기간은 몇 주 동안 수행한다.

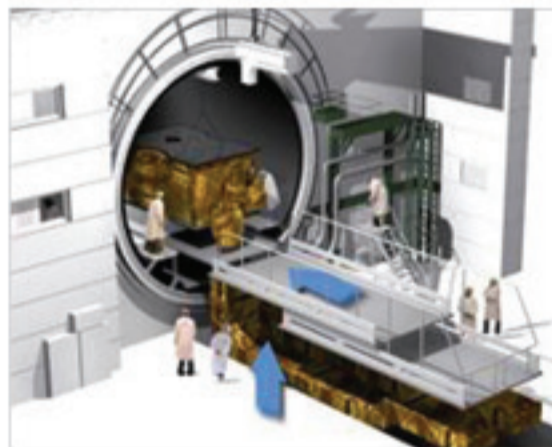


그림 22 AIT 3단계-열 진공 시험

네 번째 단계는 안테나 통합 정렬과 태양 전지판 장착이다. 우선 통신위성의 안테나는 탑재체에 조립되고 정렬이 이루어진다. 통신위성에 장착되는 안테나는 위성마다 다르지만 대략 12개의 다른 크기의 안테나가 장착된다. 안테나는 일반적으로 가장 윗부분에 장착이 되거나 반사판이 효율적으로 작동될 수 있도록 측면에 비스듬하게 장착된다. 또한, 대기권에서 자신의 무게를 견딜 수 없도록 설계된 대형 반사판은 대형 풍선을 사용하여 테스트를 수행하게 된다. 태양 전지판 장착을 위한 통합 시험은 특별한 치구를 이용하여 수행된다. 태양 전지판을 최대로 펼치면 약 16에서 20미터 정도 되기 때문에 많은 공간이 필요하다.

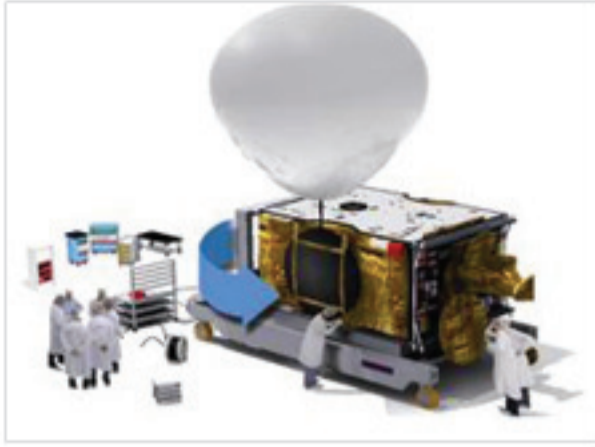


그림 10 AIT 4A단계-안테나 통합 및 정렬



그림 11 AIT 4B단계-태양 전지판 장착

다섯 번째 단계는 기계적 시험으로 인공위성이 발사 단계에서 견딜 수 있는 능력을 시험하기 위해 전기역학적인 흔들림과 음향 사이렌을 기계적으로 만들어 리프트 오프 상태에서 기계적, 동적, 소음 용력을 가하는 시험이다.

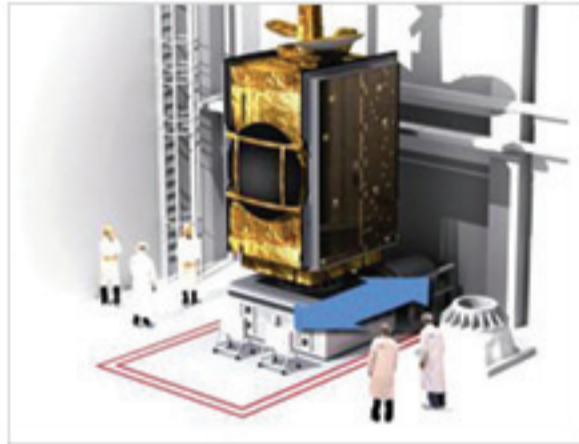


그림 12 AIT 5단계-기계적 시험

여섯 번째 단계는 무선통신 시험으로 통신 탑재체 시험은 특수한 시험 장소에서 수행된다. 안테나 방사 패턴은 인공위성이 필요한 범위를 제공하는지 확인하며, 종단 간 고전력 방사 시험은 인공위성이 우주에 도착하면 궤도 전송 및 수신 성능을 확인한다. 길이가 약 30미터에 불과하지만 두 개의 특수 모양의 50톤 미터 반사는 신호를 변환시키고 신호가 위성의 정지궤도 고도인 약 36,000km에서 오는 것처럼 파동으로 입력된다. 시험 장소 안에 파란색의 콘 모양의 흡수체는 원하지 않는 RF 신호 반사를 제거하는 역할을 한다.

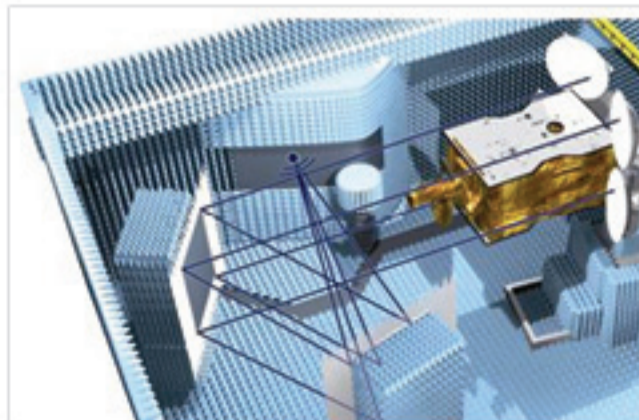


그림 13 AIT 6단계-무선통신 시험

마지막 일곱 번째 단계는 발사를 위한 준비 단계로 인공위성을 발사체에 탑재하기 위해 포장하는 단계이다. 인공위성이 손상되지 않도록 충격 흡수장치와 에어컨이 장착된 특수한 컨테이너에 포장되며, 발사체에 탑재하기 위해 이송된다.

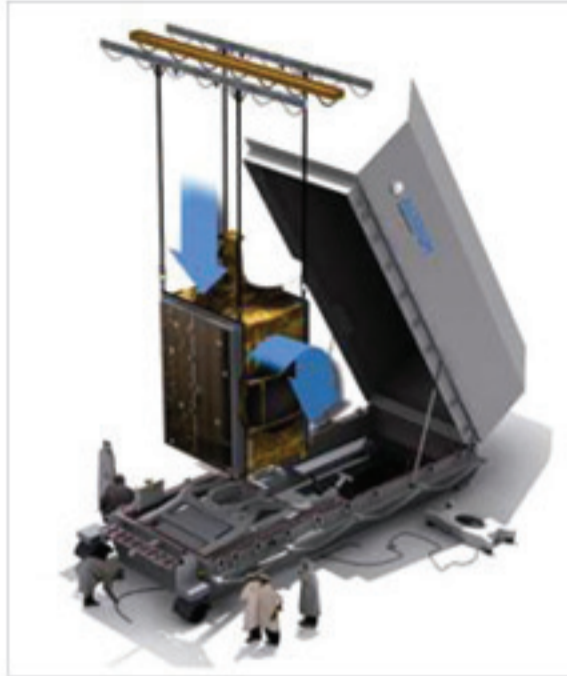


그림 10 AIT 7단계-포장 및 이송

바. 국내 군사통신위성 소개

1) 무궁화 위성 5호

대한민국 최초의 군용 통신 위성으로 군과 Ktsat이 공동으로 관제를 수행하고 있다. 그러나 전시에는 위성체 피탈을 대비하여 군에서만 보유한 특수한 암호화 명령키를 사용하여 군에서 독자 관제를 수행하게 된다. 무궁화 위성 5호는 6개월 단위로 주·부관제로 교대하여 양 기관이 수행하는 것을 기본원칙으로 하고 있다. 무궁화 위성 5호는 2006년 8월 하와이 제도 남쪽 태평양 공해인 서경 154도, 북위 0도(적도 지점) 지점에서 씨런치사의 오딧세이호 위에서 해상 발사되었다. 무궁화 위성 5호는 프랑스 탈레스 알레니아 스페이스에서 개발되었으며, 탑재체의 고출력 증계기가 민간용은 24개, 군용은 12개(536Mbps의 속도)가 장착되어 있다.

2) Kmilsat 1

Kmilsat 1은 대한민국 최초의 군 독자 통신위성으로 2013년 대한민국 정부기관인 방위사업청은 록히드 마틴사로부터 F-35 전투기 40대의 구매 대가로 한국군의 위성통신체계 사업에 위성체 1기를 지원받기로 하였다. 그러나 지난해 9월 록히드마틴사는 군사 통신위성 사업이 우리 정부와 체결한 계약상 비용으로 이행하기 어려워졌다는 이유로 우리 정부에 비용 분담을 요구하며 사업을 중단시켰으나 록히드마틴사에서 제작하는 대신 에어버스 디펜스(Airbus Defence and Space)를 통해 개발에 착수하였다. Kmilsat 1은 에어버스 사의 Eurostar E3000을 기반으로 개발되고 있다. Kmilsat 1은 오는 11월 플로리다에서 Space-X사의 발사체를 통해 발사될 예정이며, 정지궤도에서 임무를 수행할 예정이다.

3. 결론

우주환경에서의 임무는 많은 비용과 오랜 기간의 준비 기간이 소요되며 인공위성이나 발사체와 같은 체계를 개발/생산하기 위해서는 고도의 기술 집중도가 필요하다. 우리나라도 1978년 한국천문연구원의 소백산 천문대 사업을 시작으로 본격적인 우주사업이 시작되었으며, 짧은 역사에도 불구하고 우주개발 투자로 인하여 급속도로 성장하고 있다. 그러나 대부분 민간분야이며 군사 통신위성이나 정찰위성과 같은 군 관련 투자나 기술성장은 아직도 미흡하다. 특히 군사 통신위성은 전시에 다양한 무기체계와 통신할 수 있는 유일한 통신망으로 군 전력에 매우 중요한 역할을 수행한다. 따라서 향후 전자전 등을 대비하여 단계적 계획 수립을 통해 정부의 꾸준한 투자와 전략이 필요하다. 또한 군사 분야의 국내 독자적인 우주개발 역량과 기술력 확보를 위해 군 영역의 우주개발 참여 활성화가 필요하며, 미국이나 프랑스와 같은 우주개발이 활발한 국가와 협력하여 군사 분야에서의 우주 기술 확보가 단계적으로 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

- 1) F-35A 걸출교역 군사통신위성 플랫폼 및 탑재체 교육결과 보고서, 국방기술품질원, 2018
- 2) Introduction to Space Mission by M. Truelle, IAS, 2018
- 3) Space Environment and related effects by M. Maget, compressed, IAS, 2018
- 4) 방사청, 군사통신위성 사업 재추진... 일방적 지연시킨 美업체 짜주기로 논란, 최태범 기자, 2016
- 5) space.skyrocket.de, Lockheed buys military telecom sat from Airbus for S. Korea, 2017
- 6) 국내외 우주산업 동향분석, 융합연구정책센터, 방태웅, 2018
- 7) wikipedia.org
- 8) orbitakdebris.jsc.nasa.gov

미래 사회 뒷받침할 나노 소재 기술



'소재'는 인류의 역사에서 가장 중요하게 다뤄져 왔다. 석기 시대, 청동기 시대, 철기 시대처럼 인류가 사용한 소재가 그대로 인류의 역사를 나타낼 정도이니 말이다. 4차 산업혁명 시대에 이른 오늘날, 혁신적인 소재를 개발하는 일은 더욱더 중요해지고 있다. 과학기술이 빠르게 발전하면서 인류의 삶에 광범위한 변화가 나타나고 있고, 이에 대응하기 위해서는 이전에는 존재하지 않았던 새로운 소재들을 개발해야 하기 때문이다.

『과학향기』(KISTI 제3355호)에서

이런 원천소재는 개발에서 상용화까지 20년 이상이 소요되고 성공 가능성도 매우 낮다. 하지만 한번 개발에 성공하면 장기간 시장을 선점할 수 있어 그만큼 경제에 미치는 파급효과가 크다.

1990년대 중반에 개발된 청색 LED가 대표적인 사례다. 일본은 청색 LED를 개발해 LED 조명과 관련된 새로운 산업들을 창출하고, 세계시장을 점유했을 뿐만 아니라 2014년 노벨물리학상 수상자도 배출했다. 혁신적인 소재가 혁명적인 변화들을 불러일으킨 것이다.

이에 따라 미국, 일본, 중국 등 세계 각국에서 미래 소재 개발에 뛰어들고 있고, 우리 정부도 2015년부터 과학기술정보통신부에서 '미래소재디스커버리 사업'을 통해 미래 소재 연구 개발을 지원하고 있다. 연구자들은 빅데이터나 계산과학과 같은 기존에 없던 새로운 연구 방법과 융합 연구를 활용해 구조·환경, IT, 화학 등 다양한 분야에서 기존에 존재하지 않는 새로운 물성을 구현하는 소재를 개발하고자 노력하고 있다.

슈퍼컴퓨터와 계산과학을 활용해 신소재 개발

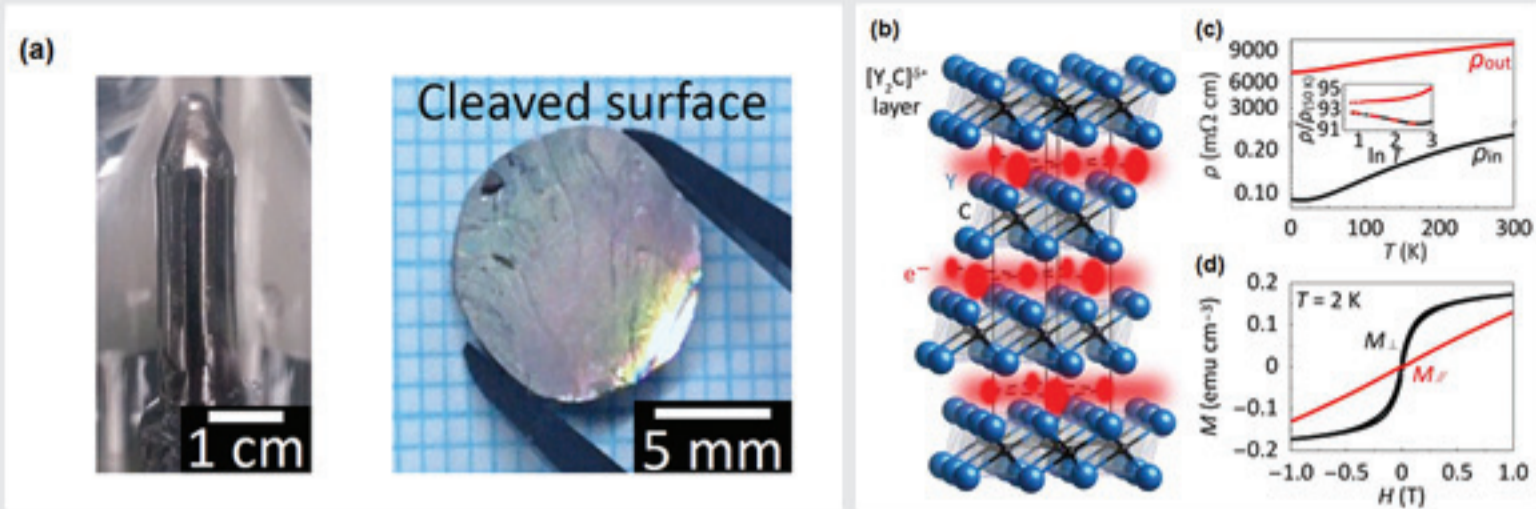
2017년 성균관대학교 에너지과학과 김성웅 교수팀은 세계 최초로 새로운 2차원 전자화물을 합성하는 데 성공했다. 보통의 소재는 원소의 결합으로 이루어져 있고, 구성 원소의 궤도전자에 의해 그 특성이 결정된다. 그래서 구성 원소가 결정되면 해당 소재의 물리적 특성이 예측이 가능하기에 소재 개발의 한계로 여겨진다.

반면 전자화물은 전자가 물질 내의 독립적인

공간에 음이온의 형태로 존재하고 있는 '격자 간 전자'로 이루어진 신개념 재료다. 기존 궤도전자와 다른 격자 간 전자의 배열 및 상태에 따라서 촉매, 전자방출, 자성 소재 등 다양한 분야에서 응용이 기대되는 차세대 물질이다. 하지만 1983년 처음 발견된 후로 현재까지 실제 10여 종의 소재만 합성됐다.

연구팀은 슈퍼컴퓨터를 활용한 초고속, 대량 계산을 통해 원소의 종류와 조성비만을 입력한 상태에서 2차원의 전자화물이 되는 6개의 물질을 찾아냈다. 이를 바탕으로 연구팀은 자성이 없는 원소들만을 이용해 세계 최초로 자성을 보이는 전자화물을 합성하는 데 성공했다. 이 전자화물은 격자 간 전자가 2차원 공간에서도 완전히 퍼지지 않고 자발적으로 모여 있는 새로운 배열 상태를 보였다. 연구팀은 격자 간 전자가 정렬돼 있어 자성을 띠지 않는 원소임에도 자석의 역할을 한다는 사실도 알아냈다.

연구를 이끈 김성웅 교수는 "기존의 자기 소재는 지구상에 희귀한 고가의 희토류 원소가 쓰였는데, 보존량이 풍부하고 자성이 없는 값싼 원소들로 이루어진 자성 소재를 개발했다는 점에서 큰 의미가 있다"고 설명했다.



김성용 교수팀이 개발한 Y₂C 전지화학물의 실물 사진과 결정 구조. (출처: 미래창조과학부 보도자료 2015. 08. 04)

2018년 포스텍 신소재공학과 김형섭·손석수 교수 연구팀도 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 영하 196도의 극저온을 견디는 초고강도의 고엔트로피 합금을 세계 최초로 개발했다.

'고엔트로피 합금'은 철강, 알루미늄 합금과 같은 기존의 합금과 달리 다섯 가지 이상의 구성원소가 비슷한 비율로 이루어진 합금이다. 일반적인 합금은 원소가 많아질수록 소재의 기계적 성질이 취약해지지만, 고엔트로피 합금은 극저온에서도 강도 및 연성이 높아 우주로켓부터 극지방용 선박, 액체 가스 운반 용기 등 극한 환경에서 사용할 수 있는 구조재료로 매우 각광받고 있다.

연구팀은 열역학 계산을 통해 바나듐(V), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe), 코발트(Co), 니켈(Ni) 등이 섞인, 기존에 없던 새로운 조성의 합금을 찾아냈다. 그리고 실제로 합금을 제작해 우수한 기계적 물성을 지니는 합금을 개발하는 데 성공했다. 연구팀이 개발한 고엔트로피 합금은 2018년 국가연구개발 우수성과 100선에 선정됐으며, 다양한 극한 환경 구조재료 산업에 무궁무진한 잠재력을 가지며 크게 활용될 것으로 전망된다.

4차 산업혁명을 이끌 차세대 메모리 소재 개발

IT 분야에서도 4차 산업혁명 시대를 열어갈 새로운 소재들이 개발되고 있다. 특히 차세대 메모리 개발 분야에서 선두를 달리고 있다.

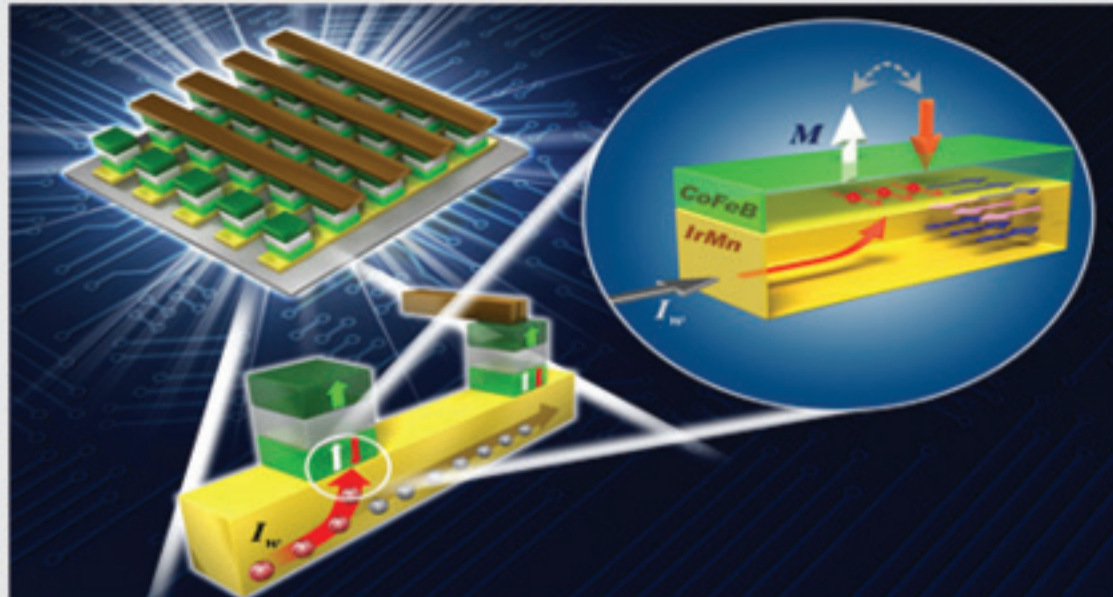
현재 우리가 쓰는 컴퓨터 메모리는 미리 저장해 두지 않으면 전원이 꺼졌을 때 정보가 모두 사라진다.

메모리가 전기 없이는 정보를 유지할 수 없는 휘발성 메모리이기 때문이다. 그러나 최근 모바일과 사물인터넷(IoT) 사용이 늘면서 저전력, 고집적, 고속, 그리고 비휘발성을 가지는 메모리 소자의 필요성이 점차 대두되고 있다.

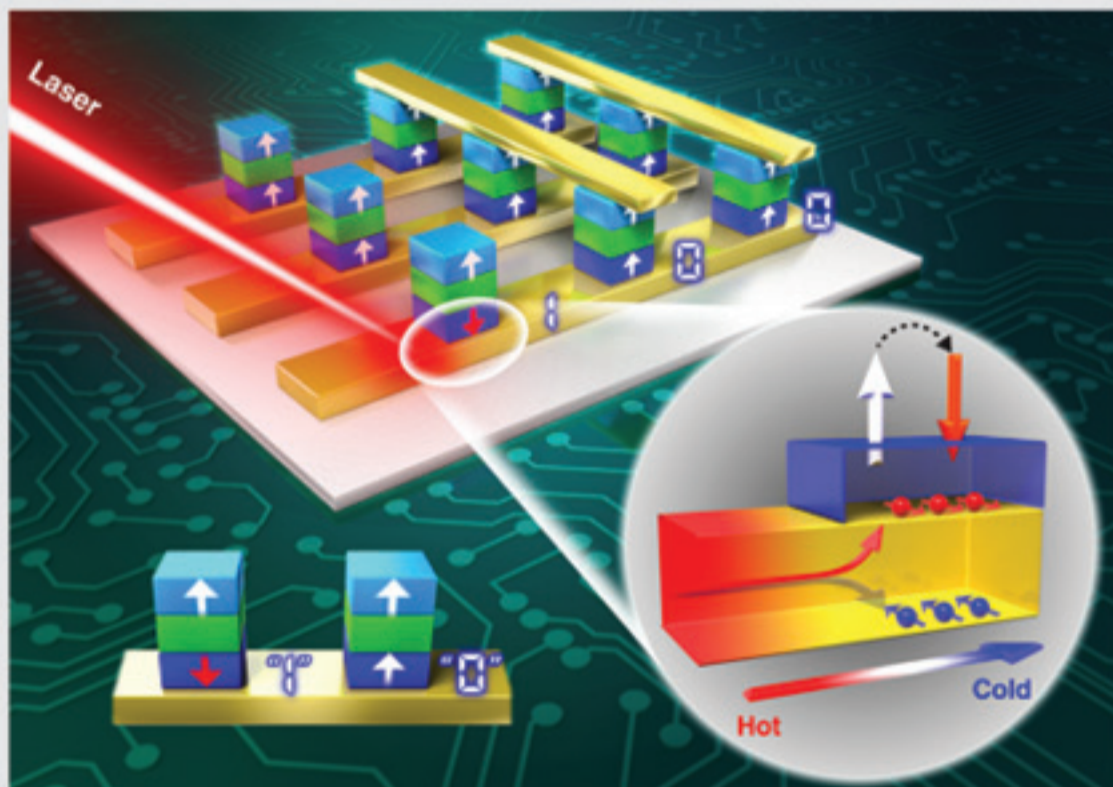
2017년 한국과학기술원(KAIST) 신소재공학과 박병국 교수와 고려대학교 신소재공학과 이경진 교수 공동 연구팀은 차세대 메모리로 꼽히는 '자성메모리(MRAM)'의 동작 속도를 높이고 동시에 집적도(데이터 용량의 크기)도 높일 수 있는 소재를 개발하는데 성공했다. 자성메모리는 기존 메모리와 달리 얇은 자성 박막으로 만들어지고, 외부 전원 공급이 없어도 저장 정보가 유지되는 비휘발성 메모리다. 속도도 빠르고, 집적도도 높아 메모리 패러다임을 바꿀 새로운 기술로 전 세계 여러 반도체 업체에서 개발 경쟁을 벌이고 있는 차세대 메모리다.

연구팀은 전자의 스핀과 궤도 간의 상호작용을 이용하는 스핀궤도토크 기반 자성메모리에 이리듐-망간 합금을 새로운 소재로 도입했다. 기존에는 정보 기록을 위해 백금이나 텅스텐을 사용해 외부 자기장을 걸어주어야 하는 제약이 있었는데, 연구팀이 도입한 이리듐-망간 합금을 사용하면 외부 자기장이 없어도 10배 이상 빠른 속도로 동작하고, 높은 집적도를 가질 수 있었다. 이를 통해 기존 메모리보다 10배 이하로 전력 소모를 낮출 수 있어 모바일 기기, 웨어러블 기기, 사물인터넷용 메모리 등으로 활발하게 응용될 전망이다.

같은 해 박 교수 연구팀은 스핀궤도토크 외에도



이리튬-망간 합금을 도입한 스핀궤도토크 기반 자성메모리의 개략도. (출처 : 미래청조과학부 보도자료 2016. 07.14)



열로 동작하는 자성메모리의 개략도. (출처 : 미래청조과학부 보도자료 2016. 07.14)

열로 스핀전류를 발생시키는 소재를 개발했다. 스핀 전류는 전하가 이동하는 일반적인 전류와 달리 전자의 고유 특성인 스핀이 이동하는 현상이다. 연구팀은 텅스텐과 백금 소재를 활용해 열에 의한 스핀 전류를 측정해내는 방식을 개발해 이론적으로만 예측되던 현상을 처음으로 실험적으로 증명하기도 했다. 박 교수는 “추가 연구를 통해 이를 자성 메모리의 새로운 동작 방식으로 개발할 계획”이라고 말했다.

이외에도 2017년 KAIST 신소재공학과 이건재 교수팀이 빛과 은 나노와이어를 이용해 만든 휘어지는 투명전극, 2018년 서울대학교 재료공학부

남기태 교수팀이 세계 최초로 개발한 거울상 대칭 구조를 가진 금 나노입자, KAIST 화학과 김형준 교수와 전기및전자공학부 장민석 교수 공동 연구팀이 제시한 고효율의 태양에너지 변환율을 갖는 친환경 무기물 페브로스카이트 소재 등 다양한 분야에서 새로운 소재들이 개발되고 있다. 앞으로도 꾸준하고 안정적인 연구가 뒷받침되어, 미래 소재 시장을 이끌어가는 한국의 모습을 그릴 수 있길 희망한다.

글 오혜진과학칼럼나스트
지원국가나노기술정책센터

일러스트 이명현 작가

해외기술단신

지휘통제·통신 | 감시정찰 | 기동 | 화력 | 함정 | 항공 | 방호·유도무기

지휘통제·통신 - 지휘정찰연구1팀 선임연구원 이호균

미 DARPA, 언어를 이해하는 AI 및 기계학습 체계 개발 추진



미국 DARPA, 근거 기반 인공지능 언어 습득 사업 공고 발표

미국 연구원들이 영어로 된 글과 말을 바로 이해할 수 있는 컴퓨터 개발을 추진하고 있다. 이들은 어린이가 언어를 배우는 것과 마찬가지로 시청각 신호를 통해 언어를 학습할 수 있는 인공지능(AI) 시제품을 개발할 예정이다.

미국 DARPA는 지난 3월 마지막 주에 근거 기반 인공지능 언어 습득(GAILA²) 사업 공고(DARPA-PA-18-02-06)를 발표했다. 이 사업의 목표는 정보를 자동화된 분석에 사용하기 더 쉬운 형태로 만들기 위해 영어로 된 말과 글을 이해하는 방법을 학습할 수 있는 근거 기반 언어 습득 모델과 자동화된 언어 습득 시제품을 개발하는 것이다.

연구진의 설명에 따르면, 어린이는 소리와 이미지 지각을 바탕으로 언어를 습득하며 움직이는 이미지와 해당하는 소리를 연결하는데, AI 및 기계학습 체계가 필요로 하는 사례보다 훨씬 적은 양의 사례를 이용한다고 한다. 어린이는 정보 배열, 단어 형태 변형, 기타 정보를 이용해 자신이 배운 것을 더 세세하게 분류한다. AI 컴퓨터가 어린이처럼 언어를 학습할 수 있다면 컴퓨터의 기계번역, 정보검색, 고유명사 탐지, 이벤트 탐지, 지식기반 생성 능력이 크게 개선될 것이다.

오늘날의 AI 및 기계학습 컴퓨터는 훈련을 위해 엄청난 양의 주석 데이터가 필요하여 정확성을 보장하기 어렵다. 게다가 현재의 기계학습 기술로는 새로운 데이터 원본, 주제, 매체, 어휘를 다룰 수 없다.

DARPA 연구진은 업계에 이전과는 다른 컴퓨터 시제품 개발을 요구하고 있다. 이는 언어 기술이 없는 상태에서 시작하여 실제 장면, 이미지, 동영상을 통해 관련한 글과 말을 배우는 컴퓨터이다. 이 시제품은 논리와 어림짐작, 추론을 이용하여 이전에 본 적이 없는 물체, 관계, 이벤트를 묘사하게 된다. 이 컴퓨터는 계속 진화하면서 점점 더 복잡한 이벤트와 관계를 묘사할 수 있게 될 것이다.

GAILA 사업은 기존의 의미론 및 언어학습 연구와는 근본적으로 차이가 있다. 어떤 이벤트 전후 및 이벤트 도중에 경험한 바를 묘사하는 데 시각 신호를 사용할 것이기 때문이다.

이 시제품은 학습 단계에서 글과 말을 받아들이고 내부적 언어 표현을 구축할 수 있어야 한다. GAILA 소프트웨어는 이전에 본 적이 없는 것이 담긴 이미지, 동영상 또는 가상의 시각적 장면을 받아들여 핵심적 요소를 포착한 영어로 된 묘사를 생성할 수 있어야 한다.

출처 militaryaerospace.com (2019. 4. 1.)

해설

알파고와 같은 혁신적인 성과를 보인 딥러닝 기법을 넘어설 수 있도록 설명 가능한 인공지능 등 새로운 인공지능 기법이 민간과 군에서 활발하게 연구되고 있다. 군에서는 지휘통제체계, 인공지능 기반 사이버 전장관리체계 등에 적용하기 위해 인공지능 분야에 핵심기술 연구개발을 추진중이다.

지휘통제·통신 - 지휘정찰연구1팀 선임연구원 이호균

미 GAO, F-35 전투기의 사이버 취약성 지적



F-35 유지 및 운용에 있어 필수적인 자동군수정보체계(ALIS)

F-35 전투기 중 일부가 해킹 또는 기타 악성 활동에 취약하며, 이는 전투기의 작전 가용성에 영향을 미칠 수 있다는 보도가 나왔다.

F-35의 다양한 수집 정보는 최신 전술통신 기술을 통해 해군 함정, 지상기반 지휘센터 그리고 기타 항공기를 포함한 전장 내 다양한 노드로 전송되게 된다.

F-35의 군수체계를 통해 전 세계 운전자들은 중요 플랫폼 데이터를 공유하며, 60개 이상의 앱을 사용해 훈련, 정비, 광범위한 공급망 관리 등을 수행할 수 있다.

자동군수정보체계(ALIS³)로 알려진 이 체계는 첨단 전투기를 위한 효과적인 전력관리 중추로서의 역할을 수행한다. ALIS는 F-35 유지 및 운용에 있어 필수적이다. 전력관리를 위해 복합체계적 접근 방법이 채택된 ALIS는 정비, 공급망, 지속 유지 관련 정보를 단일 관리 도구에 연결해 모든 F-35 전투기 운용을 지원한다.

ALIS는 특히 지상 기술요원들이 예방조치를 포함해 전투기 관련 문제를 식별하도록 지원하며, 필요시 소프트웨어 수정사항을 전송한다. 통상적으로 정비사들은 군용 랩탑 컴퓨터를 사용하여 F-35 데이터를 다운로드하게 되는데, 이러한 데이터는

각 대대에 위치한 중앙 서버에 저장되어 있다가 중앙진입점(CPE⁴)으로 전달된다.

이 데이터는 이후, F-35 전투기의 모든 데이터가 저장되어 있는 텍사스주 포트워스(Fort Worth) 소재 록히드마틴사의 자동군수운영장치(ALOU⁵)로 전달된다.

F-35 전투기 사이버보안: 장애점

그러나 ALIS 실용화 이후 1년이 지난 시점에서 미 회계감사원(GAO⁶)에 따르면, ALIS 운용과 관련해 보안 우려가 제기됐다고 한다. 보안 우려는 특히 비밀 서버 및 평문 서버 간 데이터 전송 시 그리고 CPE 및 ALOU가 단일 장애점(SPOF⁷)이 될 수 있다는 점과 관련된다.

ALIS를 둘러싼 가장 큰 우려사항은 이 체계가 너무 많이 상호 연결되어 있고, 전 세계 모든 F-35 사용자들의 정보를 전달받기 때문에 해커가 공격을 시도할 수 있는 많은 진입점들이 있을 수 있다고 국제전략문제연구소(IISS⁸) 군사공역담당 더글라스 배리 선임연구원은 밝혔다.

이 사업에 참여하고 있는 미국 관계자들 또한 이러한 우려에 공감을 표시했다.

2012년 보도에 따르면, 미 해군 특수 해커팀이 ALIS 침투 시도에 성공했으며, 이를 계기로 록히드마틴사는 ALIS에 대한 사이버방어대책을 강화하지 않으면 안 되었다고 한다. 그러나 여전히 많은 프로그램들은 전 세계 다양한 노드에 걸쳐 데이터를 공유하는 방식으로 운용되고 있기 때문에 중국, 북한, 러시아 등과 같은 여러 국가들의 점증하는 사이버활동의 표적이 될 수 있다는 점에서 지속적인 보안경각심이 요구되는 실정이다.

해설

가령 F-35 전투기의 경우, 이들 취약한 노드 중 하나에 악성 공격이 이루어지면, ALIS 및 기타 체계가 상호 연결되어 있기 때문에 전세계 네트워크가 영향을 받게 된다. 만약에 주요 소프트웨어 업데이트가 불가능하게 되고, 부품을 주문할 수 없을 경우 정상적인 유지보수에 차질이 빚어지게 되며, 이는 전투기를 한 동안 운용할 수 없게 되는 사태가 초래될 수 있음을 의미하게 된다.

비록 비행 상태에서는 F-35 스텔스 기능 무력화가 거의 불가능하다고 할지라도, 적어도 F-35 이륙을 막으려는 시도가 적성국가 정예 해커들에 의해 감행될 수는 있다.

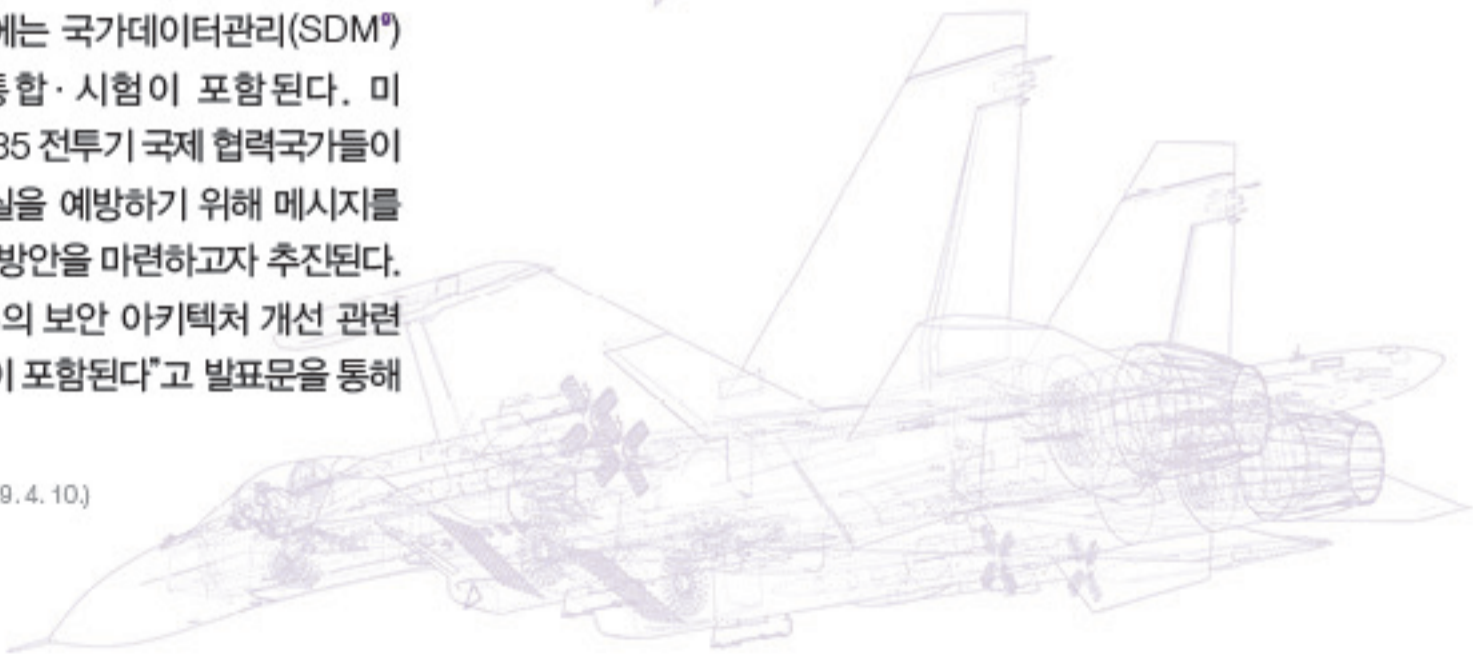
F-35는 지난 3월부터 우리나라에 도입되기 시작한 전략자산으로 F-35 자체에 대한 사이버 방호 능력뿐만 아니라 F-35 운영/유지보수와 관련된 관리 지점에서도 사이버 취약점이 없어야 할 것이다. 사이버보안 안전도는 전체 업무 사이클 중 가장 취약한 지점에 의해서 결정되는 만큼 상대적으로 소홀히 다룰 수 있는 운영/유지보수 지점에서의 사이버 취약성에 대해서도 대비가 필요하다.

진화하는 사이버 위협으로부터 F-35 전투기 방호

2018년 10월, GAO는 국방부가 점점 더 정교해지고 있는 사이버공격으로부터 무기체계 방호에 큰 어려움을 겪을 수 있다는 내용의 보고서를 발표했다. 이 보고서는 "자동화와 연결성은 국방부가 군사능력을 현대화하는 데 있어 기본적인 지원 요소이다. 그러나 오히려 이러한 것들 때문에 무기 체계들이 사이버 공격에 더욱 취약해질 수 있다"고 지적했다.

2018년 8월, 록히드마틴사는 ALIS 보안 아키텍처 3단계 사업을 위해 2,600만 달러 규모의 계약을 수주했으며, 계약 내용에는 국가데이터관리(SDM[®]) 체계의 설계·개발·통합·시험이 포함된다. 미 국방부는 "이 사업은 F-35 전투기 국제 협력국가들이 국가의 중요 데이터 상실을 예방하기 위해 메시지를 검토 및 차단할 수 있는 방안을 마련하고자 추진된다. 또한 이 사업에는 ALIS의 보안 아키텍처 개선 관련 연구 및 권장 사항 도출이 포함된다"고 발표문을 통해 밝혔다.

출처 defence.nridigital.com (2019. 4. 10.)



감시정찰 - 지휘정찰연구1팀 연구원 강현준

이스라엘 해군, 시걸 USV에 HELRAS 견인식 음탐기 통합 완료



HELRAS 음탐기가 시걸에 성공적으로 통합됐다.

이스라엘 해군은 2019년 2월 7일 HELRAS¹ 음탐기를 통합한 시걸(Seagull)에 대한 해상 수락시험이 이스라엘 하이파(Haifa) 항구에서 실시했다.

이스라엘의 엘빗 시스템스사는 시걸 다중임무 무인수상정(USV²)에 L3 Technologies사의 HELRAS 능동 저주파 견인식 음탐기(Dipping Sonar)를 성공적으로 통합했다.

시걸은 엘빗사가 개발한 길이 12m의 모듈식 USV로서 모함 또는 연안기지에서 운용할 수 있다. 임무 지속 시간이 96시간 이상인 이 USV는 기뢰 대항책(MCM³), 대잠전(ASW⁴), 수로측량, 전자전, 해양경계 등의 임무에 특화된 모듈식 탑재체 패키지를 비롯해 고도로 자율적인 핵심 지휘통제/상황인식 장비를 갖추었다.

HELRAS 음탐기는 USV 선체내부 갑판인 '문풀(moonpool)'에서 운용되며, 최신 센서/탐지 장비로서 시걸 체계에 통합됐다. 엘빗사에 따르면, USV에 견인식 음탐기를 탑재 운용함으로써 작전 운용시간이 상당히 증가되며, ASW 탐지능력 및 효과성이 크게 개선된다고 한다.

엘빗사는 일찍이 경어뢰 발사기를 시걸에 통합하여 2016년 중반 시험발사를 실시하여, 경어뢰 설치·발사 능력을 입증해 능력 범위를 확대할 수 있는 계기가 됐다고 한다.

시걸 개발·시험은 종전에 MCM 탑재체에 중점을 두어, 엘빗사는 R2Sonic 전방감시 음탐기, 클라인(Klein) 5900 예인 다중빔 측면주사 음탐기, ECA H800 원격무인처리기(ROV⁵), ECA K-ster 기뢰처리기 등을 성공적으로 통합했다. 또 엘빗사는 크라켄사의 KATFISH 합성 개구 음탐기 체계를 탑재해 해상 시운전을 실시했다고 2018년 12월 발표했다.

시걸은 2017년 6월, 벨기에가 실시한 북해 MCM 시험의 일환으로 제브뤼헤(Zeebrugge) 앞바다에서 자율적인 종합 무인 MCM 임무를 수행했다. 시걸은 또한 2017년 말 하이파 앞바다에서 이스라엘 해군과 영국 해군이 공동 실시한 합동 MCM 연습에도 참가했다.

출처 janes.ihs.com (2019. 2. 8.)

해설

이스라엘의 엘빗 시스템스사가 개발한 시걸(Seagull) USV는 비용 및 능력 면에서 해상 기뢰 및 잠수함 위협으로부터 중요한 해역과 고가치 자산을 방호하는 임무분야에 매우 효과적이라고 판단되고 있다. 시걸 USV 견인식 음탐기 외에도 경어뢰, 전방감시, 다중빔 측면주사 음탐기, 기뢰처리기 등을 성공적으로 통합한 바 있으며, 이스라엘 해군에 이미 도입되어 운용 중이다.

감시정찰- 지휘정찰연구1팀 연구원 강현준

미 록히드마틴사, 미 육군 다기능 전자전사업을 위해 'Silent CROW'체계 개발 예정



그레이 이글 UAS에 탑재된 Silent CROW 포드 체계 상상도

록히드마틴사가 최근 미 육군 다기능 전자전체계(MFEW[®]) 사업과 관련해 'Silent CROW' 포드 체계 공급 계약을 체결했다. 록히드마틴사는 그레이 이글(Gray Eagle) 그룹 4 무인 항공체계(UAS⁷)를 목표로 하는 사업 중 MFEW 계열 MFEW AL(Air Large) 구성품인 EW 포드 체계를 설계, 개발, 검증하는 1,800만 달러 규모의 계약을 수주했다고 1월 말 발표했다.

록히드마틴사는 'Silent CROW' 포드 체계 공급 계약이 미군의 전자전(Electronic Warfare, EW)/사이버 공격 능력에 대한 관심이 증폭되고 있는 것을 방증한다고 밝혔다. Silent CROW는 개방형 아키텍처 체계로서 상이한 공중 및 지상 플랫폼용으로 제작할 수 있다. 이 체계를 도입할 경우 미군 병사들은 다양한 전자 및 사이버 기술을 통해 적의 전자체계를 교란, 거부, 저하, 기만, 파괴할 수 있다고 한다.

록히드마틴사 존 워나르 이사는 "MFEW AL이 탑재될 플랫폼으로는 그레이 이글과 같은 그룹 4 UAS이다. 그러나 이 적용기술은 다중영역 작전을 위한 모든 종류의 전자전, 정보전, 사이버전, 우주전 능력에 효과적으로 활용될 수 있다"면서 해당 분야에

대한 증대되고 있는 관심을 반영해 체계 개발을 추진한다고 한다.

미 육군 전자전·사이버담당 사업관리자에 따르면, 각 단계별 18개월 일정으로 2개 단계의 순차적인 사업으로 진행된다고 한다. 1단계에서는 시제품 1대를 제작하며, 이를 대역 항공기에 장착해 항공 전자공격/전자지원 능력을 시연할 예정이다. 1단계가 성공적으로 완료되면, 2단계에서 체계 4대를 제작해 그레이 이글 UAS에 통합한다는 계획이다. 2단계 사업자 선정은 2020 회계 연도 기준 1분기로 예정되어 있으나, 육군은 보다 빠른 시일인 2019 회계 연도 기준 4분기 정도에 이 능력을 확보하기 위해 가급적 사업에 속도를 낼 수 있는 방안을 모색 중이다.

출처 janes.ihs.com (2019. 2. 14.)

해설

이번 계약 체결은 고조되고 있는 위협 속에서 각국 군이 전자전/사이버 공격 능력에 점점 더 큰 관심을 보이고 있으며, 특히 미군의 전자전/사이버 공격 능력에 관심이 증폭 되고 있음을 시사한다. Silent CROW와 이와 유사한 기술은 향후 수년 이내 전자전, 정보전, 사이버전, 우주전 등 다양한 작전영역 플랫폼에서 활용이 증가할 것으로 전망된다.

기동-기동화력연구1팀 책임연구원 조원섭

프랑스 육군 VBL 성능개량 울티마 경장갑차량 개발



프랑스 육군 VBL 울티마 경장갑차량

아르쿠스(Arquus) 컨소시엄은 파나르사의 VBL (Véhicule Blindé Léger) 개량형 경장갑차량을 프랑스 육군에 2019년 하반기에 인도할 예정이다.

아르쿠스 컨소시엄은 2018년 중반에 ACMAT사, 파나르 방산, 르노 트럭 방산의 합자회사로 출범했다. 파나르 방산은 VBL을 1988년 최초 생산하여 프랑스 육군에 납품한 바 있다. 금번에 성능개량된 경장갑차량은 VBL 울티마로 명명되었다.

프랑스 병기 본부는 아르쿠스 컨소시엄과 2017년 계약을 체결하고 VBL 시스템 시연 차량 및 VBL 울티마 경장갑차량에 대한 광범위한 시험을 2년간 실시하였다.

VBL 울티마는 최초 VBL 대비 95마력 디젤 엔진을 130마력으로 증대하고 ABS¹ 브레이크 시스템 채용, 전후방 서스펜션 등을 개선하였다.

VBL 울티마는 총중량이 4.4톤에서 5.1톤으로 증가되었고 수상운행능력을 포기하였다.

성능개량된 VBL은 앞으로 프랑스 육군 스콜피온 전투정보시스템(SICS²)을 채용할 예정이고 미래에 탈레스 접속 무전기를 장착할 예정이다. 탈레스 접속 무전기는 차량 기반 모델로서 VHF, UHF 밴드를

사용하며 프랑스 육군의 표준 장비로 채택될 예정이다.

프랑스 육군은 2010년까지 총 1621대의 VBL을 전력화했고 2030년까지 장비 수명을 연장하기 위하여 800대의 VBL을 성능개량할 예정이다.

출처 janes.ihs.com (2019. 5. 25)

해설

프랑스 육군은 장기적으로 VBAE(Véhicule Blindé d'Aide à l'Engagement)로 불리는 4x4 수색차량으로 VBL을 대체할 계획이다. 이는 현재 생산에 들어간 그리폰(Griffon) 6x6 병력수송 장갑차(Armoured Personnel Carrier, APC) 기반의 120mm 자주박격포와 신형 차륜형 전투공병차량과 함께 전력화될 것으로 예상된다. 아르쿠스 컨소시엄은 예상되는 VBAE 수요를 충족시키기 위하여 스카라베(Scarabee) 4x4 경전술차량을 개발했다.

기동-기동화력연구1팀 책임연구원 박정운

미 해병대, 도심전투 기술 실험 준비 중

미 국방부가 도심전투 기술 연마를 추진함에 따라, 미 해병대가 2019년 8월부터 2023년까지 일련의 실험에 사용할 성숙·신규 기술을 찾고 있다.

4월 15일 연방정부 입찰 사이트 FBO³에 게시된 제안요청서에서, 미 해병대 전투실험실(Warfighting Laboratory)은 업계와 학계에 2019년 밀집도심작전 제한목표실험(DUO LOE⁴)을 위한 다수 기술 제안을 요청했다. 이 실험은 오는 8월 인디애나주 머스카타덕 도심훈련센터(MUTC⁵)에서 진행될 예정이다.

해병대는 "이 실험은 전투원에게 복잡한 도심 환경에서 인간 차원에서 감지, 결심/행동 속도, 치명성 관련 체계를 향상시키는 새로운 기술 및 설계 혁신의 작전 유용성을 평가할 기회를 제공한다"며 "실험의 목표는 근접전투를 벌이는 전투원에 초점을 맞춰 해병대 소총중대 및 그 하위 단위를 지원하는 기술 개선을 이루는 것"이라고 밝혔다.

2023년 8월까지 이어질 "점진적인 일련의" 실험 중 첫 번째 실험이 될 것으로 예상되는 올해의 DUO LOE는 해병대 소총중대에 전투원의 근접전투 작전 참여를 지원하는 다양한 "기술 개선"을 제공하도록 되어 있다.

해당 기술과 관련하여, 해병대는 위협 감지 및 위치확인, 치명성, 지휘통제(C2), 기동성이라는 네 가지 핵심분야를 명시했다.

위협 감지 및 위치확인 분야의 경우, 예를 들자면, 미 해병대는 "도심 지역사회가 기능하는 방식의 모든 측면을 온전하게 이해하면서 도심 환경 내에서 우군과 적군, 중립 행위자의 능력과 의도를 파악·감시할 수 있는" 기술을 원한다. 그러한 신규 기술에는 물리적 사물의 지속적·일화적 감지·분류·식별과 안면인식 및 생체인식 등이 포함될 수 있다.

치명성 분야에서, 해병대는 도심 구조물에 "침투"

할 수 있는 "대량 및 정밀 화력 솔루션" 양쪽 모두를 위한 다양한 운동성·전자·사이버 무기를 찾고 있다. 미 해병대는 "장비와 인력, 전자기 스펙트럼을 무력화·훼손·파괴하고 사이버 경쟁이 심한 환경에서 체계 및 인력 엄폐를 제공할 수 있는 능력이 필수적"이라고 설명했다.

C2 분야의 경우, 해병대는 도시에서 여러 부대가 분산되어 작전을 수행할 때 이를 뒷받침할 기술을 원한다. 이러한 부대는 예를 들어 "우군과 적군, 그리고 지역 주민"을 표시하고 사용자 정의 도표를 제공하며 명령을 지원하고 다른 추가 기능도 갖춘 공통 작전 상황도를 "필요로 할" 것이다.

마지막으로, 기동성 분야에서 해병대가 원하는 것은 해병들이 도시에서 포화를 뚫고 이동할 수 있으며 도심 협곡을 통과하여, 즉 구조물과 벽을 넘고 건물과 지하 통로를 거쳐 이동할 수 있게 하는 것이다.

해병대는 "전투원에게는 여러 층으로 된 구조물 내부를 아래에서 위로, 위에서 아래로 정리하고 그러한 구조물 내외부에 입구로 사용할 구멍을 만들 수 있는 능력이 필요하다"고 밝히고는 "이러한 환경에서 이동성을 위한 핵심 고려사항은 복잡한 지형에서 이동하면서도 체계를 운반 또는 휴대할 수 있는 능력"이라며 "도심전투에 적용되는 기술은 개별 해병 또는 해군 병사의 기동을 지원해야 하며 이를 방해하거나 제약해서는 안 된다"고 지적했다.

그에 따라, 미 해병대는 "우호적 특징을 감출" 수 있거나 잠재적 적이 해병의 특징을 식별하는 것을 방지할 수 있는 기술을 찾고 있다. 기동성 기술에는 그 외에 적 센서, 급조폭발물 같은 위협을 찾도록 설계된 정보·감시·정찰 기술과 전자돌파능력도 포함된다.

이러한 기술 솔루션 제안에 관심이 있는 업체 및 학계는 5월 15일까지 제안요청서에 답할 수 있다.

해설

8월 실험용으로 선정될 경우, 해당 능력은 “더 복잡한 시나리오 및 환경”을 포함한 향후 실험에도 참여하도록 지정될 수 있다.



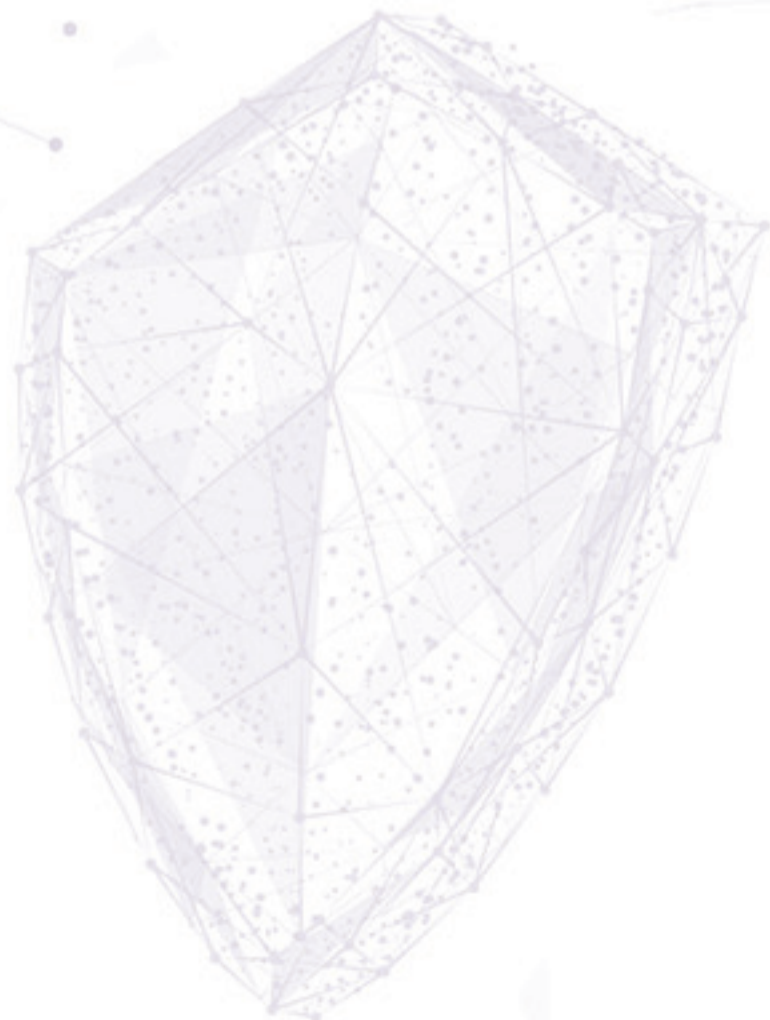
미 해병대 전투실험실의 MUM-T LOA
(Manned and Unmanned Teaming Limited Operational Assessment)

출처 janes.ihs.com (2019. 4. 18.)

도심전투 기술을 찾고 있는 것은 미 해병대만이 아니다. 지난 1월, 미 육군 역시 올해부터 2020년까지 이어질 일련의 군수품 실험 (Materiel Experiment, MATEx)을 위해 업계와 학계에 기술 제안을 요청했다.

육군은 제안요청서에서 “이 실험에서는 필요한 조건 및 난관 달성을 위해 다중영역/다차원 내에서 다양한 밀집 도심 스트레스 요인을 제공하고자 한다”고 밝혔다.

육군은 이어서 “MATEx에서 추구하는 바는 기존 또는 신규 군수품 능력에 스트레스를 가해 새로운 복잡한 환경 및 위협과 관련하여 해당 능력의 작전상 가치를 시연함으로써 향후 요구조건에 참고할 정보를 얻고 신규 격차를 파악하는 것”이라고 설명했다.



화력-기동화력연구1팀 선임연구원 조희진

호주 EOS-이스라엘 엘빗시스템스사, 모듈형 중구경 포탑 T2000 개발



모듈형 중구경 포탑 T2000

호주 EOS사와 이스라엘 엘빗시스템스사는 모듈형 중구경 포탑을 공동 개발했으며, 이 포탑은 경정찰차량 및 중보병전투장갑차 등 다양한 플랫폼에 적용이 가능하다.

EOS사에 따르면, 호주 Avalon 에어쇼 및 방위 박람회(2019)에서 공개된 T2000 포탑은 통합된 솔루션을 제공하며, 첨단 기술을 포함하고 있다.

EOS사 벤그린 대표이사가 제인스사에 “포탑 개발을 위해 양사의 최고 기술이 동원됐다”며 “T2000은 전례를 찾아볼 수 없는 통합 솔루션으로, 모든 요소가 처음부터 일체형으로 제작되어 장비를 추가할 필요가 없다”고 했다.

주요 무장으로는 25mm~50mm 화포, 7.62mm 또는 5.56mm 동축기관총, EOS사의 R400S Mk 2 HD 원격조종무장장치(RWS¹)가 있으며, 이 RWS에는 M230LF 30mm 경량화포를 포함한 무기를 장착할 수 있다. 또 다른 RWS인 EOS사의 R150은 5.56mm~12.7mm 기관총으로 무장할 수 있다.

또 그린 대표이사에 따르면, 충격의 영향을 받지

않는 통합 발사기는 재블린(Javelin) 1발 또는 스파이크(Spike) LR2 대전차미사일 2발을 발사할 수 있다고 한다. 또한 다른 포탑과 달리 아이언 피스트(Iron Fist) 능동방어장치(APS²) 발사가 이들 미사일의 운용태세에 영향을 미치지 않는다고 한다.

다른 특징으로는 엘빗사의 투시 장갑체계, 통합 주간용 카메라, 열상 및 레이저 거리측정기, 360° 레이저 경고체계, 무인항공체계(UAS³) 전개 및 운용을 위한 UAS 관리 포트, 능동 탐지를 위해 APS 레이다를 사용하는 무인항공기 대응체계 등을 들 수 있다.

무기, 미사일, APS, RWS, 탄약 전체를 포함한 이 포탑의 전투중량은 2,000kg~6,000kg이다. 또한 이 포탑은 유인모드 뿐 아니라, 차체 관통 없이 무인모드로 운용이 가능하다.

EOS사는 호주에서 이 포탑을 제작할 예정이며, 호주의 공급 체인은 포탑 수요를 충족시키기 위해 점차 확장할 예정이다.

출처 1. janes.ihs.com (2019. 3. 5.)

2. defpost.com (2019. 3. 23.)

해설

T2000은 EOS사의 공통 사용자 인터페이스를 사용하기 때문에 EOS RWS 훈련을 이미 받은 운용자는 간단한 소정의 훈련 과정을 거치면 바로 T2000을 운용할 수 있다.

화력-기동화력연구1팀 연구원 김진현

브라질, 아르마딜로 TA-2 70mm 로켓발사기 인증시험 예정

브라질 매키지두스트레지데페사사가 개발한 아르마딜로 TA-2 70mm 이동식 전술로켓발사체계 시제품을 대상으로 리우데자네이루 소재 브라질 육군평가센터(CAEx⁴)가 올해 말 인증시험을 실시할 예정이다.

아르마딜로 TA-2 체계는 AM 제너럴사의 개량형 M1152 차륜형 고기동 다목적 전술차량(HMMWV)에 탑재되었으며, 새로 제작한 4×4 전술차량에 설치하거나, 기존에 배치되어 사용 중인 차량을 플랫폼으로 할 수 있도록 설계됐다.



HMMWV 탑재 아르마딜로

TA-2 발사체계에는 상부에 설치됐고 완전히 접을 수 있는 전천후 360° 발사 플랫폼을 수용할 수 있도록 특별히 설계한 임무체계 몸체, SYT사의 후방 설치 신축식 마스트 장착형 장거리 전자광학 관측체계(고해상도 주간 카메라, 열상 카메라, 10km 거리에서 표적을 지정할 수 있는 레이저 거리측정기 등으로 구성), 연막탄 발사기 6대, 이동식 사격통제체계(군용 콘솔에 장착된 터치스크린 디스플레이 포함), IMBEL 말리트(Mallet) TRC-1193V VHF 전술무선 송수신기(통합 GPS 및 관련

안테나 포함) 등으로 구성된다. 또 SOLETEC사가 개발한 동력식 자동 지지체계를 통해 차량/체계가 발사중 안정을유지할수 있다.

수동 또는 원격 모드로 운용할 수 있는 발사 플랫폼에는 3개 로켓발사 모듈이 장착됐으며, 각 모듈은 70mm 로켓 탄약 16발을 즉응탄으로 탑재한다. 차량의 탄약 격실 내에도 장전된 모듈 2개가 있으며, 역시 자동 탄약 재장전체계가 특징이다.

아르마딜로 TA-2 체계는 정찰, 증원, 이동식 포병지원, 국경통제 지원, 특수작전을 포함한 다양한 임무를 수행하고, 통합 야포 포대 내에서 대구경 로켓 발사기를 보완할 수 있도록 설계됐다. 아울러 안정화 장치 없이 3km 거리까지 직접사격을, 안정화 장치를 이용해서는 12km까지 간접사격을 실시할 수 있다.

출처 janes.ihs.com (2019. 5. 2.)

해설

브라질 육군이 아르마딜로 TA-2 체계를 획득할지 여부는 불확실하다. 그러나 브라질 이외 몇몇 국가들이 이 신형 무기체계에 강한 관심을 표명했다. 매키지사는 또한 방공용을 포함해 이 체계의 다른 형상을 개발하기 위한 목적으로 접이식 플랫폼 솔루션 개선을 추구하고 있다.

함정-해상수중연구2팀 책임연구원 김윤동

러시아, 잠항심도 3,000m의 신형 ROV 공개

러시아가 3월 27일 상트페테르부르크에서 군 및 민간 전문가들에게 MSS-3000 원격무인탐사기(ROV)를 시연했다. 이 ROV는 마린 지오 서비스사가 설계 및 제작했으며 시연 행사에는 해군연구소 대표를 비롯해 업계의 전문가들이 참석했다. 밀프레스 투데이에 따르면, 이 ROV는 프로젝트 MPSV12 바흐테미르 구조예인선에 탑재되어 소개됐다고 한다.

설계업체에 따르면, 경량 설계의 MSS-3000은 추락한 항공기의 비행기록장치를 탐색하고, 섹터-스캔 음탐기를 이용하여 잔해 지역을 점검하며, 4~8개의 고해상도 카메라를 이용하여 수중 현장을 방송할 수 있다고 한다.



MSS-3000

미래를 내다보고 설계한 이 ROV는 상용화를 추구한다. 견본 2대가 이미 제작됐으며, 다른 3대가 생산 중이다. 4대가 MEB(Marine Engineering Bureau)가 개발한 프로젝트 MPSV12 다목적 예인구조함에 공급될 예정이며, 현재 네브스키 함정 수리창에서 제작 중이다.

중량 1,200kg의 이 ROV는 잠항심도 3,000m, 탑재중량 150kg, 수평 최고속도 2.5kt, 수직 최고속도 1.2kt이다.

자동함위유지장치를 탑재하고, 사용하기 충분한 갑판면적(프레임, 윈드라스, ROV)을 구비한 함정이라면, MSS-3000을 운용할 수 있다. 또한, MSS-3000은 통제체계 및 수리용 품목 함께 20ft 컨테이너내에 적재할 수 있다.

해군연구소에 따르면, 원형톱과 유압식 로프 절단기를 장착해 기능성과 강점을 개선할 경우 MSS-3000은 조난 잠수함 승조원 구조임무에도 사용할 수 있다고 한다. 또한 설계 및 제작업체에 따르면 MSS-3000은 모듈식으로 설계되었으므로 특정 임무로 신속한 형상변경이 가능하다고 밝혔다.

MSS-3000은 주로 해양과학자, 시추요원, 구조원들이 운용할 수 있다. 이러한 등급의 ROV는 기뢰를 탐색해 폭약으로 파괴하는 임무에 최적이나, 전문가들이 해저 파이프라인을 점검하는데도 사용할 수 있다. 또한 해저 케이블을 점검하고, 매설된 부분에 대한 계기 진단을 수행할 수 있다고 설계자들은 밝혔다. 이러한 기능은 케이블 부설 함정이 부족할 경우 유용하게 사용할 수 있다.



구조예인선에 탑재된 MSS-3000

출처 Mil.Press Today (2019. 4. 2.)

함정-해상수중연구2팀 책임연구원 김윤동

영 프리베일사, 자국 해군의 신형 연안타격함 사업에 제안할 설계 공개



프리베일사가 제안한 MRV 이미지

영국의 프리베일사가 이달 초 자국 국방장관이 발표한 해군의 신형 연안타격함정 2척 도입 사업과 관련해 자사가 제안한 설계를 공개했다. 프리베일사에 따르면, 제안한 다목적 함정(MRV²)은 이동식 군수 및 헬기 기지로 설계되어 군사력 투사가 용이하며, 특수부대 임무에 적합하다고 한다. 이 MRV는 또한 긴급사태 대응 플랫폼으로도 활용할 수 있다는 설명이다.

이 설계는 국방부의 신형 연안타격함정 도입 사업에서 요구한 전 세계 전개능력 그리고 위기지원 및 전투수행 임무 수행능력과 같은 요건에 부합한다.

개빈 윌리엄슨 영국 국방장관은 새로운 연안타격함정 도입 사업 추진을 밝히는 자리에서 이 함정이 호송함, 지원함, 헬기를 완비한 연안타격단의 일부를 형성하게 된다고 말했다. 1개 연안타격단은 수에즈 동쪽에 기지를 두고 인도-태평양 지역에서 운용되며, 다른 1개 연안타격단은 수에즈 서쪽에 기지를 두고 지중해, 대서양, 발트해에서 운용될 예정이다.

개빈 윌리엄슨 장관에 따르면, 사업에서 요구되는 함정은 해군의 항공모함 및 상륙돌격함과 합류할 수 있으며, 1개 상륙기동부대에는 베이급 상륙함이

필요하다고 한다.

프리베일사는 포괄임차(wet-lease charter) 방식으로 '연간 300일 운용'을 조건으로 한 일괄 발주를 제안했다. 프리베일사가 제안한 MRV는 자사 및 제휴업체가 소유 및 운용하며, 영국 해군은 작전을 위해 병력과 장비를 싣기만 하면 된다고 한다.

프리베일사는 "MRV를 건조해, 매년 300일 이상 운용할 수 있도록 승조원을 배치하며, 관리 및 유지할 예정이고 또한 무인수상정(USV) 및 무인항공기(UAV) 등과 같은 무인 체계도 함정에 통합할 예정이다"고 밝혔다.

프리베일사의 MRV는 CH47, 슈퍼 푸마 및 기타 군용 헬기를 지원할 수 있는 비행갑판도 구비한다. 또한 멕세플로트(mexeflote) 동력바지선을 통해 중장비를 내릴 수 있어 상륙작전도 지원할 수 있다.

이 MRV는 전장 209m, 항속거리 10,000NM 이상, 탑승병력은 400명이고 선도함은 2020년에 전력화를 할 수 있다고 프리베일사는 밝혔다.



MRV의 단정 탑재구역과 격납고 이미지

출처 Naval Today (2019. 2. 25.)

항공-항공유도연구2팀 선임연구원 나영호

러시아, Mi-26T2V 예비 비행시험 완료



Mi-26T2V 대형 군용 수송헬기

개량형 Mi-26T2V 대형 수송헬기의 예비 비행시험에 성공했다고 국영 로스텍사 산하 러시아헬리콥터사가 4월 3일 확인했다.

이 헬기는 합동공식시험을 위해 러시아 국방부에 인도될 것이라고 회사는 언론에 공개했다.

모스크바 인근 토밀리노(Tomillino) 지역 소재 MMHP(Mil Moscow Helicopter Plant)에서 실시한 이번 비행시험에서 Mi-26T2V는 초기 감항 능력이 확인됐다. 이륙중량 20톤으로 현대식 NPK90-2V 항전장비를 탑재한 이 헬기는 조종성이 상당히 강화됐으며, 자동모드에서 비행할 수 있다.

Mi-26T2V의 야간투시 가능 조종실에는 다기능 시현장치가 장착됐으며, 폭발충격완화 좌석을 설치해 승무원 방호 능력을 개선했다.

또 비테브스크(Vitebsk) 지향성 적외선 대응체계(DIRCM¹) 및 개량형 항법 및 위성통신체계도 장착됐다.

Mi-26T2V는 러시아 국방부 요구조건에 따라 설계됐으며, 요구조건에는 복잡한 물리적 및 지리적 지역, 악기상 조건, 주야간, 형태 없는 지형 등에서도 적 화력 및 대항체계에 대응해 운용할 수 있는 능력이 포함된다.

시제 헬기는 2018년 8월에 초도 비행을 수행했으며, 모스크바 인근 쿠빈카(Kubinka) 지역에서 개최된 Army 2018에도 참가했다.

출처 Jane's by IHS Markit (2019. 4. 5.)

해설

러시아는 Mi-26T2V 예비 비행시험 단계를 성공적으로 완료함으로써 개선된 대형 수송헬기 도입에 한 걸음 더 다가갈 수 있게 됐다.

인증 취득 후 전력화될 경우 이 헬기는 러시아 항공우주군 대형 수송헬기 전력의 표준 형상이 될 예정이다. 또한 국제적 관심으로 해외 시장 판로도 확대될 전망이다.

항공-항공유도연구2팀 연구원 박서현

그리스, 공군력 강화 추구



F-35

그리스 공군이 보유 중인 록히드마틴사 제작 F-16 파이팅 팰콘(Fighting Falcon) 전투기 전력 상당 부분을 개량하는 사업을 추진할 예정이며, F-35 5세대 전투기 조달에도 진지한 관심을 표명했다.

그리스는 여전히 심각한 경제적 어려움에 처해 있는 가운데도 이러한 대규모 조달 사업을 피하고 있다. 4월 초 미 국방부에 따르면, 그리스는 가까운 장래에 F-35 전투기를 주문할 수 있는 잠재 국가에 포함된다고 한다.

이후 에반겔로스 아포스톨라키스 그리스 국방장관은 그리스가 F-35 전투기 조달에도 큰 관심을 가지고 있다고 확인했다. 에반겔로스 아포스톨라키스 국방장관이 언론매체에 밝힌 바에 따르면, 이미 계약한 F-16 성능개량 사업 이외에도, 그리스 공군이 보유 중인 노후 전투기를 대체하기 위한 차세대 전투기 선정 과정이 진행 중이며 F-35가 유력한 후보라고 한다. 아테네 주재 제프리 로스 피아트 미국 대사는 F-16 성능개량 사업에 이어 F-35 조달은 자연스런 수순이라고 말했다.

그리스 언론은 이미 F-35A 전투기 25~30대 조달을 위한 가격, 계약내용 및 조건과 관련해 유출된 정보를 기사화한 적이 있다. 계약이 성사되려면, 그리스는 지불유예를 포함한 분할지급 방식과 관련해 미국과 합의해야 한다. 지불조건 합의에는 상당한 시간이 걸릴 것으로 전망된다.

현재 진행 중인 F-16 개량사업을 통해, 그리스 공군은 최신 F-16C/D 전투기 84대(블록 52+어드벤스드 전투기 30대 이상과 블록 52 전투기 52대 포함)를 F-16V 전투기 수준으로 개량한다는 계획이다. 성능개량 내용에는 신형 임무 컴퓨터, 현대식 조종석 시현장치, 신형 전자전체계, 능동 전자주사식 위상배열(AESA²) 기술이 적용된 노스롭그루먼사의 AN/APG-83 레이다 통합이 포함된다.

개량형 파이팅 팰콘 1차분은 2022년께 그리스 공군으로 납품될 예정이며, 이 사업은 2027년 중반을 완료 시한으로 잡고 있다. 사업비용은 11억 달러 규모이며, 계약은 2018년 9월 그리스와 미국 간에 체결됐다.

출처 Shepherd Media(2019. 4. 25.)

해설

그리스 공군은 30~35년 노후 된 F-4E 팬텀 전투기, F-16 블록 50 전투기 38대(1997년 및 1998년에 납품) 및 F-16 블록 30 전투기 30대(1989년 및 1990년에 납품)로 구성된 1개 비행단을 운용하고 있다. 그리스 공군이 보유한 주요 전투기 형상에 속하는, 프랑스 다소사가 제작한 미라지(Mirage) 2000 전투기도 42대를 보유하고 있다. 이 전투기는 기본형 미라지 2000EG와 개량형 미라지 2000-5 Mk.II를 포함한다. 이들 전투기 대부분은 1989년 및 1990년에 도입됐고, 일부는 2001년과 2002년에 도입됐다.

현재, 2020년대 중반까지 도입될 예정인 그리스 공군의 차세대 전투기 소요 대수는 약 100대로 추정된다. 그리스 공군이 항공기 전력을 현재 수준으로 유지하기 위해서는 이 정도의 규모가 요구된다.

방호·유도무기 - 항공유도연구1팀 연구원 김미선

중국, 선박 컨테이너 발사형 장거리 순항유도탄 비행시험 중



YJ-18C의 기본이 되는 러시아의 Club-K

중국이 YJ-18C로 불릴 새로운 형상의 선박 컨테이너 발사형 YJ-18 장거리 순항유도탄을 제작 중이라는 관측이 나왔다. 이것이 현실화될 경우 중국은 일반 화물선을 군함으로 운용할 수 있으며, 상업항은 미사일 기지로 탈바꿈될 수 있다.

실제로, 이 새로운 형상의 미사일은 비행시험단계에 있다. 이 지상 공격 버전의 첨단 대함미사일은 겉으로만 보서는 표준 국제운송 컨테이너로 보이는 것에서 발사될 수 있다. 이러한 종류의 컨테이너는 수백만 톤의 상품을 운송하기 위해 전 세계에서 사용되고 있으며, 종종 대형 화물선 갑판에 설치된다.

YJ-18C는 러시아제 클럽(Club)-K 순항유도탄의 중국 버전이며, 클럽-K 또한 운송 컨테이너로 위장한 발사기를 사용한다. 또 이스라엘도 로라(Lora)로 불리는 컨테이너 발사식 미사일을 개발 중이다. 중국 군사문제 전문가인 릭 피셔는 중국이 러시아의 클럽 컨테이너 발사 미사일을 복제한 것이 그리 놀랄 일은 아니라면서 비대칭적 이점을 추구하고 있는 중국으로서는 당연한 선택이라고 언급했다.

또한 중국은 2016년 군사 전시회에서 클럽-K 개념과 유사하게, 운송용 컨테이너 발사기에 은폐된

정밀유도형 다연장로켓을 전시했다고 피셔 전문가는 전했다.

이 무기체계는 또한 이란이나 북한에 판매될 수 있으며, 중국은 과거에도 장거리 미사일 발사기를 북한에 판매하는 등 여러 무기체계를 수출해 왔다.

중국은 상선에 컨테이너 발사형 미사일은 실어 미국 연안을 따라 항해시키거나, 미국 항만 내에서 운용할 수 있는데, 이렇게 되면, 미국과 분쟁이 벌어질 경우 미국의 허를 찌를 수 있는 무장 수단이 될 수 있다. 과거 태평양함대 정보책임자로 근무했던 짐 파넬 퇴역 해군대령에 따르면, 미국 서부 및 동부 해안 항구에 진입하는 중국 컨테이너 선박의 수량을 고려할 때, 컨테이너화한 YJ-18 대함순항유도탄은 미 해군에 또 다른 위협으로 다가올 수 있다고 한다. 미국 함대의 대부분이 YJ-18의 사정권에 들어올 수 있다는 의미이다.

출처 Navy Recognition (2019. 4. 8.)

해설

러시아의 Club-K는 다양한 종류의 수상함, 지상표적 등을 공격하기 위한 미사일이다. 모든 종류의 선박 컨테이너로 운반 가능하며, 철도, 차량으로 이동/발사가 가능하다.

방호·유도무기-항공유도연구3팀 연구원 김다인

벨라루스, 신형 지대공미사일 체계개발 완료



TRIO 시스템의 주 무기, ZSU-23-4 썰카

벨라루스 국가군사산업위원회가 공군 타격능력 강화 및 무인항공기(UAV¹) 무력화를 목적으로 신형 지대공미사일(SAM²) TRIO 체계를 개발하였다고 지난 4월 22일 밝혔다.

위원회에 따르면 BSVT 뉴테크놀로지스사에서 개발한 해당 SAM 체계는 군 및 산업시설, 지상부대 및 대형(隊形)에 방공능력을 제공하고, UAV를 포함한 소형 공중표적을 타격할 수 있도록 제작되었다고 한다.

TRIO 체계는 사진정찰장치(PRU³)를 갖춘 자동화된 이동식 지휘통제(C2⁴) 전투관리체계, 현대화된 9K 35 스트렐라-10 (SA-13 Gopher) 자주 이동식 SAM 체계, 썰카(ZSU-23-4) 자주대공포, 베르세르크(Berserk) 원격조종무장장치(ROWS⁵) 등으로 구성된다.

벨라루스 국영 언론매체에 따르면, TRIO 체계의 레이다는 -7°~70° 범위 내에서 실시간으로 공중 표적을 탐지할 수 있으며, 상시 운용되어 수동 모드에서는 20km 거리의 표적을 탐지, 추적할 수 있다고 한다.

9K35는 9K31 스트렐라-1(SA-9 Gaskin)의 후속 체계로, 전천후 운용 가능하며 열상장비를 이용한

자동 섹터 스캔, 표적 획득 및 추적 능력을 특징으로 한다. 열상 채널의 스펙트럼 범위는 3~5 μ m이며, 이는 최신형 9M333, 9M37M, 9M37MD 미사일 탐색기의 범위와 동일하다.

주 무기인 ZSU-23-4 체계는 AZP 23M 23mm 대공포 4문으로 구성되어있으며 포탑은 360° 선회 가능하고 고각은 -4°~85° 범위에서 조정할 수 있다. 이 이동식 대공포체계는 분당 2,000발을 사격할 수 있으며, 대공포 4문 중 1~2문 만을 사용하여 표적을 공격할 수도 있다. 대공포는 최대 유효사거리 2,500m의 지상·대공 방어능력을 보유한다.

베르세르크 ROWS는 4연장 7.62mm GShG 미니건 한 쌍으로 무장하였으며 500m 거리에서 최대 300km/h 속도로 움직이는 공중표적을 공격할 수 있다. 이 로봇 기관총은 분당 12,000발을 사격할 수 있고 360° 선회 가능하며 -5°~50°의 범위에서 고각을 조정할 수 있다.

해당 방공체계는 MILEX 2019 방산기술전시회에 전시될 예정이다.

출처 Jane's by IHS Markit (2019. 4. 25.)

해설

TRIO 시스템은 방공능력을 제공하는데 더하여 드론과 같은 소형 무인항공기에도 대응할 수 있도록 제작한 신형 SAM 체계이다. 해당 체계는 레이다를 이용하여 실시간으로 공중표적을 탐지하고 추적한 후, 타격한다. 공중표적의 타격에는 30×30cm 크기의 표적을 타격할 수 있는 현대식 공대공 미사일과 소형 드론 무력화를 목적으로 설계된 원격조종무장장치가 이용된다.

날개 없는 선풍기의 원리는 무엇일까



이제 창고 속에 묵혀 두었던 선풍기를 꺼낼 때가 됐다. 그럴 때마다 항상 느끼는 거지만 선풍기를 분해해 청소하는 것은 정말 귀찮다. 가끔 날개가 부러지면 어쩔 수 없이 선풍기를 버려야 하고, 돌아가는 날개에 손가락을 넣어 다치는 사고도 종종 생긴다. 왜 선풍기는 꼭 날개를 써야 할까?

「과학향기」(KISTI 제3353호)에서

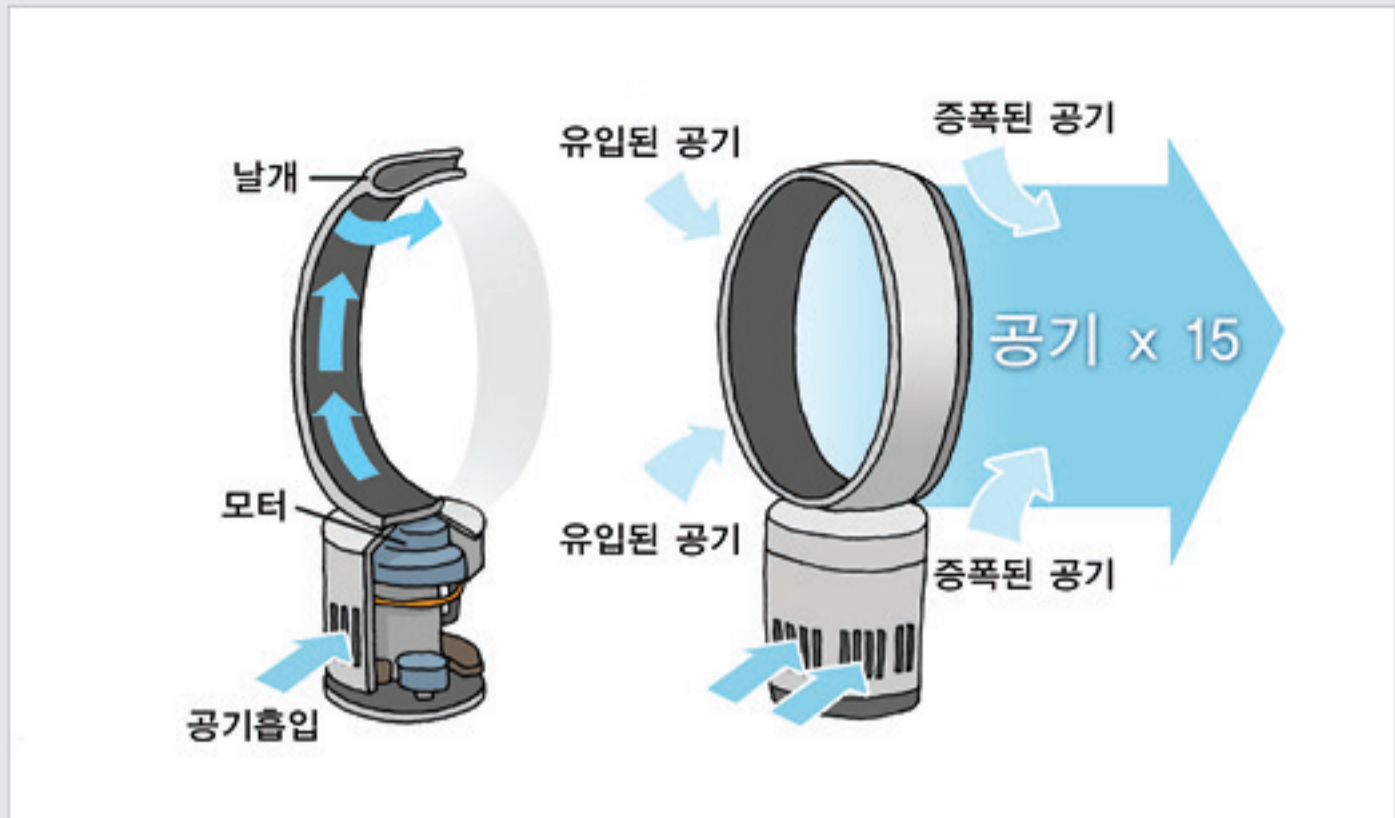
요즘에는 이런 의문 아래 아예 선풍기의 날개를 없애버린 제품이 나오고 있다. 이 선풍기는 동그란 고리 모양의 윗부분과 작은 원기둥으로 이뤄진 아랫부분을 가졌다. 정식 명칭은 '에어 멀티플라이어(Air Multiplier)'. 말 그대로 바람을 몇 배나 강하게 만든다는 뜻을 가지고 있다. 바람을 강하게 만드는 원리는 비행기에서 빌려왔다. 원기둥 받침대에는 비행기의 제트엔진 원리가, 고리 모양의 원에서는 비행기 날개 모양이 발견된다.

비행기에 사용되는 제트엔진은 날개를 돌려 바깥 공기를 안으로 빨아들인다. 이 공기가 연료와 섞여 타면 고온의 기체가 나오는데, 이를 밖으로

배출하면서 비행기가 앞으로 가게 된다. 날개 없는 선풍기의 받침대에도 작은 모터와 날개가 들어 있다. 이들이 돌아가면서 바깥에 있는 공기를 빨아들이는 것. 이 선풍기에 사용된 모터는 1초에 약 20ℓ의 공기를 빨아들일 수 있다.

받침대에서 빨아들인 공기는 위쪽의 동그란 고리로 올라간다. 여기로 올라간 공기는 시속 88km 정도로 빠르게 흐르다가 고리 안쪽에 있는 작은 틈으로 빠져나오게 돼 있다. 이때 고리 모양 때문에 더 강한 공기 흐름이 만들어지게 된다. 속이 빈 비행기 날개처럼 생긴 고리의 단면이 바람을 몇 배나 강하게 만드는 비밀인 셈이다.





날개 없는 선풍기의 원리를 나타낸 그림. 위쪽 고리의 단면을 살펴보면 비행기 날개 모양과 비슷한 것을 알 수 있다. 고리의 바깥쪽은 평평하게 안쪽은 둥그렇게 생겨서 고리 안쪽의 기압이 바깥쪽보다 낮아지게 된다.

보통 비행기 날개는 윗면이 볼록하고 아랫면이 평평하게 생겼다. 이 때문에 날개 위아래에서 공기가 다른 속도로 흐르게 된다. 윗면의 공기가 아랫면의 공기보다 빠르게 흐르므로 윗면의 기압이 아랫면보다 작아진다. 그래서 비행기 날개가 위로 떠오르는 힘인 양력을 얻게 되는 것이다.

날개 없는 선풍기의 고리를 잘라 단면을 보면 고리의 바깥쪽은 평평하고 안쪽은 둥그렇다. 단면만 놓고 본다면 비행기 날개를 뒤집어놓은 모양이다. 비행기 날개에서처럼 공기는 둥근 면에서 더 빠르게 흐르므로 고리 안쪽을 지나는 공기가 바깥쪽보다 빠르다. 고리 안쪽의 틈에서 나온 공기가 빠르게 흘러가면 고리 안쪽의 기압이 바깥쪽보다 낮아진다.

공기는 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다. 고리의 바깥쪽보다 안쪽의 기압이 낮아지면 주변 공기가 고리 안쪽으로 이동하게 된다. 이때 고리를 통과하는 공기의 양은 받침대에서 빨아들인 공기의 양보다 15배 정도 많아지게 된다. 이런 원리로 바람이 만들어지기 때문에 날개 없이도 시원한 바람이 나온다.

날개 없는 선풍기가 만드는 바람은 일반 선풍기보다 더 시원하다. 또 일정한 바람의 세기를

만들 수 있다. 날개가 돌아가면서 불규칙한 바람을 만드는 선풍기보다 우수한 점이다. 에어컨을 사용할 때처럼 환경오염 물질을 배출하지 않는 것도 장점이다. 물론 가격은 30~70만 원까지 나가서 에어컨에 맞먹을 정도로 비싸지만 말이다.

글 빅테진과학칼럼니스트

해외무기 개발동향

지휘통제·통신	SDR 무전기 개발동향
감시정찰	수동형 레이다 개발동향
기동	무인지상차량 개발동향
화력	소화기용 탄 발전 추세
함정	영 해군, Type 26 호위함의 설계 및 개발 1부-임무구역 공간설계 및 배치
항공	세계 무인 호위기 개발동향
방호·유도무기	미 국방부, 우주기반 자산 및 상승단계 요격 연구 추진

SDR 무전기 개발동향

지휘정찰연구3팀 연구원 이지영

1. 개요

가. SDR(Software-Defined Radio) 개요

SDR이란 다양한 무선통신 환경에 유연하게 대응하기 위하여 하나의 하드웨어에 사용자가 원하는 웨이브폼을 탑재하여 재구성할 수 있는 시스템을 통칭한다. SDR은 다중대역 안테나와 RF 변환기(RF direct conversion), 광대역 A/D/A¹ 변환기, 디지털 IF 변환기, 프로그램이 가능한 응용 프로세서를 사용하는 기저대역과 비트 스트림 프로세싱 기능 등을 포함하는 기술의 결합체라고 할 수 있다. 즉, SDR 기술은 기존의 통신 시스템에서 고려하지 못한 다중모드 변·복조 처리, 시·공간에서의 파형 등화 및 필터링, 다중 처리 방식 등의 광범위한 무선 신호 처리를 범용 컴퓨터를 기반으로 실현될 수 있도록 하는 기술이다.

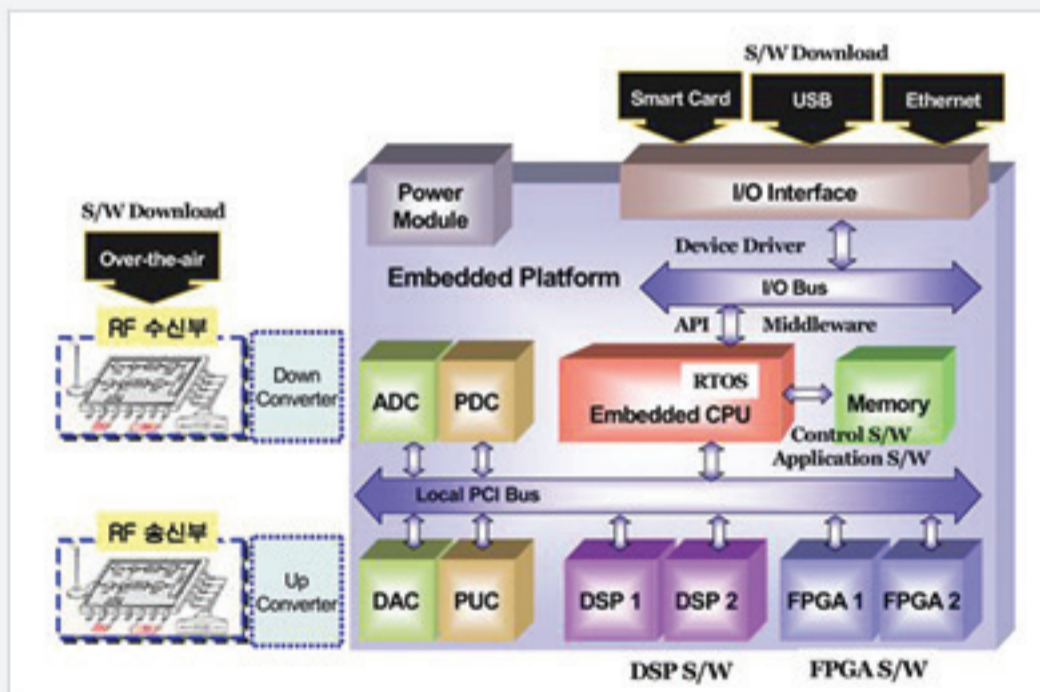


그림 1 SDR 시스템 구성도

나. SDR 개발 개요

SDR 기술 개발을 위하여 1996년 MMITS² Forum이 운영되었으며, 1998년 SDRF³으로 개칭되었다. SDRF에서는 SDR 시스템을 기능적 관점에서 정의하는 노력을 통하여 상위 수준 기능 모델인 SDR 소프트웨어 참조 모델을 제시하였다. 군을 포함한 100여 산·학·연이 SDR 상용화를 위한 표준안 구축을

1 Analog/Digital/Analog 2 Modular Multifunction Information Transfer System 3 Software-Defined Radio Forum

위해 각 국가와 국제단체와의 공조하에 표준화를 하였다. 미국방성 JTRS⁴ 프로젝트에서는 군사 작전 중 군간 상호통신 서비스 제공 능력의 부족과 새로운 시스템으로의 확장 요구를 만족시킬만큼 충분한 대역폭을 갖지 못하는 기존 시스템들의 상호운용능력 향상을 위하여 컴포넌트 기반 프레임워크인 SCA⁵를 설계하였고, SDRF에 의해 SDR 소프트웨어 구조 표준으로 채택되었다. JTRS는 하드웨어와 소프트웨어를 포함한 모든 구조에 대한 정의를 내리며, 소프트웨어 구조 정의는 UML⁶, IDL⁷, CORBA⁸를 포함한 OMG⁹의 상업적 규격에 기초하여 구축되었다.

민간 뿐 아니라 국방 분야에서도 기존에 군에서 운용 중인 FM, AM 등 다수의 웨이브폼을 하나의 하드웨어에 탑재 및 운용하여 작전적 효율성을 높이고 병사들의 중량 부담을 덜 수 있는 SDR 기술에 대한 연구가 진행되었고 다음과 같은 SDR 무전기가 개발 및 운용 중에 있다.

다. 국방분야 SDR 웨이브폼 최근 동향

최근 SDR 웨이브폼의 개발 추세는 CSMA 및 TDMA를 모두 사용하는 하이브리드 형태의 웨이브폼을 지원한다. 소프트웨어 정의 아키텍처를 통해 사용자는 운영개념에 맞는 웨이브폼을 선택하여 다양한 운영 시나리오에 맞게 네트워크를 최적화 할 수 있다.

CSMA 웨이브폼은 채널 접근 매커니즘을 이용한다. 각 사용자는 음성 또는 데이터를 전송하기 전에 채널에 대한 접근을 요청한다. CSMA 웨이브폼은 한 사용자가 사용 가능한 채널의 80% 이상을 활용하여 매우 많은 양의 데이터를 네트워크로 전송할 수 있게 하며, 소량의 사용자가 비교적 짧은 데이터를 전송할 때 최적화되어 있다. 네트워크의 크기가 너무 커지면 채널에 접근할 때 여러 사용자가 충돌할 가능성이 높아지기 때문에 네트워크의 정체와 대기 시간이 길어질 수 있다.

TDMA 웨이브폼은 네트워크의 각 사용자에게 전용 전송 슬롯을 할당하고 사용 가능한 채널을 고르게 분배하여 각 노드가 시간에 민감한 위치 정보 등을 전송할 수 있는 보장된 데이터 채널을 가질 수 있게 한다. 일반적인 TDMA 웨이브폼은 네트워크 슬롯이 사용자에게 균등하게 분배되기 때문에 단일 사용자가 대용량으로 데이터를 전송하는 기능을 허용하지 않는다.

2. 개발 동향

가. 미국

1990년대 초 미국방성 산하 연구소인 DARPA¹⁰의 주관으로 시작된 SDR 기술 연구는 고정된 기능의 통신 시스템 하드웨어 컴포넌트들을 프로그램 제어 가능한 부분으로의 확장을 목적으로 SPEAKeasy 프로젝트가 시작되었다. 고속 주파수 도약 대역 확산 파형에 대하여 4채널, 광대역 모뎀을 개발한 Phase-I을 거쳐 사용자의 입력-출력 단부터 RF단에 이르는 전체 라디오 시스템에 의한 개방형, 모듈단위, 재 프로그래밍이 가능한 구조를 개발에 목적을 둔 Phase-II을 통해 SDR 기술 연구를 하였다.

당시 미군에서는 다양한 통신 장비들의 동작환경 및 표준이 달라 합동 작전 간 긴급 조치를 위한 통신 시스템들의 상호 연동이 제대로 이루어지지 않았다는 문제점이 있었다. 이에 대한 통합화 작업을 하면서 새로 개발되는 통신 장비를 도입하기 위해 군에서 보유하고 있는 통신 장비들을 대체할 때 엄청난 비용이 소모된다는 점도 지적이 되어 장비의 성능개량이 용이한 SDR의 개념을 도입하게 되었다.

1994년부터 시작된 GloMo¹¹ 프로젝트는 지구 전역 어느 곳에서나 이동중 멀티미디어 통신이 가능한 강건한 시스템 구축을 목적으로 하는 군 프로젝트로서, 개방구조에 기초를 둔 다기능, 다중 모드 시스템 개발 뿐 아니라 시스템 간 기능을 유연하게 하는 네트워크 기술을 개발하였다. 이 프로젝트에는 DARPA, 버지니아 대학, UCLA, MIT, Raytheon 등이 참여하여 GloMo 1 프로젝트에서는 AMPS의 FM과 CDMA 방식을 대상으로 하여 고속전송, 고용량 및 저전력 무선통신 시스템 구축을 목표로 하였고 GloMo 2 프로젝트에서는 저전력 손실과 고속 동작을 위한 FPGA를 사용하여 공간/편향 다이버시티를 이용한 스마트 안테나를 단말에 적용했다.

1996년 시작된 JTRS¹² 프로젝트는 군사 작전 중 군간 상호통신 서비스 제공 능력의 부족과 새로운 시스템으로의 확장요구를 만족시킬 만큼 충분한 대역폭을 갖지 못하는 기존 시스템의 상호운용능력 향상을 위하여 개방 시스템 구조에 기반을 둔 소프트웨어의 객체분산 능력 향상에 주 목적을 두고 시작하였다. JTRS JPO¹³의 산출물인 SCA¹⁴는 하드웨어와 소프트웨어 구조에 대한 공통 개방 구조를 정의하여 표준화되었다.

1) Falcon III(Harris)

Harris사는 Falcon III는 PRC-117G, VRC-118, PRC-158, PRC-163 등 다양한 제품으로 이루어진 제품군이다. 크로스밴딩과 자동 라우팅 기능으로 두 개의 독립적인 채널로 임무 수행이 가능하다. Falcon III 제품군 중 PRC-117G는 경량 광대역 통신 및 협대역 통신이 가능한 휴대형 1채널 SDR 전술무전기이다. PRC-117G 기반의 2채널 무전기인 VRC-118도 차량탑재용으로 개발되었다.

SDR 무전기 개발동향

PRC-117G는 협대역 30~512MHz, 광대역 225~2GHz의 주파수 대역에서 운용가능하다.

Harris는 단일 네트워크에서 최대 64명의 사용자를 지원하는 25~75kHz VHF 네트워킹 웨이브폼을 개발했다. Harris TNW 75 웨이브폼은 10km 이상의 범위, 14kbps의 IP 데이터 처리량을 지원하며 ECCM 작동을 위해 주파수 호핑을 한다. TNW 75는 소규모 분대를 위한 전용 음성 채널을 제공하는 6개의 토크 그룹을 지원하기도 한다.



그림 2 Falcon II 제품군(Harris)



그림 3 PRC-117G(Harris)



그림 4 VRC-118(Harris)

2) FlexNet-Four(Rockwell Collins)

Rockwell Collins사가 개발한 FlexNet은 차량용 SDR 무전기로 최대 4채널을 활용하여 다수의 사용자와 동시 운용이 가능하다. 최대 5Mbps 전송속도로 광대역 무선, ad-hoc 네트워킹을 통해 최대 150명의 사용자와 음성, 데이터, 영상 서비스를 지원한다. 차량용으로 개발되어 이동성과 연결성에 특화되었으며, SCA 2.2 기반으로 구현되어 사용자의 요구사항에 맞게 구현 및 성능개량이 가능하다. HF, UHF, VHF 등 다양한 웨이브폼을 무전기에 탑재 가능할 수 있으며, 2~2,000MHz 대역에서 운용이 가능하다.



그림 5 FlexNet Four(Rockwell Collins)

나. 이스라엘

이스라엘은 방공지휘통제분야에 강점이 있고, 휴대용 지휘통제체계 등을 사용자 요구에 맞게 개발된 다양한 구성품으로 구성하여 영국 등 여러 나라에 수출하고 있다.

1) E-LynX(Elbit Systems)

E-LynX는 Elbit Systems의 5세대 전술무전기로 소프트웨어 통신 아키텍처 SCA 2.2.2 기반의 SDR 전술 무전기의 MCTR-7200 제품군에 기반을 둔다. 1개 또는 2개의 채널로 운용이 가능하며 휴대용, 맨팩(manpack)형, 차량용, 공중탑재용 등 다수의 형상을 가지고 있다. 음성, 데이터, 영상 서비스를 동시에 사용 가능하며, 협대역 및 광대역 채널에서 MANET¹⁵으로 망 구성이 가능하다. 주파수는 다양한 웨이브폼을 지원하기 위해 30~512MHz(휴대용, 맨팩형), 1.0 ~ 1.8GHz에서 운용가능하다.



그림 6 E-LynX 제품군(Elbit)
(a) PNR-1000(휴대용),
(b) MCTR-7200MP(맨팩형)



그림 7 (c) 차량용



그림 8 (d) 공중탑재용(헬기형)

SDR 무전기 개발동향

2) BNET(Rafael)

BNET은 이동성과 연결성의 소요가 높은 작전 등에서 전술적 운용을 위한 IP기반의 MANET SDR 단말기이다. BNET 제품군으로 개발하여 휴대용(BNET-HH), 차량용(BNET-V), 공중탑재용(BNET-AR) 등의 다양한 형상으로 개발하여 각 군에서 여러 종류의 합동 작전을 수행이 가능하다. 기본적으로 20~2,000MHz 주파수 대역에서 주로 운용가능하며(휴대용의 경우 20~800MHz), L 또는 S대역까지 확장이 가능하다.



그림 4 BNET(Rafael) - (a) BNET-AR(공중용), (b) BNET-HH(휴대용), (c) BNET-V(차량용)

다. 유럽

유럽에서의 초기 SDR 활동은 유럽 위원회(EC¹⁶)를 중심으로 통신 인프라 구조 정의와 서비스 질의 향상을 위한 노력으로 시작되었다. EC에서는 ACTS, Esprit, RACE 등의 프로젝트를 구성하였고, beam forming과 같은 진보된 신호 처리 개념과 함께 SDR(또는 SWR¹⁷)의 구조와 알고리즘 적용이라는 방향으로 SDR 기술의 기반을 다져가기 시작하였다. 유럽의 초기 활동이 가져온 결과는 RF 하드웨어 구조의 혁명과 반도체 처리 기술의 발전, SW를 이용하여 재구성 능력을 갖는 HW 개발을 포함한 특정 기저대역 DSP 구조의 발달, 그리고 구조화된 SW 개발과 빠른 이동성을 지원하기 위한 환경과 툴의 개발에 있다. SWR 기술의 네트워크 적용은 현재 우리가 사용하고 있는 정보교환방식의 제약으로부터 벗어나 개방 경로를 제공할 수 있도록 하는데 중점을 두었다.

1) 독일

가) SOVERON VR(Rohde & Schwarz)

SOVERON VR은 차량용으로 개발된 IP기반의 MANET SDR 무전기이며 SCA 2,2,2 기반으로 구현되었다. Rohde & Schwarz의 기존 웨이브폼을 탑재해서 운용 가능하며, 사용자의 요구에 맞게 웨이브폼과 암호 SW를 개발하여 탑재할 수 있다. 지상, 공중 환경 또는 지상-공중-지상 등 혼합된 시나리오에서도 운용 가능하도록 설계되었다.



그림 18 SOVERON VR(Rohde & Schwarz)

2) 프랑스

가) SYNAPS-V(Thales)

Thales사의 SYNAPS-V는 2채널로 개발된 무전기로 기존 무전기 또는 미군 등과의 연합작전을 위한 웨이브폼 탑재가 가능하여 상호운용성 확보가 가능하며, 지대지, 지대공, 또는 국경 감시 등의 임무 수행 시 운용가능하다. 단절없고 보안성을 확보한 채로 합동작전 수행을 지원하도록 웨이브폼이 설계되었다. SYNAPS-V의 MANET 웨이브폼은 망에 자동 가입 또는 탈퇴가 가능하고, 망 분리 또는 병합, 애드혹 중계 네트워킹이 가능하도록 설계되었다.



그림 19 SYNAPS-V(Thales)

현재 국제 및 NATO 웨이브폼을 기준으로 ESSOR HDR, 전술용 VHF 및 UHF, STANAG 4204, 4205, HaveQuick I/II 등의 웨이브폼은 개발 완료되어 탑재 가능하며, AIRPOWER-I(지대공), NBWF¹⁸, COALWNW 등은 개발 중이다.

라. 국내

국내에서는 2000년대부터 LG전자의 SMART 프로젝트로 SDR 기술에 대한 연구가 시작되었다. SMART 프로젝트에서는 SDR 기반의 다중모드 시스템 구조를 설계하고, 시스템을 관리·운영하기 위한 핵심 소프트웨어 프레임워크에 대한 연구 등이 진행되었다.

국방 분야에서는 국방과학연구소 주관으로 TICN¹⁹ 체계의 부체계로 LIG넥스원과 TMMR²⁰ 개발을 완료하였다. TMMR은 디지털 전장환경을 고려하여 SDR 개념의 적용가능성에 초점을 맞추어 고속 대용량

SDR 무전기 개발동향

멀티미디어 정보를 실시간으로 유통할 수 있는 통신체계이다. 네트워크 중심전 하에서 여단 및 대대급 이하 전술 C4기반 통신단말기로 기동간 및 실시간 지휘통제를 위한 SDR 기반의 무선 통신 무전기로 휴대용, 차량/헬기/함정용으로 개발되었다.

TMMR은 IP 기반의 네트워크 무전기로 음성 및 데이터 통신과 Ad-hoc 기술을 통한 자동 중계가 가능하며, SDR 무전기이기 때문에 SW 업그레이드로 성능개량이 가능한 개방형 구조인 것이 주요 특징이다. 휴대용, 차량용, 헬기용, 함정용 등 다양한 형상으로 개발되었고, HF, VHF, UHF, K-WNW 등 다양한 웨이브폼을 지원하기 때문에 안테나도 운영개념 및 작전에 맞게 골라 쓸 수 있도록 다양한 형상으로 개발되었고 넥마이크, 송수화기 등의 다양한 선택품목도 개발되었다.



그림 4 TMMR 휴대 1형(ADD)

표 1 주요 SDR 무전기 비교

구분	한국 (LG 넥스원)	미국 (HARRIS)	이스라엘 (ELBIT)	이스라엘(Rafael)
모델명	TMMR	Falcon III Family	E-Lynx Family	BNET
형상	 휴대 1형 : 0채널 휴대 2형 : 0채널 차량 1/2형 : 0채널	 Manpack : 1채널 차량형 : 2채널	 Manpack : 1채널	 Manpack : 1채널
운용 주파수	0-000MHz	30~2,000MHz •NB:30~512MHz •WB:225~2GHz	30~512MHz	30~512MHz
대역폭	협대역 : 00/00kHz 광대역 : 0/0/0MHz	NB:8.33/12.5/25 kHz WB:0.5/1.2/2.5/5MHz	NBWF : 25kHz WBWF : 1MHz	NB: 25KHz(V/UHF) WB: 300kHz, 1.25 MHz, 5MHz (UHF)
탑재 웨이브폼 (전송능력)	기존 4개 (AM/FM, U/VHF-AM) 신규 : K-WNW •K-WNW:~0Mbps •VoIP 지원	NB:AM/FM, U/VHF LOS, SINGARS, HQ WB : SRW, ANW2C	FM, BPSK, GMSK, PSK, QAM VoIP 지원 주파수 도약	PR4G, Flexnet Waveform, standard legacy waveform NB : Up to 64kbps WB : Up to 6Mbps
네트워킹	FM (구):수동중계 KWNW :음성 /데이터 0 출 이상 ad-hoc 가능	-	ad-hoc 기능(MANET)	ad-hoc 가능 WB(150 노드 이상 /6Mbps)

3. 결론 및 기대효과

이동통신 시장의 급격한 성장과 통신기술의 발전에 따라 서비스 사용자는 소형, 경량, 저가의 단말기로 고품질의 서비스를 제공받기를 요구하며, 서비스 제공자는 다중 표준인(multistandard)과 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하도록 노력하고 있다. 이러한 서비스는 기존의 고정된 하드웨어 모드로는 불가능하기 때문에 훨씬 유연하고, 경제성 있는 다중모드(multimode), 다중대역(multiband), 다중기능(multifunction)의 특성을 갖는 SDR 기술에 의해 달성될 수 있을 것으로 보인다.

- 출처 1. 김준식, 김홍숙, 박남훈, 김진업, 권오준, "SCA 기반 다중모드 SDR 단말기 구조", 전자통신동향분석 제23권 제3호(2008. 6.)
2. Walter Tuttlebee et al., Software Defined Radio: Origins, Drivers and International Perspectives, John Wiley & Sons, 2002.
3. 조권도, 김지연, 이규대, 이승환, 신만정, 김진업, "SDR 기술개발 동향", 전자통신동향분석 제19권 제3호 2004년 6월
4. 김지연, 이서영, "SDR(Software Defined Radio) 연구개발 동향", 정보통신기획평가원
5. 임용환, 하영석, "SDR(Software Defined Radio) 개발현황 및 요소기술 분석", 국방기술품질원, DTaQ-08-1819-R(2008.11.)
6. 국방과학기술 개발동향 및 수준 국방기술품질원(2016)
7. Tactical Information Communication Network (TICN) Block I-2 Precedent Study RFI Response (2019. 5.)
8. Falcon II Family 브로슈어, Harris
9. FlexNet-Four 브로슈어, Rockwell Collins
10. BNET 브로슈어, Rafael
11. SOVERON VR 브로슈어, Rohde&Schwarz
12. SYNAPS-V 브로슈어, Thales
13. Rockwell Collins FlexNet-Four 브로슈어, Rockwell Collins
14. TMMR 설명자료, LG넥스웬(2019. 5.)

수동형 레이더 개발동향

지휘정찰연구1팀 수석연구원 우병일

1. 개요

레이더는 넓은 지역의 공중, 해상 등에서 적군을 탐지할 수 있는 수단으로 군에서 사용되어 왔다. 그러나 전자파를 방출하기 때문에 레이더의 위치가 노출될 뿐만 아니라 전자파를 탐지하여 공격하는 대(對)방사 미사일(ARM¹)의 표적이 되기도 한다. 반면에 수동형 레이더는 표적에서 발생하는 전자파를 수신하거나 표적이 아닌 주변에서 방출되는 전자파를 수신하기 때문에 자신의 위치를 노출시키지 않고 상대방의 위치를 탐지할 수 있다.

항공표적을 탐지하는 목적의 수동형 레이더는 1935년으로 거슬러 올라간다. 이때 로버트 왓슨-와트경은 헤이포드(Heyford) 폭격기를 12km 거리에서 탐지하기 위하여 영국의 다번트리(Daventry)에 있는 BBC 송신기에서 발생하는 49m의 파장을 갖는 단파를 사용하여 실험을 하였다.



그림 1 다번트리 실험

수동 가간섭성 위치확인(PCL²) 체계로 알려진 수동형 레이더는 자체적으로는 전자기 신호를 방출하지 않고 주변의 전자기파를 이용한다. 주변의 전자기파는 다른 레이더 신호, 통신신호, 방송신호 등일 수 있다. 방출되는 전자파는 지상에서 발생하는 것과 우주에서 발생하는 것으로 구분할 수 있다. 지상에서 방출되는 종류로는 항공관제레이더 같은 레이더 신호; GSM³, UMTS⁴, LTE⁵, WIFI⁶, WIMAX⁷, HiperLAN 등과 같은 이동통신 신호; FM⁸, DAB⁹, DVB-T¹⁰ 등과 같은 방송신호가 있다. 우주에서 방출되는 종류로는 원격감시레이더 같은 레이더 신호; DVB-S¹¹, DVB-SH¹² 같은 위성방송; 글로발스타(Globalstar), 이리디움(Iridium),

1 Anti-Radiation Missile 2 Passive Coherent Location 3 Global System For Mobile Communication

4 Universal Mobile Telecommunication System 5 Long Term Evolution 6 Wireless Fidelity

7 Worldwide Interoperability For Microwave Access 8 Frequency Modulation 9 Digital Audio Broadcast

10 Digital Video Broadcast Terrestrial 11 Digital Video Broadcast Satellite 12 Digital Video Broadcast Satellite Handheld

오브콤(Orbcomm) 등과 같은 위성이동통신 신호; GPS¹³, GLONASS¹⁴, GALILEO 같은 항법 신호가 있다.

수동형 레이다는 송신기에서 직접 방출하는 신호와 송신기의 신호가 다른 물체에 반사되는 신호의 교차 상관(cross-correlating)을 이용한다. 수신기는 직접 신호와 반사 신호의 도착 시간 차이(TDOA¹⁵)를 측정하고 전자기파의 전파속도를 고려하여 거리를 계산한다. 또한 다수의 수신기 혹은 송신기가 배치되어 있을 때 기하학적인 구조로부터 표적의 위치를 알 수 있다.

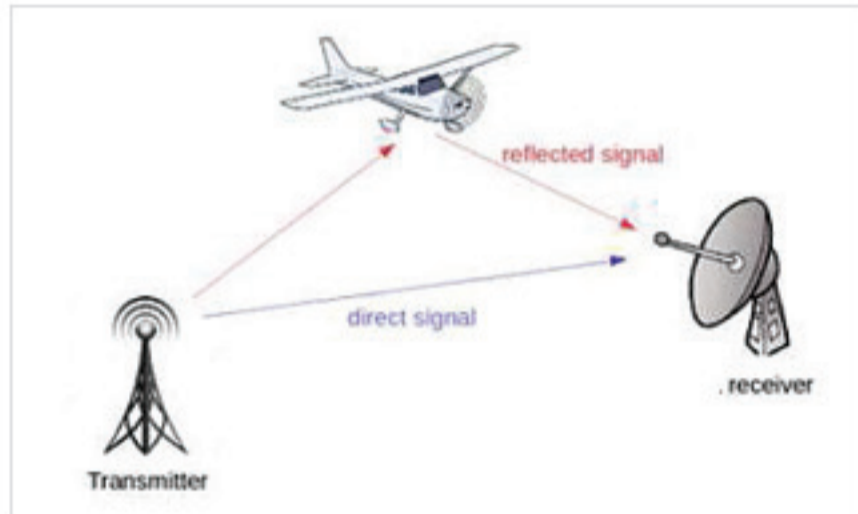


그림 2 수동형 레이다 동작 개념도

2. 개발동향

여러 센서 제조업체는 지상기반 방공(GBAD¹⁶) 용도의 수동 탐지 기술 개발을 위한 노력을 강화하는 중이다. 몇몇 신규 체계는 수년의 연구·개발 끝에 시장 출시를 앞두고 있다.

이러한 '비방출' 기술은 능동형 레이다와는 달리 적 방공망 제압(SEAD¹⁷) 작전에 덜 취약하며 더 중요하게는 스텔스 항공기를 탐지할 가능성이 있다.

지정학적 긴장과 국가 간 분쟁의 위협(특히 유럽)으로 인해 많은 군이 방공 등의 분야에 대한 투자를 강화하고 있으며, 특히 NATO 국경 인근에서 러시아의 공중 활동이 늘어나는 상황이다. 지난 20년간의 분쟁은 내란 진압 위주로서 GBAD 같은 분야에 크게 중점을 두지 않았으나, 이제는 각국이 영공에 대한 주권과 안보 유지를 추구함에 따라 상황이 바뀌고 있는 것으로 보인다.

발칸반도와 중동에서 벌어진 분쟁을 포함한 최근의 분쟁에서 전통적 능동 무선주파수(RF) 센서가 전자 대응책, 특히 EA-18G 그라울러(Growler) 같은 원격 재밍 플랫폼과 RF 신호에 따라 유도되는 대방사

¹³ Global Positioning System ¹⁴ Global Navigation Satellite System ¹⁵ Time Difference Of Arrival ¹⁶ Ground-Based Air Defence
¹⁷ Suppression Of Enemy Air Defence

수동형 레이더 개발동향

미사일에 취약할 수 있음이 드러났다. 최신 디지털 레이더가 첨단 대전자전(ECCM¹⁸)을 채택하고 운용자들이 새로 배운 교훈을 적용하여 TTP¹⁹(전술·전기·절차)를 최신화했음에도 불구하고, 취약성은 여전하다.

지난 수십년간, 항공기 제조업체 역시 L-밴드와 X-밴드 사이 주파수에서 모노스태틱 레이더에 대한 레이더 반사면적(RCS²⁰)을 줄이기 위한 설계 최적화 작업을 진행했다. 수동 센서가 발판을 마련하기 시작하는 지점이 바로 이곳이다. 첫 번째 상업화된 수동형 레이더는 록히드마틴사가 만든 Silent Sentry이다. 프랑스 탈레스는 HA100을 출시하였으며, 아래 그림과 같이 각국에서 여러 형태의 수동형 레이더가 개발되었다.



그림 6 Silent Sentry3(미국 Lockheed Martin)



그림 7 HA100 Homeland Alerter(프랑스 Thales)



그림 8 AULOS PCL system(이탈리 Selex-ES)

그림 9 PARADE multi-band PCL
(유럽 ARBUS D&S)그림 10 SILENT GUARD(체코 ERA):
6-element FM-PCL system

그림 11 DLW002(중국)

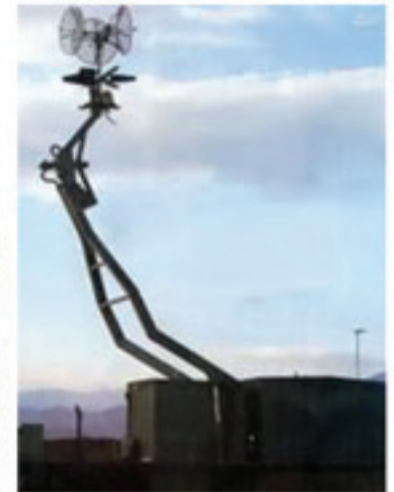


그림 12 ALIM(이란)

수동형 레이더 일종인 수동 전자지원책 추적(PET, Passive ESM²¹ Tracking)은 재밍출처·데이터링크·레이더·트랜스폰더 신호를 포함하여 항공기나 함정에서 방출되는 RF 신호를 탐지한다. PET 센서를 이용하면 방출 패턴을 바탕으로 정확하게 표적을 인식하고 전략적 전자정보(ELINT²²) 데이터베이스를 구축할 수 있으며, 여러 개의 센서를 이용하면 정확한 3D 표적 위치도 확인 가능하다(이를 '다변측정'이라고 한다).

소형 무인기와 스텔스 항공기 등 RCS 값이 낮은 표적이라도 RF 신호를 방출하기만 한다면 PET 기술로

표적을 탐지할 수 있다. 또한 주변과 어우러질 수 있어서, 통신용 기둥이나 건물 같은 민간 기반시설에 은폐하는 것도 가능하다.

최근 몇 년 사이에 일찍부터 PET 기술을 개발해 온 체코 ERA사의 수동 VERA-NG 체계에 대한 수요가 급증했다. ERA사에 따르면, 이 체계의 대역폭은 50MHz에서 최대 18GHz(광대역 탐지용, 순시대역폭 1GHz)에 이르며 작전 중 최대 400km의 탐지거리에서 200개의 실시간 표적을 동시에 추적할 수 있다고 한다. ERA사 상용 담당 이사인 온드제이 클로스트는 제인스사와의 인터뷰에서 VERA-NG가 다른 ESM 기반 방향탐지기에 비해 더 높은 거리·방위각 정확도를 달성할 수 있다고 말했다.

VERA-NG는 능동 센서와 결합되어 레이더 체계의 방위각 정확도를 개선하고, 필요하다면 독립실행형 지대공 미사일 유도를 제공할 수 있다. 이는 ELINT 수집자에 의한 감식이나 탐지를 피하기 위해 능동 레이더를 꺼둘(또는 잠깐씩만 켜서 사용할) 수 있다는 뜻이다. PET 기술의 발전을 이끈 것은 높아진 처리 능력으로, 클로스트 이사는 "이것은 단지 하드웨어에만 관련된 것이 아니라" 그 바탕에 있는 복잡한 수학적공식과도 관련된 것이라고 언급했다.

지난 2014년, NATO 정보통신국(CIA²³)은 ERA사와 VERA-NG를 기반으로 한 전개형 PET 체계 2개에 대한 계약을 체결했다. 해당 센서는 이탈리아 포지오레나티코(Poggio Renatico) 소재 NATO 전개항공지휘통제본부(Deployable Air Command and Control Centre, DACCC)에서 작전 중 공중감시 자산을 강화하는 데 사용할 예정이다.



그림 10 VERA-NG 체계(200개의 실시간 표적을 추적, 탐지거리는 최대 400km)

수동형 레이다 개발동향

NATO DARS²⁴에서는 능동 센서 및 지대공 미사일과 함께 VERA-NG를 활용할 예정이다. ERA사는 NATO 관계자들이 수동 센서에 익숙해질 수 있도록 해당 체계의 몇몇 요소를 미리 납품했으며, 센서 자체는 체코 파르두비체(Pardubice)에서 최종 시험을 거친 후 납품될 예정이다.

VERA-NG를 사용하는 것으로 알려진 또 다른 고객으로는 체코 육군이 있다. ERA사는 기술을 단계적으로 개선하기 위해 정기적으로 체코 육군과 협력하고 있다. 다른 군 고객의 정확한 수는 알려지지 않았으나, 20개국 이상이 고객이며 동유럽과 그 인근에 주로 분포한 것으로 보인다.

네트워크 지원 작전에서 항공기가 RF 신호를 전혀 방출하지 않을 가능성은 매우 낮지만, 잘 훈련된 항공기·함정 승무원이 엄격한 방출제어(EMCON²⁵) 절차를 따른다면 PET 체계의 사각지대를 만들 수 있다. 이러한 이유로 수동 가간섭성 위치확인(PCL²⁶) 체계로도 알려진 수동형 레이다 개발 및 채택이 필요하게 된다. 최근에는 여러 제조업체에서 이 기술의 성숙도를 높여 결국 상용화에 성공했으며, 현재는 수주가 이루어지고 많은 업체에서 신제품을 발표하는 중이다.

일례로, 핀란드 파트리아사는 Eurosatory 2018에서 신형 멀티스테틱 가간섭성 위치확인(MUSCL²⁷) 체계를 발표하여 자사 전자전 제품군에 수동 레이다를 추가했다. 파트리아사 사업 개발 책임자이자 전자전 전문가인 투오마스 할로넨은 "수동 레이다 기술은 오늘날의 상황에 매우 잘 어울린다"고 말했다.

할로넨 책임자는 제인스사와의 인터뷰에서 "MUSCL은 수동 레이다 체계로서 전통적 레이다와는 달리 신호를 방출하지 않고 스펙트럼의 신호를 들을 뿐"이라며 "ESM/PET와 비교하자면, 수동 레이다는 표적에서 유래된 신호를 측정하는 것이 아니라 표적 외의 방출체(제3의 송신기)를 이용하여 표적 탐지 및 추적을 달성한다"고 설명했다. 그는 이어서 "또한 MUSCL은 주파수 할당이 필요하지 않고 기존 레이다보다 비용 효율이 높아, 기존 레이다 감시 네트워크의 간극을 메우는 등의 특정 용도를 위한 MUSCL 수요가 높아지는 중"이라고 밝혔다.

파트리아사에 의하면, 이 체계는 FM(아날로그 무선) 신호와 DVB-T/T2(디지털 TV) 신호를 모두 활용하며 "수백 km" 거리 360° 탐지 능력을 갖추어 소형 무인기에서부터 스텔스 항공기에 이르는 다양한 표적 100개 이상을 동시에 추적할 수 있다고 한다. 여러 위치에 있는 여러 수신기에서 수신된 방대한 양의 데이터를 처리하기 위하여 상용 고성능 CPU/GPU가 사용된다.

MUSCL은 전개형 구성과 고정식 설치가 가능하며 기존 지휘통제 기반시설에 통합할 수도 있다. 할로넨 책임자는 "이는 회복탄력성과 은밀성, 소형 또는 저고도 비행 표적을 탐지할 수 있는 능력을 지원한다"고 말했다. 그는 또한 파트리아사가 MUSCL 상용화를 위한 마지막 단계에 있으며 이미 초기 주문을 받아 여러 고객을 위한 시험이 진행 중이라고 밝혔다. 첫 납품은 2020년 전에 이루어질 가능성이 높다.

독일 센서 제조업체 헨졸트(Hensoldt)사 대변인은 "최근 5~10년 사이 처리 능력이 높아지면서 수동 레이다를 작전에 사용할 수 있게 되었다"고 말했다. 헨졸트사는 2018년 4월 ILA 베를린 에어쇼에서 신형

24 Deployable Air Control Centre, Recognized Air Picture Production Centre And Sensor Fusion Post

25 Emission Control 26 Passive Coherent Location 27 Multistatic Coherent Location

TwInvis 수동 레이다 솔루션을 공개했다. 헨졸트사는 지난 10년간 수동 레이다 기술을 연구했으며 능동 레이다, 피아식별장치(IFF²⁸), 디지털 수신기 기술 관련 개발사항을 해당 기술에 활용했다.

헨졸트사 대변인은 "수동형 레이다 제공업체는 광대역 디지털 수신기 하드웨어, 단일칩 초고주파 집적회로(MMIC²⁹) 고밀도 패키징, 정교한 레이다 신호 처리 알고리즘, 허위표적플롯에서 실표적 위치를 구분하기 위한 매우 특별한 추적 알고리즘 같은 기술에 통달해야 한다"고 지적했다.

헨졸트사 수동형 레이다인 TwInvis는 FM 신호를 이용하여 최대 250km 거리의 대형 항공기를 탐지할 수 있으며 소형 항공기는 DVB-T 신호를 이용하여 100km 거리까지 추적할 수 있다. 최대 16개의 FM 송신기와 DAB/DAB+ 및 DVB-T/T2에서 사용하는 5종의 주파수 동시 분석이 가능하다. 헨졸트사 대변인은 "최근 수신기 기술 개선에서 진척을 이루고 그에 따라 정확도가 향상되어, 사격통제 센서에 사전 지시를 내려 대응 시간을 단축하는 데 사용할 수도 있다"고 밝혔다.

그는 또한 "TwInvis의 용도에는 능동형 레이다와 결합된 광역 항공 감시, 산악 지형에서 레이다의 '그늘' 부분 탐지, 능동형 레이다를 사용할 수 없는 항만 내에서 함정에 센서 능력 부여, 군 주둔지 방호가 포함될 수 있다"며 "물리적 특성상 스텔스 표적 탐지에도 사용 가능하다"고 설명했다.

이 대변인은 유럽의 한 고객(비공개)에게 장치 2대가 판매되었으며 양산은 2020년 내에 이루어질 가능성이 크다고 전했다.

한편, ERA사는 VERA-NG 체계를 보완하기 위해 정속 상관 레이다(SICORRA³⁰)라고 불리는 PCL 솔루션도 개발 중이다. 이는 ERA사의 이전 멀티스테틱 주 추적 레이다(Multistatic Primary Tracking Radar) 기술 연구를 주로 정속 방호(Silent Guard) 시연장치 사업을 통해 발전시킨 것이다. 파트리아사 및 헨졸트사의 PCL 체계와 마찬가지로, SICORRA는 표적이 아닌 제3의 송신기들을 활용하며 RCS 값이 낮은 표적을 포함한 3D 표적 탐지 및 추적을 제공한다.



그림 11 TwInvis 수동 레이다
(독일 헨졸트사 2018년 발표)

3. 결론

수동 센서 기술로 인하여 방공 네트워크 능력의 상당한 개선이 예상되며, 전장에서 취약성이 점점 커지고 있는 능동형 레이더 체계를 보완한다. 하지만 운용자가 이 기술을 방공 및 ELINT에 적절하게 활용할 수 있게 하려면, 수동 센서 전문지식을 현재의 능동형 레이더와 비슷한 수준까지 훈련·구축하는 일을 포함한 여러 난관이 남아 있다.

출처 1. Passive detection: NATO eyes new air-defence sensors amid Russian threat, janes.ihs.com (2018. 11. 29.)

2. Passive Radar - From Inception to Maturity, Radar Symposium, Ben-Gurion University of the Negev (2017. 02. 13.)

3. sto.nato.int

무인지상차량 개발동향

기동화력연구1팀 선임연구원 조희진

1. 개요

러시아와 미국이 무인지상차량(UGV¹) 개발을 선도하고 있으며, 몇몇 아시아-태평양 국가들에서도 무인지상차량 자체 획득을 위한 노력 중에 있다.

2000년대 초 세계 주요국가 지상군은 전장에서 병사들에 대한 위협을 상쇄하고, 전개한 부대가 종전과 같은 수준의 전투 효과성을 유지하도록 하는 한편, 적에게 부대가 노출되는 것을 최소화하는 데 있어 로봇을 활용 가능할 것으로 인식했다. 그러나 이 분야의 진보는 공중 및 해양 영역에서 이루어진 발전에 비하면 더딘 편이었다.

과거 노력들은 대부분 지뢰 및 불발탄(UXO²) 제거, 급조폭발물(IED³) 탐지 및 격퇴 등과 같이 비교적 단순한 과업을 수행하도록 설계된 소형 무인지상차량 및 로봇 분야에 집중했다. 이러한 체계들은 일반적으로 특정 위협을 처리할 목적으로 제작되었기 때문에 다른 유인 또는 무인 플랫폼과의 통신 및 협력 기능이 제한적이었다.

그러나 중국 및 한국 등 아시아-태평양 지역 국가에서 진행되고 있는 주요 추진사업과 싱가포르 등과 같이 인구가 적은 국가의 업계가 주도하고 있는 노력들은 현재 첨단 유인-무인 팀(MUM-T⁴) 운용 분야에서 가능한 기술개발에 초점을 두고 있다. 이러한 활동은 모듈형 아키텍처 및 새시 구조를 특징으로 하는 새로운 무인지상차량의 개발 그리고 원전자율 무기 플랫폼, 군수 운반차량, 정찰·감시·표적획득대용수단 등과 같은 개념의 발전으로 이어져 가히 혁명적이라고 할 수 있는 전장 양상의 변화를 예고하고 있다.

미국, 러시아와 더불어 아시아권의 주요 국가에서 추진 중인 무인지상차량 관련 개발동향을 살펴보고자 한다.

2. 미국

미 의회는 '2001년 국방수권법'에서 미 육군이 운용하는 원격조종·무인체계의 수를 늘리기 위해, 2015년까지 작전용 지상전투차량 중 무인차량이 3분의 1을 차지하도록 하는 것을 목표로 세웠으나, 이 목표는 달성되지 않았다.

공중 영역에서는 무인항공기의 능력이 널리 입증되었으며 MQ-25 스팅레이(Stingray) 무인기 같은 주력 조달 사업이 진행 중이지만, 무인지상차량 관련 개발 및 대량 생산은 그렇게 순조로운 상황이 아니다.

2018~2020년도 회계연도 간 예산 증가에도 불구하고, 미군은 폭발물처리(EOD⁵) 임무 외에는 무인지상차량을 충분히 활용하지 않고 있다. 미 국방부의 무인지상차량 관련 지출은 전체 무인체계 지출의 5%로 낮은 수준이며, 민수 부문에서는 자율주행차량 업계의 경우 10~15% 정도로 재투자 하고 있는 등 높은

1 Unmanned Ground Vehicle 2 Unexploded Ordnance 3 Improvised Explosive Device 4 Manned-Unmanned Teaming
5 Explosive Ordnance Disposal

수준의 연구·개발 투자가 이루어졌고, 상용 체계와 군용 체계 간 관련 기술 및 능력 격차는 점점 커져갔다.

지난 20년간 미 국방부의 무인지상차량 개발환경에 영향을 미친 요소는 크게 세 가지를 꼽을 수 있다.

첫 번째는 이라크 및 아프가니스탄에서의 군사작전 중 급조폭발물(IED⁶)을 상대로 한 무인체계 사용이다. 무인체계는 IED를 상대로 유효함을 보였으나, 포괄적 획득 전략은 마련되지 않았다. 미국은 그러한 전략 대신 상용기성품(COTS⁷) 체계를 빠르게 조달한 후 구조에 통합하여 능력 격차를 메우는 임기응변적 접근법을 채택했다.

이러한 격차가 존재한 것은 국방부의 주력 미래전투체계(FCS⁸) 무인지상차량 사업이 좀 더 전통적인 전구에서 사용될 대형 무인지상 플랫폼에 중점을 두었기 때문이다. 그러한 대형 플랫폼은 중동 전구에서는 작전상 불필요했으므로, 미국은 전통적 획득 사업 외의 방식으로 긴급한 수요를 충족할 무인지상차량을 획득하는 방향으로 조달 전략을 변경했다.

두 번째로, 예산 강제삭감 및 '2011년 예산통제법'으로 인한 재정적 제약에 따라, 체계 구매 방식이 시간과 비용이 과다하게 소요되는 획득 사업을 벗어나게 되었다. 이는 진행 중이던 몇몇 FCS 하부사업과 FCS 사업 후속 사업이던 전투여단 현대화(Brigade Combat Team Modernization) 사업 취소로 이어졌다.

세 번째로, 미국은 중동에서의 작전소요가 충족된 후, 좀 더 전통적인 국가 기반 군사 위협을 상대하는 아시아-태평양 지역으로 초점을 옮겼다.

이러한 요소가 미 육군에 미친 영향의 결과가 바로 EOD 작전 외에는 배치 가능한 무인지상차량이 부족한 현재의 상황이다. 게다가 FCS 사업에 투자한 180억 달러에서 수확을 거의 얻지 못했기 때문에, 변화하는 국제안보 환경의 현재 또는 미래 작전소요를 충족할 수 있는 무인지상차량이 별로 없다. 미국은 그러한 환경에서 중국 같은 거의 동등한 경쟁자의 신형 군사 능력에 대응하기 위해 노력 중이다.

그럼에도 군용 무인지상차량 분야는 지난 20년간 전 세계 군용 시장 규모가 뚜렷한 증가세를 보이며, 지난해 시장 규모가 4억 2,000만 달러에 달했으며 향후 5년 연평균 복합성장률(CAGR⁹)은 16.6%로 예측되었다. 미국이 이러한 성장의 원동력으로, 미국은 2018년에 2억 600만 달러를 지출하여 전 세계 군용 무인지상차량 시장에서 50.8%의 점유율을 차지했다. 또한 국방부는 2019 및 2020 회계연도에 무인지상차량 사업 지출을 늘릴 것이라고 밝혔으며, 2027년까지 약 12억 달러를 지출하여 CAGR 11.2%를 기록할 것으로 예측되었다.

군수 분야에서 활용되고 있는 사례는 다음과 같다. 군수용 구성 헌터 WOLF는 보병을 위한 군수 화물 운반장치로서 설계되었다. 2017년 12월 14일, SMET(미 육군 분대용 다목적 장비수송로봇) 사업 2단계 차량 4종 중 하나로 헌터 WOLF가 선정된 사실이 발표되었다. 해당 차량 20대가 구매되어 미 육군 곳곳의 보병 전투여단에 배치되었다.

미 육군은 새로운 차세대 전투차량(NGCV¹⁰) 사업의 속도를 높이는 중이며 2022~2023회계연도



그림 11 군수용 화물 수송용 헌터 WOLF

내에 시제품이 제작되기를 바라고 있다. NGCV에는 원격조종이나 반자율 또는 자율 운용이 가능한 무장 로봇전투차량(RCV¹¹)과 선택적 유인 운용 및 RCV와의 협업이 가능한 유인 전투차량이 포함된다. 육군은 내년에 소대 수준에서 첫 RCV 시험을 수행할 예정이다. 이 시험을 위해 무인형 M113 병력수송장갑차 4개를 제작 중이며, 이 로봇은 대체차량 2대에 의해 조종될 것이다. 차량 각각에 병사 4명이 탑승하여 1명은 차량을 운전하고, 2명을 로봇을 하나씩 조종하며, 1명은 로봇 탑재체를 조종하게 된다.

한편, 국방부는 미 육군 개인용 공통로봇체계(CRS-I¹²) 사업을 통해 원격 EOD 작전 기술을 대규모 추진등재사업에 도입함으로써 능력의 방향을 제시하고 있다. 국방부는 지난 3월에 키네틱사와 무게 11kg 이하의 소형 EOD 무인지상차량을 위한 1억 6,450만 달러 규모 계약을 체결했다. 첫 번째 CRS-I는 2020 회계연도에 아전 배치될 것으로 예상되며, 이 사업은 후속 계약 및 옵션을 통해 체계 최대 3,000개, 4억 달러 규모로 늘어날 가능성이 있다. 무인지상차량 기술을 차세대 체계의 핵심 능력에 포함시키는 동시에 대규모 추진등재사업에 EOD 기술을 공식적으로 도입하려는 시도가 있다.

육군부 차관 라이언 매카시는 최근 2020년 예산요청서에서 육군의 현대화에 대한 방점을 강조했다. 매카시 차관은 목표 체계가 무엇인지 정확히 밝히지는 않았으나, 육군이 구형 무기체계에서 315억 달러를 삭감하여 현대화 우선순위 6대 과제인 장거리 정밀화력(LRPS¹³), NGCV, 차세대 수직이착륙기(FVL¹⁴), 네트워크, 공중·미사일 방어, 병사 치명성을 위한 자금을 지원하는 안을 내놓았다고 전했다. 해당 현대화 관련 지출은 570억 달러에 달할 것으로 추정되는데, 여기에는 아직 밝혀지지 않은 현대화 사업을 위한 2020~2024년 예산 50억 달러가 포함된다. 그렇게 되면 신규 예산 주기를 기다리고 앉고도 새로운 위협에 대응하거나 성공적 사업에 대한 자금 지원을 지속할 수 있는 유연성이 확보될 것이다.

이는 국방부의 무인 환경에 대한 이해가 발전했으며 2017~2042 회계연도 '무인체계 통합로드맵

무인지상차량 개발동향

(Unmanned Systems Integrated Roadmap)에 제시된 대로 기술적으로 발전된 체계를 위한 자금을 늘리고 획득 절차를 개선하여 민첩성을 높일 의향이 있음을 시사한다.



그림 2 자율주행 PLS 및 M915 미 육군 트럭으로 구성된 수송대가 텍사스주 포트 후드 비도시 시험장을 지나는 모습. 경우에 따라 운전석에 병사가 앉기도 하지만 사진 속 차량은 무인으로 운용 중

3. 러시아

러시아는 미국에 이어 무인지상차량 분야의 선두주자로 지속 연구·개발 중이며, 2019년 2월 초, 새로운 무장 무인지상차량 마케(Marker) 관련 영상을 공개했다.

마케는 미국의 국방고등연구기획국(DARPA¹⁵)에 해당하는 러시아 첨단연구재단(FPI¹⁶)이 NGO 안드로이드 테크놀로지사와 협력하여 개발한 무인지상차량이다.

마케는 새로 등장한 기술과 운용개념을 시험 및 발전시키기 위해 특수부대와 상호작용을 하는 실험용 플랫폼으로 설명됐다. 이 궤도형 차량은 전면 경사면(glacis)을 갖는 것이 특징이며, 원격조종무장장치(RWS¹⁷)를 장착한다.

RWS에는 칼라시니코프(Kalashnikov) 기관총이 장착됐으며, 센서와 광학장치가 포탑 구조물 전면 및 상부에, 그리고 대전차유도미사일 2발이 기관총 맞은편에 탑재됐다.

그 밖에도 레이저 경고체계, 열상 센서, 주야간 적외선 카메라, 레이저 거리측정기, 표적 탐지장비, 조기경보체계, 식별·추적장비 등 다양한 임무체계들이 포함될 가능성이 있다.

이 무인지상차량은 원격으로 제어하거나 병사와 함께 운용할 수 있으며, 병사의 무기 조준경이 제공하는 표적지시정보를 수신할 수 있다.

마커는 공개 정보 아키텍처를 이용하여 설계됐기 때문에 큰 개조 없이도 미래 기술을 용이하게 통합할 수 있다.

FPI는 종전에 페도르(FEDOR¹⁸)로 불리는 휴머노이드 로봇도 개발한 바가 있다. 이 로봇은 양팔을 사용해 권총을 쏘고 차량을 조종하며, 앞드려 팔굽혀펴기를 할 수 있도록 설계됐다.



그림 3 러시아의 마커(Marker)

4. 중국

중국 지상군은 전군 차원의 현대화 노력의 일환으로 무인전차 기술 도입을 추진하고 있으며, 이를 통해 병력 및 진부화된 장비를 줄이는 한편, 현대식 차세대 능력을 도입하려고 한다.

2018년 3월, 중국중앙텔레비전(CCTV¹⁹)는 포탑 상부에 안테나를 추가 장착한 채 원격 운용되는 중국 지상군의 Type 59 주력전차(MBT²⁰)가 모처에서 시연 활동을 펼치는 장면을 보도했다. 이 36톤형 무인 MBT는 독립된 운용장치를 이용해 병사 1명이 원격으로 조종할 수 있다.

CCTV 보도에 따르면, 중국 지상군이 자율적인 운행, 감독 통제, 기계 인식, 심층 학습, 차량 제어 작동 및 원격운용 기법 등을 포함하여 관련 기술을 시험 중이라고 한다. 중국 군이 무인전차 개발과 관련해 자세한 내용은 공개하지 않았으나, 중국 분석가들은 점차적으로 현대식 Type 96 및 Type 99 MBT로 대체되고

무인지상차량 개발동향



그림 2 중국 군의 Type 59 MBT가 원격제어장치를 통해 운용되고 있는 장면(CCTV)

있는 구식 Type 59 및 Type 69/79 MBT의 상당수가 무인전투 및 화력정찰(reconnaissance by fire) 플랫폼으로 전환될 것이라고 전했다. 이러한 플랫폼은 유인 체계를 전투에 투입하기 앞서 적 부대 위치를 발견하고 공격하는 전력 승수요소로 사용될 수 있다는 설명이다.

중국 국영매체 Global Times는 “장차 무인전차가 다른 무인 플랫폼과 협력할 수 있을 것이며, 또한 감시위성, 항공기, 잠수함 등에서 수집한 정보를 통합할 수 있을 것이다”며 이러한 차량들이 더욱 빠른 속도와 높은 치명성을 발휘하면서 지속적인 전투 수행 능력을 발휘할 수 있을 것이라고 보도했다. 또 이 신문은 “CCTV에서는 원격제어 방식으로 전차를 운용하는 시연을 보여주었지만, 앞으로 이러한 무인체계가 재래식 전차와 동일한 전투능력을 달성하려면 해결해야 할 기술적 과제들이 아직 많이 남아있다”고 했다.

한편, 중국군에 지상전투 플랫폼 및 무기를 공급하는 주요 방산업체인 노린코(중국북방공업공사)가 중국 국내에서 무인지상차량 사업을 선도하고 있으며, 현재 전투, 군수용으로 최적화된 새로운 무인지상차량 시제품을 4종 개발하고 있다. 2018년 말 베이징에 기반을 둔 이 회사가 공개한 무인지상차량 시제품에는 6톤형 킹레오파드(King Leopard) 궤도형 정찰·돌격 무인지상차량이 포함되며, 이 무인지상차량은 고위협 환경에서 공격 및 전투차량에 대한 정찰지원 임무를 수행하도록 설계됐다.

킹레오파드 무인지상차량은 디젤 엔진을 탑재하며, 23mm 전동 체인건으로 무장한다. 이 무기는 철갑탄, 고퍽탄 등 다양한 탄을 발사할 수 있는 것으로 알려졌다. 안테나 기둥에 설치된 전자광학/적외선(EO/IR²¹) 센서는 고해상도 주간 카메라, 열상장치, 레이저 거리측정기로 구성되어 유인 체계를 대신해 주야간 정찰 및 표적획득 임무를 수행할 수 있다.

또한 중국군은 1.2톤형 캐벌리(Cavalry) 경량 궤도식 다목적 무인지상차량도 개발 중에 있다. 이 무인지상차량은 7.62mm 기관총과 한 쌍의 무유도식 80mm 대장갑 또는 파괴용 로켓발사기로 무장한 개량형 UW1 RWS를 장착한다. 전동 구동식 캐벌리는 또한 RWS에 내장된 주간용 카메라 및 열상장치, 상황인식 능력 개선을 위해 안테나 기둥에 설치되어 독립적으로 회전할 수 있는 센서 등으로 구성된 다양한 EO/IR 장비들을 갖는 것이 특징이다. 캐벌리는 원격운용, 인원거동, 경로점 주행 등 3개 제어모드를 이용하여 높은 수준의 자율성을 발휘하는 것으로 알려졌다. 이 무인지상차량은 휴대형 제어장치를 통해 제어할 수 있는데, 제어장치는 RWS의 센서, 마스트에 설치된 EO/IR 장비, 차체에 설치된 LIDAR 센서 및 카메라가 수집한 영상과 지형 데이터를 통합해 주행 정확도를 개선할 수 있다. 또 RWS는 무인지상차량 운용자의 인지적 부담을 줄이기 위해 별도의 콘솔을 통해서도 제어할 수 있다.

노린코 대변인은 제인스사에 “자율 체계의 시야 및 거동 제한은 자율 무인지상차량을 전력화하는 데 있어 직면하는 어려움 중 하나였다. 매우 복잡한 지상환경에서 운용하려면 고충실도의 센서가 요구되며, 이는 차량의 안전성 보장 그리고 특히 기동 능력과 직결된다. 그러나 고충실도 구현을 위해서는 높은 수준의 정보 처리 연산 능력이 또한 필요하다”고 했다.



그림 5 중국 노린코의 킹레오파드



그림 6 중국 노린코의 캐벌리

무인지상차량 개발동향

5. 한국

한국은 2006년부터 다목적 견마로봇을 시작으로 무인수색차량 등 국방 무인·로봇 개발을 단계적으로 추진하고 있다. 합참은 합동군사전력목표기획서에 폭발물 탐지·제거 로봇과 무인 경전투차량 전력화 방안을 확정하고, 무인수색차량 및 정찰용 소형무인전투차량 등 20여종을 2045년까지 전력화할 계획으로 추진 중에 있다.

한화디펜스는 고양시에서 개최된 최첨단 지상무기 전시회 DX Korea 2018에 6×6 전투용 무인지상차량 시제품을 출품했으며, 이 시제품은 개선 작업을 더 거쳐 한국 육군의 미래 수요를 충족시킬 예정이다.

한화는 2017년 성공적인 기술시연 및 야전시험을 실시한 이후 한국 방위사업청 및 국방과학연구소가 추진하는 육군용 미래 무인정찰·전투차량 개발 사업의 주 계약업체로 선정되었다.



그림 2 한화디펜스의 한국 육군용 무인전투차량 시제품

한화테크윈은 산하 국방로봇팀이 개발 중인 6톤형 시제 무인지상차량은 현재 무인지상전투차량으로 불리며, 길이 약 4.6m, 폭 2.49m, 높이 1.85m이며, 신축식 센서 마스트를 갖추었다.

이 시제는 탑재 중량이 약 1,000kg이고, DX Korea 2018 전시 당시 S&T Motiv 12.7mm K6 중기관총으로 무장한 안정화된 RWS를 장착했다. 하지만, 이 무인지상차량은 특정 임무를 수행하기 위해 다른 무기도 장착할 수도 있다. 전시회 다른 곳에서는 7.62mm 기관총뿐만 아니라, 대전차유도미사일(ATGM²²) 발사기 1대와 미사일 2발로 무장한 RWS 장착 축소 모형이 전시됐다.

또 한화지상방산은 레이볼트(Raybolt, 현궁(峴弓)) ATGM 통합도 검토 중이다. 레이볼트는 LIG넥스원의 ATGM으로 탠덤식 대전차고폭탄 성형작약 탄두를 장착하고 있어 폭발반응장갑 아래 900mm 두께의

균질압연 강철장갑을 관통할 수 있다.

이 무인지상차량은 또한 운용자의 상황인식능력 및 스텔스 기능을 강화하도록 설계된 마스트 장착식 EO/IR 터렛이 특징으로, 무인지상차량은 적 움직임 관측 시 지형을 이용해 은폐할 수 있다. EO/IR 터렛은 또한 레이저 지시기를 장착하여 다른 우군부대에서 발사되는 정밀탄 또는 간접화력 무기를 유도할 수 있다.

무인지상차량 생존성은 차체에 필요시 경량 복합재 장갑판을 부착하여 소화기 사격 및 파편에 대한 일정 수준의 방호력을 제공함으로써 강화됐다.

현재 무인지상차량에는 디젤엔진이 탑재됐지만, 한화디펜스는 양산시에 연료전지나 리튬이온 배터리로 구동되는 하이브리드-전기 추진체계를 도입하는 방안을 검토 중이다. 이 구상이 실현될 경우 6X6륜형 허브 모터에 전기를 공급해 최대 도로속도가 60km/h에 이를 수 있다. 각 바퀴에는 독립적 현수장치 및 조향 기능이 적용되어 험난한 지형에서도 기동성을 개선할 수 있을 뿐만 아니라, 무인지상차량의 360도 선회를 지원한다.

이 무인지상차량은 탑재된 센서와 차체 전후방 및 측면에 설치된 고해상도 카메라를 통해 개선된 상황인식 능력을 제공하며, 최대 약 2~4km 거리에 있는 위협을 탐지할 수 있다.

또한 모듈식 운용자 제어장치(OCS²³)를 통해 운용할 수 있는데, 이 OCS는 EO/IR 터렛, 차체에 설치된 센서 및 카메라가 촬영한 영상과 상태 및 성능 데이터를 통합하며, 운용자가 6km 반경 내에서 무인지상차량을 조종할 수 있도록 지원한다. OCS는 사용자 요구조건에 따라, 고정시설 또는 지휘차량에 설치할 수 있다. 현재 이 OCS는 차량 1대를 제어할 수 있지만, 향후에는 동시에 2대 이상을 제어할 수 있도록 한다는 계획이다.

6. 싱가포르

싱가포르 국방과학기술청(DSTA²⁴)은 국가의 주요한 방산조달·개발기관으로서 10년 이상 동안 호위로봇 실용화 방안을 연구해왔다. 공식 문서에 따르면, DSTA 엔지니어들이 시연용 무인지상차량량을 시험했으며, 궤도형 M113A2 APC 파생형으로 광범위한 개조를 거친 이 시연용 차량은 입체 영상 카메라 세트, 전하결합소자(CCD²⁵) 및 적외선(IR²⁶) 카메라, GPS, 관성측정장치, 레이저 스캐너, 액셀러레이터, 브레이크, 스티어링 액추에이터 등이 특징으로 자율적인 경로점 운행, 장애물 회피, 도로 및 차량 추종 주행 등이 가능하다.

DSTA에 따르면, 또한 간접 주행 테스트베드(IDT²⁷)를 시험했으며, IDT는 장갑차 외부에 설치된 카메라가 제공하는 실시간 비디오 영상을 통해 조종수가 완전히 해치를 밀폐한 조건에서 주행할 수 있도록 지원한다.

23 Operator Control Station 24 Defence Science and Technology Agency 25 Charge-Coupled Device 26 InfraRed
27 Indirect Driving Testbed

무인지상차량 개발동향

DSTA 보고서는 "이들 두 기술은 보완적이며, 두 기술을 통합할 경우 반자율적 무인지상차량과 유인지상차량을 실전에 투입할 수 있는 여건이 마련되게 된다"고 했다. DSTA에 따르면, 무인지상차량은 시각유도체계(VGS²⁸), 차량조종체계(VPS²⁹), 차량제어체계(VCS³⁰), 원격운용제어체계(TCS³¹), 통신체계(RCS³²) 등 5개 하부체계로 구성된다고 한다.

자율 기능의 핵심 과제 중 하나는 기계인식(machine perception) 능력이며, 이 능력은 로봇이 3D 환경의 방대한 정보를 수집 및 처리하고, 실시간으로 의사를 결정하는 데 필요하다고 DSTA 엔지니어들은 설명한다.

또 입체 영상 체계, 레이저 스캔 모듈을 포함한 상용기성품(Commercial Off-The-Shelf, COTS) 하드웨어도 통합되어 비구조화된 지형에 대한 기계의 시각인식이 가능하게 되었는데, 이러한 능력은 CCD 및 열상카메라를 운용하는 도로 분할 및 야간 조종모듈과 결합될 경우 색상 및 IR 데이터를 사용한 깊이 인식이 가능해 주야간을 막론하고 도로와 초목을 구분할 수 있다.

무인지상차량 개발 현황은 상세히 알려지지 않았으나, 이 사업은 무인전투차량 실용화를 위해 비밀리에 추진 중인 다른 개발 사업에 영향을 줄 것으로 관측된다.

ST 엔지니어링 랜드 시스템사 산하 KDS 자회사는 InfiniDrive HMX3000 변속기를 출시했으며, 이 변속기는 600hp~800hp 출력의 엔진을 탑재한 총 차량중량 최대 36톤의 궤도형 차량용으로 설계됐다. 이 무한변속기(IVT³³)는 회사가 특허권을 가진 경량(IPM³⁴) 베리에이터(variator)를 사용하여 전진 및 후진 시 동일한 속도를 내게 해준다. CAN 버스 기반 HMX3000 변속기는 원격제어/자율제어 능력이 주요한 특징으로 별 다른 개조 없이 대형 무인전투차량에 장착할 수 있다.

동 회사 엔지니어는 제인스사에 "차량 이동을 제어하기 위해 기계식 액추에이터를 사용한 볼트 체결식 변속기의 종전 궤도형 로봇차량과 달리, HMX3000은 무인지상차량 베티로닉스(Vetronics, 전자장비) 아키텍처에 완전히 통합되어 가속, 제동 및 조향 시 변속 충격이 없다는 장점이 있다"며 이 변속기가 싱가포르 군을 위해 생산 중인 차세대 장갑전투차량(NGAFV³⁵)에 장착될 것이라고 덧붙였다.

7. 맺음말

지난 10년 동안, 컴퓨터 및 네트워크 기술 분야에 이루어진 발전 덕분에 전장용 로봇 현실화에 한 걸음 더 나아가게 됐다. 로봇 기술이 발전되고, 전 세계 각 군에서 더욱 광범위하게 이 기술을 채택함에 따라, 미래 전장에서 로봇이 점점 더 중요한 역할을 수행하게 될 가능성이 있다. 그러나 이들 체계의 유망한 이점을 완전히 구현하기 위해서는 충분한 교리 및 운용 개념 발전이 전제되어야 한다. 로봇 기술 수준의 성숙화

28 Visual Guidance System 29 Vehicle Piloting System 30 Vehicle Control System 31 Teleoperation Control System
32 Robust Communications System 33 Infinitely Variable Transmission 34 Integrated Pump Motor
35 Next Generation Armoured Fighting Vehicle

무인지상차량 개발동향

이외에도, 무선 애드혹 통신 네트워크 및 비가시선 무기가 확산됨에 따라, 무인지상차량 운용의 유용성 수준도 증가하게 될 것이다. 그 결과, 이러한 새로운 패러다임 내에서 적절성을 유지할 수 있도록 미래 유인전투차량 또한 새롭게 설계되어야 할 것이다.

미 육군의 2017년 로봇자율체계(RAS³⁶) 전략을 보면, 적대세력이 미군의 강점을 방해하고, 식별된 약점을 활용하기 위해 새로운 전술을 운용할 뿐만 아니라, 광범위한 첨단 로봇·자율체계 기술을 개발 및 채택하고 있기 때문에 미 육군이 RAS 능력을 추구해야 한다고 밝히고 있다. RAS 전략이 제시한 5대 능력목표에는 상황인식 능력 강화, 병사들의 육체적 및 인지적 부담 경감, 군수능력 강화, 이동 및 기동성 촉진, 부대 방호 및 이격거리 증가 등이 포함된다. 미국은 NGCV 사업에 따라, 육군은 궁극적으로 옵션으로 유무인 겸용 전투차량(OMFV³⁷)을 획득할 계획이며, OMFV는 전용 RCV뿐만 아니라 2026즈음에 브래들리 장갑차를 대체하기 시작할 것이다. 육군은 현재 RCV를 세 가지 중량(소형, 중형, 대형)범주로 계획하고 있다.

RCV는 기술 및 교리 관점에서 볼 때 여전히 야심찬 개념이며, 기술 및 교리 모두 복잡한 지상기동작전을 수행하기에는 상대적으로 초기 단계이다. 슈머 대령은 “운용개념 및 교리를 발전시키기 위해 해야 할 숙제가 많다. 예산을 낭비하지 않도록 교리를 먼저 발전시키고, 그 다음 기술에 투자하는 것이 가장 좋은 방안이라고 주장할 수 있다. 그러나 현재로서는 우리가 무엇을 모르는지조차도 모르기 때문에 일을 빨리 진행하기 위해 함께 추진해야 한다고 본다”고 말했다.

또한 향후 무인지상차량을 개발함에 있어 중요한 요소는 소프트웨어 및 공동 인터페이스가 될 것이다. 이를 통해 육군은 먼저 일차적으로 개발된 차량을 배치하고, 이후 수명주기 동안 소프트웨어를 개선하여 반복적으로 차량을 개량할 수 있게 될 것이다. 이러한 소프트웨어 주도 접근방법은 차량의 능력을 점진적으로 증가시키고, 전장에서 유인 플랫폼과 함께 전술적 기동을 할 수 있도록 할 뿐만 아니라, 알고리즘이 개선됨에 따라 표적탐지와 같은 능력을 강화시킬 수 있을 것이다.

출처 1. Robot wars: Asia Pacific countries pursue robotics for future ground combat, janes.ihs.com (2019. 2. 22.)

2. Follow the leader: US Army unmanned ground vehicle programmes, janes.ihs.com (2019. 4. 10.)

3. EOS Defence Systems Launches New T2000 Turret for Armoured Vehicles, defpost.com (2019. 3. 23.)

소화기용 탄 발전 추세

기동화력연구1팀 책임연구원 박정운

1. 소총 및 기관총용 탄

표준 보병 소총 및 기관총용 탄은 여전히 전술적으로 가장 중요한 소화기용 탄이다. 20세기 중반까지 대부분의 국가는 구경이 약 7.5~8mm인 소총과 3,000~4,000J의 총구 에너지를 내는 탄을 표준으로 삼았다. 이러한 탄 대다수는 19세기 말 또는 20세기 초에 뿌리를 두고 있다. 영국 .303(7.7×56mm)탄은 1888년에 채택되어 1910년에 최종 형태에 도달했으며 1957년까지 사용되었다. 미국 .30-06(7.62×63mm)탄은 1906년부터 1957년까지 사용되었다. NATO 내 소화기 구경 표준화를 위해 이들 두 탄을 대체한 현재의 7.62×51mm NATO탄은 탄도 성능을 눈에 띄게 향상시키지는 않았다. 이 탄이 이룬 것은, 추진제 기술 개선을 통해 기존보다 짧은 탄피로 이전 탄과 비슷한 탄도 성능을 낼 수 있도록 하고 그에 따라 탄의 무게와 부피를 약간 줄인 것이다. 러시아군은 가장 오래 사용된 7.62mm탄을 보유하여, 1891년에 도입된 7.62×54mm탄을 아직까지 사용 중이다. 이 탄의 탄도 등급은 7.62mm NATO탄과 동일하며 신규 구경으로 교체될 조짐은 보이지 않는 상황으로, 러시아는 자동 및 반자동 화기에 테두리가 돌출된 탄피를 넣는 것과 관련한 문제를 이미 오래 전에 극복했다.

서구의 구형 소화기용 소총 구경 탄이 7.62mm NATO탄으로 대체되기 몇 년 전, 당시 소련은 제2차 세계대전 막바지에 독일에서 도입된 '중간탄' 또는 '돌격소총'탄 개념을 활용 중이었다. 이 탄에 '중간'이라는 이름이 붙은 것은 탄의 총구 에너지가 약 1,400~2,000J로 화력 면에서 강력한 소총탄과 그보다 훨씬 약한(약 400~600J) 권총 및 기관단총(SMG¹) 구경 탄의 중간에 해당하기 때문이다. 중간탄 채택은 전장 분석을 통해 이루어진 것으로서, 이 분석에서 보병 소총 교전의 90%가 300m 이내 거리에서 벌어지기 때문에 1,000m 또는 그 이상 거리에서 유효하도록 설계된 탄과 소총이 별로 필요하지 않다는 사실이 확인되었다.

화력이 강한 탄보다 작고 가벼우며 훨씬 적은 반동을 일으키는 중간탄이 채택되면서, 전통적 소총과 SMG 양쪽 모두를 대체할 수 있는 발사방식 선택이 가능한 카빈 개발이 이루어졌다. '돌격소총'이라는 용어는 독일에서 이 신형 화기를 위해 만든 것으로, 독일은 1944년에 기관권총(MP 43²)을 돌격소총(StG 44³)으로 재명명했다. 이는 대규모로 사용된 최초의 진정한 돌격소총이었다. 그 뒤를 이어 1940년대 말에 소련 AK(Avtomat Kalashnikov, 칼라시니코프가 설계한 자동소총)가 등장했으며 이 소총은 이후 다른 여러 나라에서 매우 많은 수가 생산되었다. 조금은 놀랍게도, StG 44와 그 7.92×33mm '쿠르츠(Kurz)'탄은 개발된 지 매우 오래되었음에도 불구하고 아직 사용 중이며 가장 최근에는 중동의 비정규군에서 이를 사용하는 것이 확인되었다. 세르비아 프르비파르티잔사는 해당 탄 생산을 재개했다.

서구의 경우, 1960년대 초 미국이 M16을 도입하기 전까지는 중간 구경 돌격소총 개념이 실현되지 않았다. M16은 1965~1972년 베트남전에서 제한적으로 사용된 후 일반보급품이 되었다. 먼저 등장한

AK와 마찬가지로, 5.56×45mm탄을 사용하는 M16은 군사 역사에서 특히 큰 성공을 거둔 보병 화기 중 하나이다. 1980년에 5.56×45mm탄(벨기에 SS109탄)이 7.62×51mm탄을 보완하기 위한 NATO 표준 구경으로 공식 채택되었다. 러시아군 역시 이 '소구경 고속' 개념에 관심을 가지게 되어 1970년대 중반에 5.45×39mm탄을 도입했으며 처음에는 AK-74에서 사용했다. 이는 아직도 러시아 재래식 병력이 사용하는 탄으로 남아 있으나, 많은 특수부대가 구형 AK의 7.62×39mm M1943탄을 더 선호하며 이 탄은 러시아에서 계속 사용 중이다. 좀 더 최근에는 중국이 뒤를 이어 새로운 중간탄인 5.8×42mm탄을 도입했다. 원래 계획은 이 탄으로 7.62×54mm탄 및 7.62×39mm탄을 대체하는 것이었으나, 그러기에는 탄의 장거리 성능이 부족한 것으로 드러났다. 하지만 이후 많은 개발 작업을 통해 5.8mm탄 성능이 개선되었다. 어디에서나 흔히 볼 수 있는 5.56×45mm탄 및 7.62×39mm탄과는 달리, 5.45mm탄과 5.8mm탄 사용은 주로 해당 탄을 개발한 국가로 제한될 것으로 보인다. 동유럽 국가 대부분은 현재 5.56mm NATO탄을 채택한 상태이다.



그림 1 MK318 모드 0 5.56mm 탄

영국과 미국, 독일의 아프가니스탄 및 이라크 파견 부대에서 5.56mm SS109탄(미군의 경우 M855탄)의 사거리 및 치명성 부족을 여러 차례 보고했는데, 특히 문제가 된 것은 미국 M4 같은 총열이 짧은 카빈이었지만 총열이 더 긴 영국 L85A2에서 탄을 발사하는 경우에도 문제가 있었다. 이러한 상황은 소말리아에서도 발생했다. 치명성 문제가 발생한 것은 작은 탄자가 칩탄 시 확실하게 휘어지지 않고 표적을 똑바로 관통하여 큰 효과를 내지 못하는 경우가 있다는 사실 때문이었다. 이 문제로 인해 미국에서 개선된 5.56×45mm탄 개발을 추진하게 되었다. 초기에 개발된 것은 MK262탄인데, 탄자 무게가 5g으로 SS109탄의 4g보다 무겁다. 이 탄은 특히 총열이 짧은 카빈에서 발사하는 경우 SS109/M855탄보다 종말

소화기용 탄 발전 추세

탄도 성능이 나은 것으로 입증되었으며 미군 특수부대, 그리고 좀 더 최근에는 뉴질랜드 육군에서 사용 중이다. 2010년에는 미 해병대에서 미 특수작전사령부(SOCOM⁴) 신형 MK16 SCAR 소총을 위해 개발된 MK318 모드 0 SOST⁵탄을 M855탄 대체용으로 채택했다. SOST탄의 경우, 탄자 무게는 4g으로 동일하며 대부분 순수 구리 소재로 제작되고 앞쪽에 납으로 된 탄심이 들어 있으며 MK262탄과 비슷하게 앞쪽 끝이 뚫려 있다. 앞쪽 끝이 뚫린 탄은 군용으로 합법적인데, 이는 그렇게 끝이 뚫린 형태가 제조 공정에 따른 것일 뿐 치명성을 높이기 위해 의도된 것이 아니기 때문이다. 미 육군은 그와는 달리 M855A1 무납탄(LFS⁶)을 개발했는데, 개발 목표는 성능을 개선하는 동시에 훈련장의 납 오염을 줄이는 것이었다. 이 탄은 이후 M855A1 성능강화탄(EPR⁷)으로 이름이 변경되어 2010년 중반에 군에 도입되었다. 이 탄 역시 주로 구리 소재를 사용하지만 앞쪽 끝에 대형 강철 관통자가 튀어나온 것이 특징이다. 그 덕분에 장갑 관통력과 연성 표적을 상대로 한 유효성이 모두 개선되었다. 미 의회는 이러한 사업 중복에 반대하여 육군과 해병대가 동일한 탄 사용에 합의하도록 압력을 가했으며, 당연하게도 육군이 해당 논쟁에서 승리하게 될 것으로 보인다.

영국 BAE 시스템스사도 강철 소재 탄심을 사용한 무납 5.56mm '성능강화'탄을 개발했으며, 이 탄은 L31A1로 명명되었다.

그러한 개선에도 불구하고, 5.56mm 화기의 유효사거리 부족 문제로 인해, 먼 거리에서의 교전이 잦은 아프가니스탄에서는 순찰 시 소형 총과 함께 7.62mm 소총 및 기관총을 휴대하게 되었다. 미국은 또 다시 7.62mm NATO탄에 신형 탄 2종을 도입했다. 미 해군은(미군 특수부대와 미 해병대를 대표하여) 크기를 확대한 SOST탄인 MK319를 개발했으며 육군은 대형 버전 EPR인 M80A1을 개발했다. 흥미롭게도, 이 두 탄의 탄자 무게는 130그레인(8.4g)으로 표준 NATO탄 탄자 무게 9.5g보다 훨씬 가벼우며 NATO STANAG 요건을 충족하기 위한 최소 무게에 해당한다. 이들 탄은 기관총보다는 총열이 짧은 카빈에 최적화된 것으로 보인다. 그에 반해 영국의 신형 L59A1탄(기본적으로 SS109탄의 크기를 7.62mm로 늘린 버전)은 일반적인 경우보다 더 무거워, 탄자 무게가 STANAG에 의해 허용되는 최대 무게인 10.0g이다.

다른 국가들도 분대 수준에서 7.62mm NATO탄 사용을 늘리고 있다. 뉴질랜드 육군은 최근에 해당 구경 지정사수화기(DMW⁸)를 채택했으며 5.56mm 미니미(Minimi) 경기관총을 7.62mm 버전으로 교체하는 중이다. 터키는 신형 보병 소총을 5.56mm 구경이 아닌 7.62mm 구경으로 결정했으며, 인도 역시 비슷한 결정을 내렸다.

미 육군 병사사업실(Programme Executive Office Soldier) 2011년 8월 보고서 '이중 경로 전략 시리즈: 제3부-병사 전장 유효성'은 여러 주제 중 하나로 소화기 관련 요구조건을 다루면서 다음 발췌문에서 드러나듯이 몇 가지 중요한 부분을 지적했다.

"병사는 8m 거리에서든 800m 거리에서든 자신이 마주한 위협과 교전할 수 있어야 한다... 분대는 모든 작전 환경에서 유효성을 최대화할 수 있도록 다양한 능력을 갖출 필요가 있다."

“궁극적으로, 육군 제식 소총은 본질적으로 범용이어야 하며 다양한 작전 환경에서 수행될 수 있는 광범위한 임무를 위한 최적의 성능에서 균형을 유지하는 일련의 절충이 이루어져야 한다. 세계 각지에서 수행되는 임무로 병사들이 섬과 산, 밀림과 사막을 오가는 상황에서, 다른 환경에서의 작전이 요구될 때마다 육군에서 새로운 제식 소총 110만 정을 구매할 수는 없다... 체계의 인간공학에는 구경과 총열 길이의 상당한 설계 절충이 내재되어 있다.”

“일부에서는 특성을 절충하는 것이 아니라 단순히 분대 내 플랫폼의 다양성을 늘리는 방안을 제시할 수도 있다. 다양한 능력을 갖추는 것이 유익하기는 하지만, 체계 다양성이 지나치게 높아지면 부대가 총격전에서 탄창과 탄을 바꿔가며 사용하기가 어려워진다. 좀 더 큰 규모에서 보자면, 각 부대 및 아군 사이에서 표준화가 이루어지면 군수지원이 용이해질 것이다... 궁극적으로, 특정 표적을 상대하는 작전요원 입장에서 최선의 화기와 다양한 표적을 상대해야 하는 전체 육군 입장에서 최선의 화기는 같지 않을 것이다.”

“화기는... 정확성이 높아야 하며 적보다 더 먼 거리에서 교전이 가능해야 한다.”

이러한 발췌문 모두가 특화된 화기보다는 범용 화기, 즉 단거리 가옥 소탕에서부터 장거리 교전에 이르는 모든 상황에서의 사용에 적합한 보병 소총·기관총의 가치를 말하고 있다. 병사 중 극히 일부만이 유효한 장거리 소총 사격을 위한 사격술을 갖추었다는 주장이 가능하겠지만, 그 문제는 발전된 소총 조준경 개발을 위한 다양한 계획을 통해 해결 중이다. 병사사업실 보고서에는 다음과 같이 적혀 있다.

“국방고등연구기획국(DARPA⁹)이 동적영상 조준경 광학장치(DInGO¹⁰) 사업을 통해 광학장치 개선 계획을 이끌고 있다. DInGO 사업의 목표는 소총의 유효사거리 전체에서 모든 병사를 명사수로 변신시킬 소총 조준경을 개발하는 것으로, 이 조준경은 표적 명중을 위해 필요한 모든 탄도 조정사항을 자동으로 표시함으로써 정확한 표적 타격을 지원할 것이다.”

범용 능력을 위한 열쇠는 탄 선택이다. 앞에서 확인했듯이, 미국은 5.56mm탄의 유효성 부족과 관련한 비판을 극복하기 위해 많은 노력을 기울였으나, 그렇게 가벼운 탄의 경우 400m 이상 거리에서 유효성이 빠르게 떨어진다는 사실은 널리 인정되는 바이다. 이는 범용탄에 요구되는 사거리의 절반에 불과하다. 7.62mm NATO탄은 당연하게도 800m 및 그 이상 거리에서 유효하지만, 그 나름대로의 문제가 있다. 소총의 반동이 강해 정확한 사격을 위해 더 많은 훈련이 필요하며, 그러한 훈련이 이루어졌다 하더라도 조준 사격 속도가 느리고 자동 사격 시 탄 제어성이 떨어진다. 게다가 총과 탄이 모두 무거워서 7.62mm 기관총 탄띠 무게는 5.56mm 탄띠의 2배에 달한다. 병사가 휴대하는 과다한 짐을 줄이기 위해 엄청난 노력이 이루어지고 있음을 고려할 때, 이는 중대한 문제이다.

미 육군 무기 연구개발·엔지니어링센터(ARDEC¹¹)는 2009~2010년에 미래 보병 소총을 위한 최적의 탄에 대한 연구를 수행했다. 5.56mm탄과 7.62mm탄 양쪽 모두와 그 중간 구경의 다른 탄에 대한 시험이 이루어졌다. 탄 실사격을 포함한 이 연구에서는 유효사거리, 명중 확률, 다양한 표적을 상대로 한 종말 유효성

9 Defense Advanced Research Projects Agency 10 Dynamic Image Gunsight Optic

11 Armament Research, Development and Engineering Center

소화기용 탄 발전 추세

무게, 반동을 포함한 다양한 성능 측면을 평가했다. 결론은 6.35~6.8mm 구경이 명백히 최적의 전체적 특성 균형을 갖추었다는 것이었다.

그에 뒤이어 2012년에는 미 육군 사격단(AMU¹²)에서 미래 보병 소총을 위한 탄의 선호 특성을 분석하여 6.5mm 또는 6.8mm(더 가벼운 무납형의 경우) 구경이 최적이라는 결론을 내렸다. 현재는 이를 바탕으로 2종의 신형 탄 264 USA 및 277 USA(각각 6.5mm, 6.8mm) 개발이 진행 중이다.

이는 소화기 역사 연구자에게는 전혀 놀라운 소식이 아닐 것이다. 거의 100년에 걸친 여러 연구에서 비슷한 결론이 나왔으며 그에 따라 그러한 탄을 도입하려는 시도가 몇 번 이루어졌으나 실패했음을 알고 있을 것이기 때문이다. 특히 흥미로운 예로는 영국도 큰 관심을 가졌던 1920년대 미국의 .276(7mm) 피더슨(Pedersen)과 제2차세계대전 말에 이루어졌으며 .270 및 .280/30(6.8mm 및 7mm) 두 가지 옵션을 결론으로 제시했던 영국의 연구가 있는데, 양쪽 모두 기술적 이유보다는 정치적 이유로 실제 도입에는 실패했다.



그림 2 소화기용 탄 비교

현재 그러한 탄, 즉 7.62mm탄과 같은 수준의 장거리 탄도 성능을 낼 수 있으면서 무게와 반동은 훨씬 덜한 탄을 개발하는 것은 어렵지 않을 것이다. 사실 해당 성능 수준에 속하는 몇몇 탄이 이미 존재하며 탄약 편람(Ammunition Handbook)에 실려 있다. 그중에서 가장 큰 관심을 끈 것은 6.8×43mm 레밍턴(Remington) 특수목적탄(SPC¹³)으로, 이 탄은 구경이 5.56mm보다 큰 것 외에도 더 많은 추진제를 담기 위해 더 굵은 탄피를 사용한다. 하지만 이 탄은 단거리에서는 매우 효과적인 반면 범용탄에 요구되는 장거리 탄도 성능을 갖추지 못했다. 이는 주로 태생적인 짧고 뭉툭한 형태로 인한 것이다. 6.5×38mm 그렌델(Grendel)은 그보다 더 굵고 짧은 탄피를 이용하여 7.62×51mm탄과 같은 수준의 탄도 성능을 낼 수 있는(단, 긴 총열에서 발사되는 경우로 한정됨) 긴 탄자 사용이 가능하다. 이러한 탄의 전체 길이는 기존 군용

소총 및 기관총 설계 개조가 용이하도록 5.56×45mm탄과 비슷한 수준으로 유지되었다.

2013년 11월, 미 육군은 병사용 경량 자동기관총(LDAM¹⁴)과 전투용 경량 자동화기체계(CLAWS¹⁵)라는 두 가지 신형 소화기 사업을 발표했다. CLAWS는 이후 차세대 분대 화기(NGSW¹⁶)로 명칭이 변경되었다. 아직 자세한 내용은 거의 공개되지 않았으나, LDAM은 향후 7.62mm M240 중형기관총(FN MAG)과 하차병사용 .50 구경 M2 중기관총을 대체하기 위한 것으로 보인다. NGSW 사업은 교체 가능한 총열과 개머리판, 부속품을 갖춘 모듈식 화기 제품군 단 하나로 모든 기존 5.56mm 소총·카빈·경기관총을 대체함으로써 공통 부품 키트로 카빈, 돌격소총, 분대 지정사수소총, 분대 자동화기를 조립할 수 있는 유연성을 제공할 것으로 예상된다.

현재 소화기 탄 구성(SAAC¹⁷) 연구(이전 명칭은 구경 구성 연구(CCS¹⁸))에서 해당 신형 화기에서 사용할 탄을 조사 중이다. 7.62mm NATO탄에 비해 유효사거리를 크게 늘린다는 것은 LDAM을 위해 7.62mm보다 더 크고 강력한 탄을 선택할 것임을 시사하며, 가장 확실한 후보는 .338 구경이다. 이것이 사실이 된다면, 어쩔 수 없이 7.62mm탄에 비해 늘어난 탄의 부피와 무게로 인해 총 자체가 얼마나 가볍든 관계없이 표준 분대 화기로서의 사용이 불가능해질 수도 있다.

그렇다면 NGSW는 5.56mm 화기뿐만 아니라 미국 M14EBR, M110 또는 영국 L129A1 '샤프슈터(Sharpshooter)' 같은 경량 7.62mm 소총과 MK48(FN 7.62mm 미니미) 등 경기관총 일부까지 대체해야 할 수도 있다. 그렇게 될 경우, NGSW의 탄은 소화기 교전 범위 전체를 망라하기 위해 5.56mm탄의 유효사거리 300~400m의 2배에 달하는 유효사거리를 갖추어야 할 것이다. 이는 다시 말해 ARDEC과 AMU에서 선호하는 것과 유사한 탄이 된다는 뜻이다.

미 육군에서 표명한 다른 두 가지 관심사항도 미래 화기용 탄 선정과 관련이 있을 수 있다. 미 육군은 잠재적 적을 '능가'하기를 원하며, 특수 목적의(그리고 비용이 많이 드는) 텅스텐 탄심을 사용하는 소총용 철갑탄을 제외한 모든 탄을 막을 수 있는 저비용 고효율 방탄복을 널리 보급하고자 한다. SOCOM은 .260 레밍턴과 6.5mm 크리드무어(Creedmoor) 같은 매우 강력한 상용 6.5mm탄을 시험해 온 것으로 알려져 있는데, 두 탄 모두 7.62mm NATO탄보다 뛰어난 장거리 성능을 가졌으나 탄이 훨씬 작거나 가볍지는 않다. 물론 특수부대 입장에서 최선이 반드시 전열 보병에게도 최선의 절충안인 것은 아니며, 미 육군이 이 문제를 어떻게 생각할지는 지켜봐야 할 문제이다.

구경 선택을 검토할 최고의 기회는 현재 미 육군 경량 소화기 기술(LSAT¹⁹) 사업에 있는 것으로 보인다. 최근 탄두내장형 소화기체계(CTSAS²⁰)로 이름을 바꾼 이 사업에서는 탄 무게를 크게 줄이기 위해 플라스틱 탄피 및 무탄피(초기) 탄두내장형 탄 사용을 검토해 왔다. 초기에는 5.56mm 구경을 개발하여 시험했으며 이후 7.62mm 구경으로 범위를 늘렸는데, 두 구경 모두 상용하는 NATO탄에 필적하는 성능을 가진다. 가장 최근에

¹⁴ Lightweight Dismounted Automatic Machine Gun ¹⁵ Combat Lightweight Automatic Weapon System

¹⁶ Next Generation Squad Weapon ¹⁷ Small Arms Ammunition Configuration ¹⁸ Calibre Configuration Study

¹⁹ Lightweight Small Arms Technologies ²⁰ Cased Telescoped Small Arms System

소화기용 탄 발전 추세

개발된 것은 최적화된 6.5mm 구경 탄으로, 이는 현재의 황동 탄피 5.56mm탄보다 무게가 많이 늘어나지 않도록 제작 가능하다. 해당 탄이 채택되지 않을 경우에는 기존 탄에 경량 탄피 소재가 적용될 수도 있다. 중합체/금속 혼합 탄피는 계속 발전하여 곧 실전에 사용 가능할 정도의 기술성숙도 수준에 근접한 상황이다.

대부분의 특수부대가 비밀 작전에서 소리를 내지 않기 위해 소음 화기를 채택함에 따라, 거의 모든 군용 구경의 아음속탄도 개발되었다. 폐쇄된 공간에서 소음기가 없는 화기를 발사할 경우에는 화기의 폭발음이 엄청날 수 있다. 소음 화기에 사용하기에는 총구 속도 320m/s 미만의 아음속탄이 가장 적합한데, 이를 통해 탄자가 음속 장벽을 넘어설 때 나는 커다란 '타닥' 또는 '딱' 소리를 피할 수 있기 때문이다. 그에 따라 대부분의 아음속탄은 낮은 속도에서 충분한 성능을 내기 위해 초음속탄보다 훨씬 무거운 탄자를 사용한다. 예를 들어 아음속 9×19mm 소총/SMG탄의 탄자 무게는 약 9.5g인데, 그에 비해 표준 9mm NATO탄의 탄자 무게는 7.45~8g이다. 아음속 7.62mm NATO탄의 탄자 무게는 제조업체에 따라 11.6~14g 사이이다. 탄자 무게 14.9g의 .45 콜트 자동권총탄(ACP²¹)은 태생적으로 아음속탄인데, 미국의 많은 특수조직이 해당 탄을 선호하는 이유 중 하나가 바로 그것이다. 아음속 5.56mm NATO탄도 존재하며 해당 탄의 탄자 무게는 제조업체에 따라 약 7g에서부터 최대 9g까지 다양하다. 러시아 역시 7.62×39mm 및 5.45×39mm 아음속탄을 개발했으나 그보다는 신형 대구경 탄으로서 아음속 성능에 최적화된 9×39mm탄 및 12.7×55mm 탄에 중점을 두고 있다. 서구에서는 비슷한 목적의 상용 탄이 개발되었다. 그 예로는 위스퍼(Whisper) 제품군과 점점 더 인기를 끌고 있는 .300 AAC 블랙아웃(Blackout)이 있으며, 해당 탄은 총열을 교체하는 것만으로 5.56×45mm 화기에서 사용 가능하다. 좀 더 특화된 탄으로는 맞춤형 설계된 화기에서만 사용할 수 있는 러시아의 '마개 피스톤(captive piston)' 탄이 있다. 이 탄은 추진 가스가 탄피 안에 남도록 하여, 총구에서 가스가 분출되며 나는 소리를 완전히 없앴다.

초음속탄을 사용하는 경우라도 소음기를 이용하면 상당한 혜택을 얻을 수 있다는 점을 기억할 필요가 있다. 초음속 탄자의 '딱' 소리가 표적에게 사격 사실을 알려겠지만, 소음기가 총구에서의 섬광과 소리를 크게 줄이기 때문에 정교한 센서 체계 없이는 공격이 어디에서 온 것인지 알아내기가 훨씬 힘들어지고 그에 따라 응사도 어려워진다. 바로 그러한 이유로 저격수 사이에서 소음기의 인기가 점점 높아지는 중이다. 소음기는 반동을 줄이고(총구에서 가스가 급하게 분출되면서 발생할 수 있는 반동의 1/3 수준) 총성과 총구 섬광이 사수에게 미치는 영향을 줄여 훈련을 용이하게 하는 부수적 효과도 있다. 미 육군은 일반 정책으로서 훈련 목적을 위한 소화기에 소음기를 장착하는 방안을 고려 중인 것으로 알려져 있다.

끝으로, 한 가지 흥미로운 혁신이 좀 더 진지하게 고려되기 시작하고 있다. 이는 바로 수중 사격을 위한 고성능 초공동탄이다. 일반적 탄은 수중에서 금방 멈춰, 물을 향해 직접 발사한 경우 7.62mm NATO탄의 유효사거리는 1m 이하 수준이다. 러시아는 수십 년간 특수 수중탄을 사용했다. 이 탄은 매우 긴 탄자를

아음속으로 발사하는데, 공기 중에서는 불안정하며 최근까지는 이를 발사하기 위한 특수 화기가 필요했다.

러시아는 최근에 공동 현상 달성을 위해 앞쪽 끝을 특별한 모양으로 만든 탄자를 개발했는데, 이 공동 현상 즉 탄자를 둘러싸는 기포 형성으로 인해 수중 항력이 크게 감소한다. 그 덕분에 탄자의 길이를 많이 줄일 수 있게 되어, 이제는 구경의 약 10배 정도 길이로 만드는 것이 가능해졌다. 길이가 표준 탄 차수 안에 수용 가능한 정도로 짧아진 것이다. 이는 일반 화기를 수중 사격용으로 개조한 ADS 돌격소총에 사용하기 위한 PSP탄 도입으로 이어졌다. 이 아음속탄의 수중 유효사거리는 수심 5m에서 25m, 수심 20m에서 18m라고 주장되지만 공기 중에서는 여전히 불안정하다. 그러나 이 탄은 외적 크기와 모양이 기존 5.45×39mm 돌격소총탄과 동일하여 사용자가 탄창을 교체하는 것만으로 수중탄과 비수중탄을 바꿔가며 사용할 수 있다.

노르웨이 DSG사는 설계 절차를 한 단계 진척시켜 특허받은 Cav-X™ 기술을 적용한 소화기용 초공동탄 제품군을 개발 중이다. 이는 아음속탄과 초음속탄 양쪽 모두에서 인상적인 수중 성능을 내며 초음속탄은 일반적 탄과 비슷한 수준의 공중 탄도 성능까지 제공한다. 이들 탄은 기존 화기에서 발사 가능하고 수중에서, 또는 수면 위에서 아래로(각도 5° 미만 포함), 수면 아래에서 위로 먼 거리를 이동할 수 있으며 공기 중에서도 안정성과 유효성을 유지한다.



그림 4 300 AAC Blackout(좌 3개), 5.56×45mm NATO, 7.62×39mm.

2. 저격소총 및 대물저격총용 탄

군사 저격수 세계의 최신 동향은 .338 라푸아 매그넘(Lapua Magnum)탄 쪽으로 기울고 있다. 이 탄의 크기를 미터법으로 환산하면 8.58×71mm이지만 미터법을 적용하는 국가를 포함한 대부분의 사용자가 해당 탄을 계속 .338 라푸아라고 부른다. 몇몇 국가는 이미 .338을 표준 저격수 구경으로 채택했으며(영국 육군 포함) 다른 몇몇 국가도 그렇게 하려는 의향을 밝혔다. 놀랍게도 현재 러시아에서 해당 탄을 생산하며, 9.3×64mm탄 사용 계획은 폐기되었다. .338 라푸아는 무게 16.2g의 무거운 탄자를 약 914m/s의 속도로 발사하는 매우 효과적인 장거리용 탄이지만 .50 브라우닝(Browning)(12.7×99mm) 소총만큼의 무게와 반동을 갖지는 않는다. 7.62×51mm탄은 약 800m 거리에서부터 종말 유효성을 잃기 시작하며 매우 먼 거리에 있는 표적까지의 궤적과 비행시간이 좋지 않다. 그에 반해 .338 라푸아는 약 1,500m 거리까지 도달 가능하다. 다른 대안인 .300 윈체스터(Winchester) 매그넘은 유효사거리가 약 1,200m이다. 미 육군은 해당 구경 7.62mm M24 저격소총의 총열을 교체했다.

이 분야에서 좀 더 최근에 등장한 경쟁자는 .338 노마(Norma) 매그넘이다. 이는 라푸아보다 탄피 길이가 짧기 때문에 동일한 전체 탄 길이 내에서 더 길고 더 공기역학적인 탄자를 사용할 수 있다. 조금 놀라운 것은, 이 탄의 군사 용도 사용을 처음 제안한 것이 제너럴다이내믹스사의 경량 중형기관총(LWMMGSM)이라는 사실이다. LWMMG는 반동 완화 기술을 이용하여 총의 무게를 7.62mm 다목적 기관총과 같은 수준으로 유지한다. LWMMG가 성공을 거둔 경우, 이는 저격수 세계에서 노마탄이 라푸아탄을 대체하는 결과를 낼 수 있다. 필요한 것은 총열 변경뿐이기 때문이다.

최근 매우 긴 거리에서의 정확성을 추구하는 과정에서 추가 경쟁자 5종이 등장했다. 이는 .375 및 .404 사이엔 택티컬(Cheyenne Tactical, Chey-Tac, 사이택), .416 배럿(Barrett), .416 티르(Tyr), .460 슈타이어(Steyr)이다. 그러한 탄을 위해 일반적으로 순수 황동 소재로 제작되는 항력이 매우 낮은 탄자도 개발되었다. .404 사이택이 그중 가장 성공적인 것으로 보이지만, 최근 체코 특수부대에서는 .375 사이택을 획득했다. 경찰 저격수의 경우 군사 저격수와는 기본적으로 다른 임무를 수행하므로 7.62mm 구경 탄을 유지할 가능성이 크다.

12.7mm 또는 그 이상의 대구경 고속 소총은 제1차세계대전(1914~1918년) 중에 전차라는 새로운 위협을 상대하기 위해 설계된 것이다. 13×92mm SR 마우저(Mauser) M1918이 처음으로 야전에 배치되었으며 이후 제2차세계대전(1939~1945년)이 발발하기 전까지 최대 20mm 구경의 화기 몇 종이 사용되었다. 하지만 전차 장갑이 그러한 소화기로 상대할 수 없을 정도로 두꺼워짐에 따라 해당 소총은 용도를 잃게 되었으며, 한동안 해당 유형 탄은 공용 기관총용으로 사용이 제한되었다. 이러한 상황이 바뀐 계기는 1980년대 초에 미국 테네시주 출신 로니 배럿이 먼 거리에 있는 연성 표적에 대한 정밀 공격을 위해

최초의 견착식 .50 BMG(12.7×99mm) 소총 개발에 성공한 것이다. 이후 배럿의 반자동 M82는 주된 군용 대물저격총(Anti-Matériel Rifle, AMR)이 되었으며 현재 약 35개국에서 이를 사용 중이다. 배럿은 .50 BMG탄에서 더 높은 정밀성을 추구하는 경향에도 일조하여, 특수 장거리 저격용 탄 개발을 이끌었다. 이 탄은 항력이 낮은 탄자를 사용하는 것이 특징이며 보통 높은 정밀성을 제공하도록 설계된 수동장전식 소총에서 발사된다.

남모(Nammo)사의 NM140 다목적탄(미군 MK211탄)은 장갑 관통 후 효과를 위해 뛰어난 장갑 관통력과 탄자가 경장갑을 관통한 후 폭발 및 소이 효과를 제공한다. .50 구경 AMR은 다른 소화기에서 볼 수 없는 장거리 능력을 갖추었기 때문에 앞으로 한동안 군에서 계속 사용될 것으로 보인다. 러시아와 중국에서는 그와 비슷한 12.7×108mm 구경의 유사 화기를 사용 중이며, KPV 중기관총과 같은 가공할 14.5×114mm 구경의 소총 구매도 가능하다. 20mm 포탄 발사를 위한 AMR 소량이 도입되었으나, 발생하는 반동으로 인해 20×110mm 이스파노(Hispano) 같은 비교적 화력이 약한 구식 탄이 해당 용도로 선정되었다.

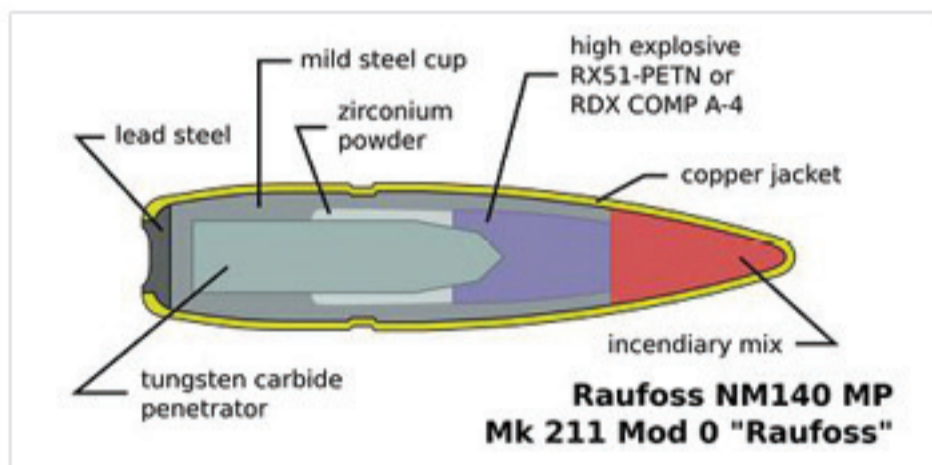


그림 2 NM140 다목적탄

3. 권총 및 개인방어화기용 탄

여러 나라에서 사용 중인 권총탄 구경은 이미 충분히 확립되어 앞으로도 계속 그렇게 유지될 가능성이 크다. 전체적으로 볼 때, 9×19mm NATO탄이 일반 부대와 미국 외의 특수부대에서 주된 탄으로 사용될 것이다. 심지어는 러시아도 최신 제식 권총에서 9×19mm 구경을 채택했으며, 중국 역시 경찰용으로 해당 구경을 선택했다. 이와 관련하여 고속 철갑탄이 개발되었으며, 러시아의 경우 해당 탄은 아래에 설명된 9×21mm탄과 유사하다. 하지만 소구경 고속탄에 대한 관심도 커지고 있다.

소화기용 탄 발전 추세

권총은 전통적으로 2차 또는 3차 방어화기 역할을 해 왔으나, 특수부대에서는 권총을 공세적 방식으로 사용하기도 한다. 미 해병대는 권총을 방어적이기보다는 공세적인 '공격권총'으로 사용한다. 공격권총은 적과 싸우기 위해 휴대하도록 되어 있는 권총으로 정의된다. 미군의 이러한 권총은 M1911A1를 바탕으로 한 해병대 MEU-SOC .45와 HK 마크 23 SOCOM 권총으로 대표된다. 실제로 마크 23에 동봉된 사용설명서에는 해당 권총의 목적이 사용자에게 "개선된 개인 방호 및 공격 능력"을 제공하는 것이라고 적혀 있다. 그에 따라 지금까지 미국에서 개발된 공격권총은 모두 .45 ACP 구경이다. .45 ACP는 탄자를 아음속으로 발사하여 소음기와 함께 사용하기에 최적이라는 추가 장점이 있다. 그에 반해 9×19mm탄을 소음기와 함께 사용하려면 특수 아음속탄이 필요하다.

미군 내에서 좀 더 광범위하게 대구경 권총을 사용하는 방향으로의 회귀 조짐도 있었는데, 이는 완강한 적을 막기에는 9mm탄의 화력이 부족하다는 인식으로 인한 것이었으나, XM17 모듈식 권총체계(MHS²³) 사업에서 신형 육군 권총의 구경을 9×19mm로 확정하면서 그러한 조짐은 대부분 사라졌다. 이는 미 육군이 MHS 사업 경쟁입찰에서 FMJ탄과 함께 '특수목적'탄이 제안되어야 한다고 명시했기 때문일 수 있으며, 해당 요건을 충족하기 위해서는 팽창형 탄자를 사용해야 할 것이 분명하다. 실제로 최신 팽창형 탄자의 크게 개선된 성능은 법집행 목적을 위한, 특히 FBI의 9×19mm 구경 사용 부활로 이어졌다.

미국이 특수부대를 위해 공격권총을 개발한 유일한 국가는 아니다. 러시아 정밀기계연구소(TsNIITochMash)는 특수부대용으로 SR-1 '규르자(Gyurza)'를 개발했다. 이 권총은 9×21mm 고속 철갑탄을 발사하며, 이 탄의 철갑 탄심은 플라스틱 슬리브에 의해 탄자의 다른 부분과 분리되어 있다. 연성 표적을 상대할 때는 탄자가 뭉친 상태를 유지하여 최대한의 부상 효과를 내지만 저등급 방탄복을 상대할 때는 탄심만이 방탄복을 관통한다. 러시아 육군 9×19mm탄에서도 비슷한 탄자를 이용할 수 있다. 이는 교묘한 해결책으로서, 주된 단점은 이 탄이 빠른 속도의 경량 탄자에서 가장 큰 효과를 발휘하지만 그러한 탄자는 속도가 금방 줄어들며 유효사거리가 제한적이라는 것이다. 조금은 놀랍게도, 미 육군은 권총탄용 방탄복 사용 증가의 영향을 무시하고 있는 것으로 보인다. 하지만 MHS 사업 경쟁에서 밀린 업체 중 하나(글록사와 팀을 이루었던 페더럴사)는 구리 소재 홀로포인트(hollow-point) 탄자 앞쪽에 강철 관통자를 넣은 9mm 강화장벽탄(EBR²⁴)을 내놓았다.

이러한 발전 덕분에, 전통적 권총 구경이 고속으로 소구경 탄을 발사하는 특화된 개인방어화기(PDW²⁵)의 경쟁 위협을 피할 수 있을 것으로 보인다. 그러한 주요 경쟁자로는 FN사의 5.7×28mm탄과 HK사의 4.6×30mm탄이 있다. 이 소구경 탄의 주된 장점은 일반 권총탄에 비해 방탄복 관통 능력이 우수하고 사거리가 훨씬 길다는 것이다. 다른 장점에는 더 적은 반동과 더 큰 탄창 용량이 포함된다. 하지만 오늘날의 방탄복은 이러한 탄이 개발된 당시보다 상당히 효과적인 것으로 간주되며, 장갑을 갖추지 않은 표적에 대한 상대적 종말 유효성에 대한 논란도 존재한다. 이러한 특수탄에 불리한 또 다른 사항은 9×19mm용으로

설계된 화기는 총열 변경 외에 별다른 추가 조치 없이 고속탄용으로 개조 가능하다는 점으로, 주요 경쟁자는 4.6mm탄 및 5.7mm탄보다 긴 유효사거리와 장갑 관통력을 제공하는 이탈리아 분리형 탄화텅스텐 탄자를 발사하는 표준탄인 6.5×25mm CBJ이다. 그 외에도 중국 육군은 7.62×25mm탄을 대체하기 위해 특수 5.8×21mm 권총/SMG탄을 채택했으며, 몇몇 보도에서 해당 탄의 성능에 대한 불만과 중국 경찰에서 사용하는 9×19mm탄에 대한 선호가 시사되었다.

4. 산탄총 및 유탄용 탄

12계이지 산탄총 및 그 이상 구경 소화기용 탄의 경우, 소형화 및 전자장치 기술이 20년 전까지만 해도 불가능했던 발전을 이끌었다. 25mm XM25 유탄체계 사업은 상당한, 그리고 해결 불가능할 것으로 보이는 어려움을 겪었지만, 군사작전에 적합한 종말 효과를 지원하는 신관과 전자장치를 이용해 무엇이 가능한지를 보였다. 구체적으로 말하자면, 사격통제체계가 표적까지의 거리를 측정하고 해당 표적 명중을 위한 조준점을 조준경에 표시하며 탄이 적절한 순간에 공중에서 폭발하도록 탄체의 전자신관을 설정하는 것이다. 하지만 그러한 체계를 처음 이전에 배치한 것은 한국으로, 20mm 및 5.56mm 복합 화기인 K11에 사격통제체계가 적용되었다. 다른 나라에서도 이미 그와 유사한 무기가 나왔으나, 아직까지 정교한 공중폭발 신관 설정 기능은 갖추지 못했다. 슬로바키아 RAG-30은 AGS-17 자동유탄발사기용으로 개발된 러시아의 30×29mm B VOG-17탄을 사용한다. RAG-30의 자체 무게는 11.7kg에 불과하다. 중국은 35mm 구경의 유사 화기인 Type W87을 개발했는데, 양각대 위에 설치하는 경우 무게가 12kg이다. 한편 남아프리카공화국 데넬사는 20mm PAW 20을 내놓았다. 중국은 K-11과 비슷한 개념으로 5.8mm 및 20mm 화기를 조합한 ZH-05도 공개했지만, 이용 가능한 정보는 거의 없다.

25mm 체계의 문제 중 하나는 전자장치가 기존 40mm 유탄체계에도 쉽게 통합 가능하다는 것이다. 게다가 40mm 유탄은 40×53mm SR 고속탄과 40×46mm SR 저속탄(전자는 자동화기용, 후자는 견착식 또는 하단장착식 발사기용) 모두 소구경 탄보다 내부 부피가 훨씬 크다. 신관 소형화 진척으로 인해 40mm 유탄의 더 큰 부피는 효과 개선 및 추가 개발에도 유리하게 작용하며, 현재는 미국에서 접촉신관 및 유도체계를 시험 중이다. 이러한 발전 외에도 40×46mm SR용 사거리연장·중속탄이 도입되면서 반동 증가를 대가로 크게 연장된 사거리를 지원하고 있다.

유탄발사를 위한 매우 다양한 저치사성 탄도 존재하며, 이는 거의 모두 견착식 화기에서 발사하기에 적합한 저속탄이지만 몇몇은 고속탄이다. 이러한 탄은 대략 운동성(플라스틱탄, 고무탄 등)과 화학성(CS 가스 등) 두 가지로 분류되지만 양쪽을 조합한 탄도 있다. 군의 화학탄 사용을 제한하는 국제적 합의가 존재하기

소화기용 탄 발전 추세

때문에 화학탄은 대부분 경찰에서 사용하며 저치사성 탄에만 이용되는 특수 37mm 구경이 주류이다.

러시아는 하단장착식 유탄발사기(UGL²⁶)용 40mm 유탄과 자동유탄발사기(AGL²⁷)용 장거리 30mm 유탄을 계속 생산 중이며 가장 최근에는 무탄피 40mm 구경 발칸(Balkan) 장거리 AGL을 개발했다. 역시 러시아의 30mm AGL을 사용 중인 중국은 좀 더 최근에 자체 35mm 화기를 개발했으며, UGL에는 무탄피 저속탄을 사용하지만 AGL에는 기존 35×32mm SR탄을 사용한다. 여기에는 QLB06 견착식 휴대형 소총 35×32mm SR 구경 버전(현재는 NATO 40×53mm SR HV 구경 버전도 제공됨)이 포함되며, 지연 공중폭발 신관도 개발되었다.

확고한 입지를 가진 남아프리카공화국 밀코르(Milkor) 다연장 유탄발사기(MGL²⁸)(6연발) 같은 저속 40×46mm SR탄을 위한 견착식 다연발 화기는 보병에게 높은 수준의 화력을 제공하며, 여기에는 경량 장갑전투차량(Armoured Fighting Vehicle, AFV)의 장갑에 효과적인 대전차고폭탄(HEAT²⁹)이 포함된다.

라인메탈사에서 최근 개발 중인 것은 40mm 공중폭발 중속탄과 히드라(Hydra) 견착식 자동장전 발사기인데, 개발이 완료된다면 매우 뛰어난 조합이 될 것으로 보인다.

고속 40×53mm SR탄을 발사하는 스트라이커(Striker) AGL은 미 특수부대에 마크 47, 모드 0으로 채택되었다. 이 AGL은 무게가 MK19의 약 절반에 불과하며 모든 표준 유형 40×53mm SR탄 외에도 프로그램 가능 고폭탄을 발사한다. 해당 탄 발사에는 전자 조준경과의 연결이 이용되는데, 이를 통해 탄체에 거리 및 초고각 데이터가 제공되며 탄체가 표적 바로 위에서 폭발하도록 설정된다. 남모사는 스트라이커 AGL을 위한 공중폭발고폭탄(HEAB³⁰)을 개발했으며 다른 40mm AGL에 사용할 수 있는 변형 버전도 개발 중이다. STK사도 오리콘사와 힘을 합쳐 무게가 14kg에 불과한 STK사의 40mm 초경량 자동유탄발사기(SLWAGL³¹)를 위해 유사한 공중폭발형 고폭탄을 개발했는데, 이는 구형 AGL 설계에서도 사용 가능하다. 라인메탈사의 공중폭발체계(고속탄과 중속탄에 동일한 유탄 사용)는 적외선 체계를 이용하여 유탄이 총구를 떠난 후 신관을 설정한다.

40mm 발사기를 위한 치사성 탄 외에 저치사성 탄과 특수탄에서도 많은 개발이 이루어졌다. 예를 들자면, 1960년대 최초의 40×46mm 발사기 등장 이후 조명탄, 낙하산 신호탄, 연막탄이 개발되었다. 좀 더 최근에는 40×46mm탄에 나무탄, 고무탄, 산탄, 최루탄과 그 밖의 많은 저치사성 탄이 추가되었다. 40mm탄 기술의 최신 발전에는 TV 카메라와 낙하산, 송신기가 포함되어 발사자에게 표적지역 조감도를 실시간으로 전송할 수 있는 정찰탄도 포함된다.

현재는 발사기용 유탄이 중심이지만, 표준 군용 소총의 총구에 맞는 소총용 유탄 시장도 꾸준히 존재해 왔다. 일부는 특수 공포탄을 이용해야 하지만 그 외에는 표준 구형탄을 이용한다. 이는 하단장착식 40mm 유탄발사기와 비교할 때 정확성이 약간 떨어지며 탄 부피가 더 크고 즉각적 사용이 불가능하다는 단점이

있지만, 그보다 훨씬 높은 탑재체 및 장갑 관통 유효성을 가질(사거리를 희생하여) 잠재력이 있으며 당연하게도 필요하지 않을 때 소총에 무게 부담을 더하지 않는다. 평균 수치를 기준으로 볼 때 40mm 발사기 1개와 유탄 2개 무게에 소총용 유탄 약 5개를 휴대할 수 있으며, 이러한 무게 비교의 교차점은 유탄 약 10개이다. 소총용 유탄은 발사기용 유탄보다 인기가 덜하기는 하지만 신기술 활용을 위해 계속 개발 중이다.

오늘날 군에서 이용 가능한 가장 다재다능한 탄이라는 칭호를 두고 40mm 유탄발사기용 탄과 경쟁하는 것은 12계이지 전술 산탄총용 탄이다. 산탄총은 평화유지작전과 좁은 장소에서의 전투, 특히 도심에서의 그러한 활동에 유용하다. 기본적으로 단거리 화기인 산탄총은 탄 기술에서의 발전을 통해 다용성이 향상되었다.

성능 스펙트럼에서 가장 치사성이 낮은 지점에 위치한 산탄총용 탄은 엄청나게 다양한 종류가 존재한다. 여기에는 고무 산탄, 고무탄, 나무탄, 빈백(bean bag)탄, 최루탄, 조명탄 등이 포함된다. 이러한 저치사성 탄을 이용하는 산탄총은 치명적 화력 사용이 불가능한 평화유지작전이나 폭동진압작전에 매우 적합하다.

전통적 치사성 산탄총용 탄 역시 개선이 이루어져, 산탄의 패턴화 능력과 슬러그탄의 정확성이 향상되었다. 특히 후자 덕분에 100m 거리 표적과의 교전이 가능해졌다. 그와 동시에, 12계이지 산탄총에서 연성 방탄복을 뚫을 수 있으며 자동차와 소형 트럭 무력화가 가능한 탄을 이용할 수도 있다. 그 외에도 반동을 줄인 '전술용' 탄이 도입되어 일반적인 산탄과 슬러그탄의 고질적 반동 문제를 일부 해결했다. 이러한 탄은 기존 탄에 비해 아주 조금만 약화된 종말 효과를 가지며 지각되는 반동은 훨씬 덜하다. 또 다른 발전 분야는 파괴탄으로서, 이 탄은 파쇄성 탄체를 이용하여 탄이 튕겨 나오거나 문 맞은편에 치명적 영향을 줄 염려 없이 잠긴 문을 파괴하여 열 수 있다.

5. 향후 동향

훈련용으로 '친환경' 탄을 채택하는 경우가 늘고 있다. 이는 일부 군 사격장의 50년치 납 오염을 제거하는 비용이 탄자와 뇌관에 무납 구성품을 사용한 신형 비독성 탄의 비용보다 높기 때문이다. 이러한 탄의 주된 용도는 훈련장 내 사용이지만(전투용 탄은 집중도가 훨씬 낮기 때문), 탄 제조업체들은 모든 측면에서 기존 전투용 탄의 성능과 맞먹으면서도 비용은 약간만 더 드는 '친환경' 탄 생산을 목표로 한다. 위에서 언급된 미 육군 M855A1 EPR이 강대국에서 표준으로 채택한 최초의 '친환경' 탄이다. RUAG사와 남모사 두 업체가 NATO 품질 '친환경' 탄을 공급 중이며 BAE 시스템스사도 강철 탄심 5.56mm탄을 개발하고 있다.

하지만 납을 사용하는 탄자에서 전체가 구리 합금 및 강철로 제작된 탄자로의 전환은 몇 가지 문제를 야기할 수 있다. 무납 탄자가 같은 구경에서 납 탄심 탄자와 동일한 성능을 내기 위해서는 길이가 더 길어야

소화기용 탄 발전 추세

한다. 그렇게 되면 기존 탄 내 수용에 문제가 발생할 수 있으며, 강선이 이렇게 긴 탄자를 안정화할 만큼 충분히 조밀하지 않다면 안정성 문제도 생길 수 있다.

소화기 기술과 마찬가지로, 탄 기술은 완전히 성숙된 상태이다. 총열로 탄자를 보내는 새로운 방법이 발견되기 전까지 소화기용 탄은 계속해서 탄피와 추진제, 뇌관과 탄체로 구성될 것이다. 무탄피 탄과 플레셋(flechette)탄 같은 20세기 후반의 새로운 개발품은 아직까지는 실망스러운 수준이었으나, 위에서 언급한 CTSAS 사업이 이러한 상황을 바꿀 수도 있다. 주로 중합체 소재로 제작된 탄피 도입은, 해당 탄피가 군 요구조건을 충족하는 것으로 입증될 경우, 탄 무게의 상당한 감소로 이어질 것이다. 초기 시도는 실패했으나 실험이 계속되고 있으며 실제 진척을 보이고 있다. 알루미늄 합금 탄피에 대한 연구도 재개되고 있으나, 이는 과거에 상당한 기술적 문제에 직면한 바 있다. 그보다 좀 더 기술성숙도가 높은 대안은 스테인리스강 탄피 생산이다.

장거리 사용을 위한 신형 소화기용 탄을 개발할 때 고려되어야 하지만 흔히 간과되는 두 가지 요소가 있다. 하나는 항력이 매우 낮은 탄자(탄피 밖으로 튀어나온 앞부분이 긴 탄자) 장전을 위한 공간 제공의 중요성으로, 이는 탄의 화력이나 무게를 늘리지 않고도 유효사거리를 크게 연장할 수 있다. 기존 NATO탄은 이러한 측면에서 부족한 것이 보통인데, 전체 탄 길이 제한으로 인해 돌출된 앞부분이 짧은 탄지만 사용 가능하다. 다른 하나는 총열 길이와 특정 탄도 달성에 필요한 탄 크기 및 화력 사이에 반비례 관계가 성립한다는 사실이다. 이는 긴 총열에 유리하게 작용하는 요소이지만, 현재의 동향은 차량 및 도심전에서의 총 휴대성을 중시하여 성능 단점에도 불구하고 총열이 점점 더 짧아지는 방향으로 가고 있다. 이는 범용 소총을 위한 최적의 솔루션이 짧은 총에서 긴 총열을 얻기 위해 불뿔(bullpup)식 구성을 이용해야 할 수도 있음을 시사한다.

특정한 군 또는 경찰 요구조건을 충족하도록 설계되어 특수한 속성을 지닌 신형 재래식 탄이 계속 도입되고 있으며, 그중에서 가장 눈에 띄는 것은 개조된 5.56mm 소총에서 사용하도록 되어 있는 .458 SOCOM, .50 베오울프(Beowulf) 같은 대구경 탄이다.

소화기용 탄 체제의 가장 하단에서는, 제한적이기는 하지만 텅스텐을 탄자 소재로 사용한 경우도 있었다. 텅스텐은 비싸고 가공이 어렵지만, 방탄복을 상대해야 하는 문제가 점점 더 커지는 상황에서 이를 해결하는데 텅스텐이 필요할 수도 있다. 동일한 이유로 소구경 탄의 인기도 높아질 가능성이 있다. 신관 소형화 및 전자장치를 바탕으로 더 다양한 탑재체를 탄에 탑재할 수 있을 것이며 대구경의 경우에는 탄에 유도 기능을 넣는 것도 가능할 것이다. 이는 근미래를 위한 가장 급격한 혁신이 될 가능성이 크다.

출처 1. Small-Arms Ammunition Yesterday, Today and Tomorrow, janes.ifs.com (2018. 7. 26.)

2. wikipedia.org (2019. 5.)

영 해군, Type 26 호위함의 설계 및 개발

1부-임무구역 공간설계 및 배치

해상수중연구2팀 책임연구원 김윤동

1. 개요

영국 해군용으로 건조 중인 Type 26 호위함은 처음부터 임무구획을 포함하여 설계되었다. 총 2부로 구성된 Type 26 설계 내용 중 본고에서는 임무구역 공간설계와 배치에 대해 검토하였다.

임무구획 개념은 새로운 혁신은 아니다. 여러 나라 해군에서 몇 년 전부터 '유연성 있는 임무공간'을 갖춘 함정을 운용하고 있다. 무인해상전 기술과 함외 체계의 발전은 함정이 장비를 갖춤에 있어 완전히 새로운 방법을 제시했으며, 이제는 자부심을 가질 만한 수상함 설계라면 이를 위한 공간을 포함한다. 현재 진행 중인 Type 31e 호위함 설계 경쟁에서도 최종 선정 후보에 일종의 임무구획이 포함될 가능성이 높다. 임무구획이 공식 제원의 '핵심' 요구조건은 아니지만 모듈식 탑재체를 위한 구획/ 혹은 갑판공간(ISO 컨테이너 2개 크기)이 선호 옵션이다. 현재 공개된 3가지 개략설계 중에서는, BAE 시스템스사의 '리엔더함'이 이와 관련하여 가장 발전된 것으로 보인다. Type 31e는 영국 최초로 임무구획을 갖춘 전투함이 될 가능성이 크며, 좀 더 넓고 탑재장비가 잘 갖추어진 Type 26에 앞서 다양한 탑재체와 운용교리를 시험할 방법을 제공할 것이다.

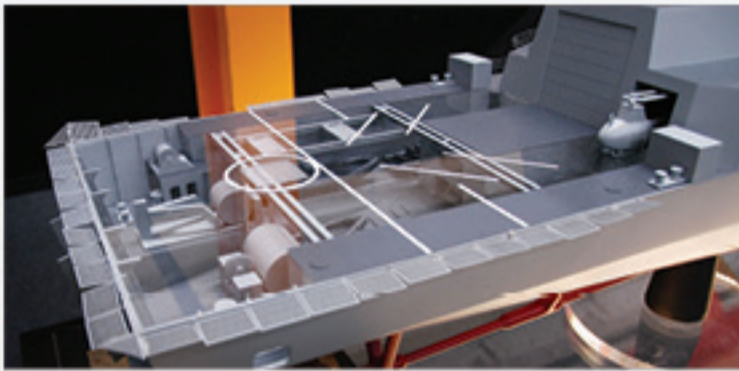


그림 1 분할형 임무구획이 있는 Type 26 초기 버전 모형(2010)



그림 2 Type 26호위함 격납고 및 임무구획

2. 임무구획 역할

유연성 있는 임무공간(FMS¹)이라고도 불리는 임무구획은 함의 폭 전체를 차지하며 크기는 폭 20m에 길이 15m 정도이다. 함 양쪽 측면에 위치한 셔터가 달린 대형 문을 통해 출입할 수 있고 헬기 격납고 앞쪽 끝에서도 접근 가능하다. 임무구획에 배치 가능한 항목의 조합은 무궁무진하지만, 영국 해군은 다음과 같은 공간을 기대한다고 밝혔다.

- 무인기, 무인잠수정, 무인수상정
- 해상차단용 단정
- 인도주의적 지원 및 재난구호물자 보관
- 개선된 의료 설비
- 추가 인원 수용
- 억류자 구금

Type 26은 기본적으로 항공모함을 호위하도록 설계된 대잠 플랫폼이지만 다른 능력도 뛰어나다. 임무구획은 이러한 유연성의 핵심을 이루는 부분으로서, 다른 임무를 위한 함의 빠른 재구성을 지원한다. 아마도 가장 흔히 간과되는 부분은 이 함이 기습 또는 특수부대 작전용 상륙 플랫폼 역할을 할 수 있다는 점일 것이다(전용 연안타격함을 통해 이 능력을 강화한다는 계획이 최근 발표된 점을 고려할 때 흥미로운 부분이다). 임무구획은 병력 투입을 위한 12m 길이 단정 4척을 수용할 수 있다.

치누크 헬기 착륙이 가능하며(격납고에 들어가지는 않음), 비행갑판은 램프(ramp)를 내려 완전 무장한 병력 30~40명을 승함시키기에 충분한 공간을 갖추었다. 최대 50명의 병력 승함을 위한 추가 수용 설비도 있으나 이러한 승함 병력 증가는 단기간 동안만 가능할 것으로 보인다.



그림 4 임무구획에서 함미 방향으로 바라 본 격납고 안의 헬기

Type 26은 트랜섬(transom)의 폭이 매우 넓고 어느 부분에서도 좁아지지 않는다는 점에서 호위함 설계 중 상당히 독특한 편에 속한다. 그 덕분에 비행갑판 중 일부를 할애하여 작구 취급용 공간을 둘 수 있으며 갑판 아래에 예인선배열음탐기를 놓을 충분한 공간이 존재한다. 치누크 착륙이 가능한 비행갑판(c30m×20m)에

대한 요구는 이 호위함의 배수량을 약 8,000톤으로 늘린 주된 요인이지만, 훨씬 편안한 헬기 운용을 지원한다. 격납고는 멀린 헬기 1대 또는 와일드캣 헬기 2대를 수용할 수 있다. 이론상, 멀린 헬기 1대를 앞쪽 임무구획 안으로 옮김으로써 추가 멀린 헬기 1대를 수용할 수도 있다. 헬기 1대는 비행갑판에 두거나 공중에 있도록 한다면 항공모함이 없을 때도 지속적인 24시간 대잠전 능력 확보가 가능할 수 있다.

셔터를 내려 격납고와 임무구획 사이를 차단할 수 있는데, 이는 기본적으로 화재 확산을 막기 위한 것이다. 격납고가 사회적, 외교적 용도로 사용되는 경우도 많으므로, 때에 따라 이 셔터를 이용해 임무구획의 내용물을 일반이 볼 수 없게 숨기는 것도 가능하다.

3. 임무구획 지원 요소

유연한 임무공간은 단순한 개념이지만, 이를 해양 작전에 사용하기에 안전하고 효율적인 공간으로 만들기 위해서는 놀라울 정도로 많은 추가 요소가 필요하다. 함정 내 다른 대부분의 격실과 마찬가지로, 임무구획에는 기본 조명, 통풍, 소방 설비가 필요할 것이다. 또한 매우 다양한 물품이 이 공간 안에 보관될 수 있으므로 이를 고정할 유연한 수단이 필요하다. ISO 컨테이너는 정확한 위치에 있는 덱 소켓(deck socket)이 필요하며 컨테이너용 체결장치를 이용해 고정해야 한다. 컨테이너에 실린 모듈에는 민감한 전자장치가 있을 수 있으며 해양 환경에서 사용하려면 충격방지용 받침대가 필요하다. 사람이 사용하도록 되어 있는 주거 혹은 임무 모듈은 함에 있는 동안 함의 전력, 난방 및 공기조화장치의 공급에 의존한다. 다양한 단정과 대형 무인체계가 탑재된다면 항해 중 이를 갑판에 단단히 고정하기 위한 맞춤형 거치대가 필요할 수 있다.

임무구획 안팎으로 물품을 옮기기 위한 수단이 없다면 이는 가치가 제한적인 빈 공간이 될 것이다. 임무구획 취급체계(MBHS³)는 이 공간에 꼭 필요한 복잡한 장치로서 몇 가지 요구 사양을 충족해야 한다. 가장 주된 요구사항은 바다에서 함이 상하좌우로 흔들리는 동안 함의 양쪽 측면을 통해 단정과 무인체를 안전하게 진·회수하는 것이다. MBHS는 또한 임무구획 전체 구역을 망라할 만큼 작동범위가 충분해야 하며 다양한 무게와 크기의 물품을 들어올릴 수 있는 부속장치를 갖추어야 한다. 항만 시설이 충분하지 않은 경우에도 문제가 없도록 자체 하역능력도 요구된다. MBHS는 부두의 크레인 지원 없이도 부두에서 컨테이너에 실린 임무 패키지를 하역할 수 있어야 한다. 임무구획용 물품은 함 양쪽 측면에 위치한 도어를 통해 선적되도록 되어 있으며 일반적으로는 격납고를 거치지 않는다. 모형을 볼 때, MBHS는 격납고 내부에서 제한적인 작동 범위를 가진다.

영 해군, Type 26 호위함의 설계 및 개발 1부-임무구역 공간설계 및 배치

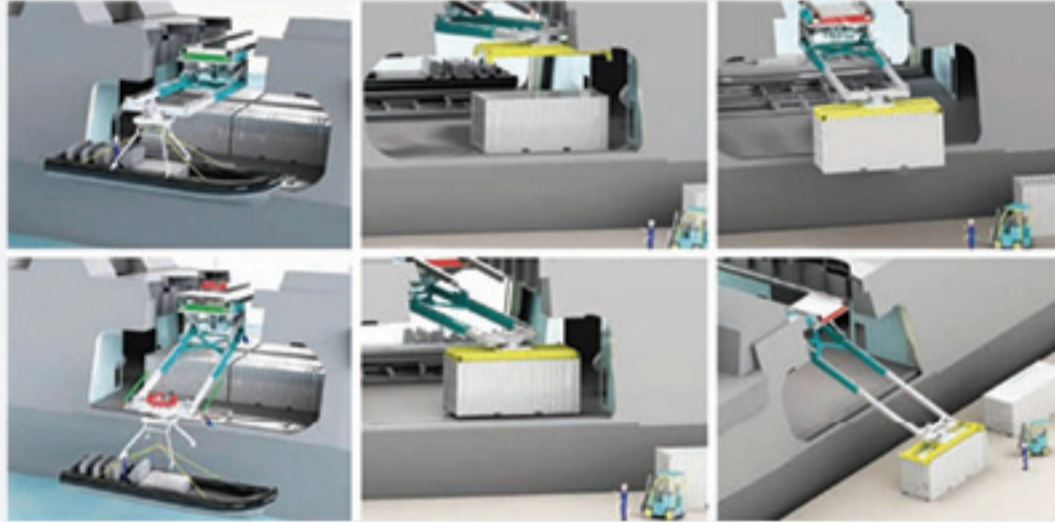


그림 4 록스로이스사가 2015년에 공개한 MBHS의 초기 개념

캐나다 온타리오주 피터버러에 기반을 두고 상용 부문에서 해양 컨테이너 및 화물 취급장비를 오랫동안 제조해 온 캐나다 록스로이스사는 2014년에 영국 국방부와 Type 26 설계 및 개발 계약을 체결했다. 첫 3척을 위한 MBHS 제조 계약이 2018년 2월에 체결되었으며 캐나다 록스로이스사는 Type 26을 위한 저소음 추진기도 제작한다. Type 26 사업초기 단계에 캐나다 업체를 참여시킨 것은 합리적 전략으로, 15척 규모의 캐나다 수상전투함(CSC³) 사업에서 Type 26 설계가 채택된 것에 기여했음이 분명하다. Type 26 사업은 호위함 총 35척을 건조하는 국제 사업이 되었고 모든 함에서 MBHS를 사용할 가능성이 큰데, 이는 참여 국가 3개국 모두의 비용을 절감할 수 있는 규모의 경제를 보여주는 예이다.



그림 5 록스로이스사가 2018년에 공개한 개선 버전의 MBHS

MBHS는 상용 레일형 진·회수체계(LARS⁴)를 기반으로 하며 유압식 및 전자-기계식 액츄에이터를 조합하여 회전, 수축 및 물품을 들어올리는 동작을 수행한다. 갑판 상부에 선체를 가로질러 장착된 레일 위에서 구획 폭 전체를 가로질러 이동할 수 있다. 단정을 진·회수할 때는 상하동요 능동보상(AHC⁵) 체계를 이용해 일정 장력용 윈치를 제어한다. AHC 체계는 함의 움직임을 정밀하게 감지하여 윈치 속도 및 방향을 조정함으로써 움직임을 자동으로 보정할 수 있다. MBHS에는 다양한 화물 유형에 맞춰 설계된 부속 헤드가 필요하다. 단정을 들어올릴 때 사용하는 윈치와 그랩 장치 외에도, 컨테이너를 들어올리기 위한 빔 스프레더(beam spreader)와 그보다 작은 화물 이동을 위한 기중기 및 고리가 필요할 것이다. 향후 새로운 무인체계의 무게와 형태에 맞춰 다른 부속장치도 개발될 수 있다. 20ft ISO 컨테이너는 이론상 최대 22톤을 실을 수 있으나, 임무 모듈은 MBHS의 용량에 따라 무게가 15톤으로 제한된다.

4. 단정구획

Type 26 설계에는 좌현에 위치한 별도의 단정 구획이 포함된다. 그에 따라 임무구획에 어떤 단정이 탑재되든 아니든 관계없이 최소 1척의 범용 단정을 추가로 탑재할 수 있다. 영국 해군은 BAE 시스템스사의 퍼시픽 24 마크 4 고속단정 신규 60척을 납품받을 예정이다. 이는 현재 운용 중인 퍼시픽 24를 크게 개선한 버전으로서, 국제해상인명안전협약(SOLAS⁶) 인증을 획득했으며 최고속도 38kt를 내는 370Hp V8 엔진과 SHOXS 충격완화 좌석을 갖추었다. 영국 해군 함정은 구명정이 배 밖으로 떨어진 사람을 신속하게 구할 수 있음을 입증해야 안전한 것으로 인증받을 수 있다.

구명정은 다른 함정 승함이나 병력 수송 등 중요한 작전상 역할도 수행한다. 퍼시픽 24는 한동안 영국 해군의 표준고속단정으로 남아 Type 26에서도 운용될 예정이다. Type 26 단정구획은 Type 45 구축함의 단정 구획⁷과 비슷한 설계가 될 가능성이 높다.

Type 26의 크기를 고려하면, 미래 전투함 설계의 기반으로 이용될 가능성이 있다. 방공 혹은 대탄도미사일 파생형이 추가 수직발사체계를 갖춘 임무구획을 대체할 수도 있을 것이다. 이 설계에는 약간의 예비 발전용량이 포함되지만 미래의 지향성에너지 무기를 사용하기에는 충분하지 않을 것이다. 그렇다면 추가 발전 모듈을 임무구획에 설치하는 것도 가능하다. 함정 상부구조 안에 넓은 예비 공간을 두게 되어 단점이 거의 없으며, 임무구획은 운용에 들어갔을 때 높은 유용성을 입증하고 아직 생각하지 못한 다양한 장비를 싣게 될 확률이 높다.

4 Launch And Recovery System 5 Active Heave Compensation 6 Safety Of Life At Sea

7 Type 45 구축함 다운블리스함의 구명정 진·회수체계의 크레인과 구명정 거치대에는 관절형 팔이 달려 공간을 효율적으로 사용 가능하며 흔들림 방지장치(anti-pendulation device)를 통해 구명정을 안정적으로 유지하고 함의 횡동요를 보상

영 해군, Type 26 호위함의 설계 및 개발 1부-임무구역 공간설계 및 배치



그림 6 Type 45 구축함 다운블리스함의 단정 진·회수체계

5. 맺음말

다음 호에 게재될 2부에서는 임무구획의 가능한 형상 몇 가지와 임무구획에 실릴 수 있는 탑재체 유형에 대해 검토할 것이다.

출처 1. The Type 26 frigate mission bay. Part 1 – design and development, SAVE THE ROYAL NAVY (2019. 2. 27.)

세계 무인 호위기 개발동향

항공유도연구2팀 연구원 김문국

1. 개요

미 공군연구소(AFRL¹)에 따르면, 첨단 통합 방공체계가 등장하고 전자공격이 극심해지는 복잡한 미래전장 환경에서 적국에 침투하는 타격 자산이 받는 위협은 점점 더 증가할 것이라고 한다. 무인 호위기는 이러한 난관을 극복하기 위해 유인기와 무인기 합동운용을 통해 고위험 임무를 무인 자산에 할당함으로써 조종사에게 가해지는 위협을 줄이는 방안 중 하나이다.

유인전투기와 협력하여 작전을 수행하는 다수 무인기는 발전된 자율체계와 인공지능, 견고한 네트워크 연결, 린(lean) 제조기법을 바탕으로 미래전장 환경의 비행 및 전투에서 어느 정도의 생존성과 성능을 보장하며, 비교적 낮은 비용으로 새로운 종류의 전술 무인전투기(UCAV²) 실현이 가능하다.

이러한 전술 무인전투기를 통한 효과적인 유·무인 합동운용은 조종사의 높은 인지 부담을 줄여 임무 관리에 집중할 수 있게 한다. 무인전투기 자체 센서와 인공지능, 자율체계를 통해 유인항공기와 함께 작전을 수행하거나, 무인기(UAV³), 무인전투기 군집의 개념으로 자율적인 임무를 수행할 수 있다. 이를 통해 고위험의 임무 환경 속에서도 변화하는 조건과 상황에 더 빠르게 대응할 수 있게 하며, 조종사 피로가 쌓이는 일 없이 지속적인 능력을 발휘할 수 있게 한다. 또한, 비용이 높지 않아 군사 목표를 달성하는 과정에서 손실을 염려할 필요가 없는 소모성 체계로 사용 가능하다. 이러한 이점들로 인해 세계 각국에서 무인 호위기 개발을 통한 유·무인 합동운용 개념을 도입하고 있다.

2. 세계 각국 무인 호위기 개발 동향

가. 미국

1) XQ-58A 발키리(Valkyrie)

지난 3월, XQ-58A 발키리(Valkyrie) 무인전투항공체계 시제기가 애리조나 주 유마(Yuma) 시험장에서 첫 비행을 수행했다. 크라토스사 무인체계사업부와 미 공군연구소가 공동으로 개발하였다.

XQ-58A와 해당 종류의 다른 무인기는 '로열 윙맨(Loyal Wingman)'으로 총칭되기도 한다. 해당 용어는 미 공군연구소에서 2015년에 시작한 사업의 이름이다. 이 사업에서는 유인 5세대 전투기와 부속 무인기 합동운용을 통해 자율체계 기술을 활용함으로써 미래 작전 능력을 향상시키고자 하였으며, 현재 미 공군 외의 XQ-58A 발키리 개발 및 시험비행은 미 공군연구소의 저비용의 소모 가능한 항공 기술(LCAA⁴) 사업에 따라 진행되고 있다.

크라토스사가 2016년 7월 LCAAT 사업의 일환인 저비용의 소모 가능한 타격 무인비행체계

시범(LCASD⁵) 사업을 수행할 업체로 선정되었다. LCASD 사업은 유·무인 합동운용에 적합하며 정보·감시·정찰, 타격, 공대공, 전자공격 임무 수행 가능한 무인기 기술 및 기법을 시연하는 사업이다.

크라토스사에서 'XQ-222'라는 내부 명칭으로 개발했다. 윌리엄스사의 WJ-33 터보팬 엔진을 장착한 발키리는 최대속도 마하 0.85, 최대고도 13.7km, 항속거리 3,400km를 달성할 수 있다. 또한 복합재 구조물로 조립되었으며, 레이더 반사면적(RCS⁶)을 줄이도록 V자형 수직미익, 비행체 상부에 위치한 엔진 흡입구, 내부 무장 탑재 구획을 적용하여 설계하였다.



그림 1 XQ-58A 발키리

3월 5일에 수행한 첫 비행에서 미 공군연구소는 "예상한 대로 기동하여 76분간의 비행을 완료했다"고 전했다. 두 단계에 걸쳐 총 5회의 비행시험이 계획되어 있으며, 시험을 통해 체계 기능성과 항공역학적 성능 및 발사·회수체계를 입증한 후, 1차분 주문이 2019년 중에 이루어질 것으로 예상된다.

2) 마코(Mako)

크라토스사는 LCASD 사업 계약 이전에도 무인 호위기 개발을 진행해왔다. 크라토스사의 BQM-167A 표적 드론을 발전시킨 무인 호위기 UTAP-22 마코(Mako)는 미래전장 환경에서의 단기적인 전술 수요를 충족하며 동시에 미래 무인 호위기와 격차를 메우기 위해 개발되었으며, 전투기와 비슷한 수준의 전술적 속도 및 기동성과 유·무인 합동운용 작전 능력을 모두 갖추도록 설계되었다. 마코의 최대속도는 마하 0.91, 비행고도는 15km이며 최대항속거리는 2,600km이다.



그림 2 마코 운용도

크라토스사는 미 해군의 지원을 받아 2015년 미 해군 차이나레이크(China Lake) 시험장에서 3회의 비행시험을 진행했다. 시험비행을 통해 네트워크 제어 및 반자율 비행을 검증했으며, 미 해병대 AV-8B 해리어(Harrier) II와 연계하여 유·무인 합동운용을 입증하고, 복수 항공기의 협력적 운용과 반자율적 탑재체 배치를 시연했다. 비행시험을 통해 전투기와 유사한 성능을 갖추고 유인항공기와 협력하여 작전을 수행하는 무인항공기의 개념과 기술적 준비상태를 검증하였다.

3) 그렘린(Gremlin)

국방고등연구기획국(DARPA⁷) 전술기술실(Tactical Technology Office)은 2018년 4월에 그렘린 사업 3단계 시연 단계 시행업체로 다이네틱스사를 선정했다. 2015년에 발표한 그렘린 사업의 목표는 다양한 탑재체(27~54kg)를 집중투하 가능한 군집 무인기의 안전하고 신뢰성 있는 발사와 회수를 시연하는 것이다. 20여대의 무인기로 구성된 군집 무인기가 C-130 항공기에서 작전지역까지 최대 56km를 이동 후 다시 되돌아와 공중에서 회수되는 것이다. 그렘린 회수는



그림 2 그렘린 운용도

C-130 아래쪽에 안정화된 견인형 포획장치를 설치하는 방식을 사용한다. 이 장치를 이용한 회수 작업은 공중 급유 작업과 유사한 형태로 이뤄진다. 견인형 포획장치와 그렘린의 도킹이 완료되면 그렘린의 동력을 끄고 이후 C-130으로 드론을 끌어올린 후 물리적으로 고정하여 보관한다. 다이네틱스사 수석 엔지니어인 팀 키터는 “그렘린 무인기는 임무를 완료하면 공중 유인기로 돌아가 회수되어 전방작전기지로 운반되며 기지에서 24시간 이내의 빠른 재정비를 거쳐 다시 전투에 투입되며, 여러 차례의 집중투하를 통해 적을 계속 압도할 수 있는 잠재력이 크다”고 말했다.

그렘린은 일련의 지상시험 및 비행시험을 통해 시연되고 있다. 2019년 말 C-130 항공기에서 30분 내에 드론 4대를 회수하는 능력을 시연하는 시험으로 작전 용도로의 전환 가능성을 입증할 예정이다. 그렘린의 능력이 발전될 경우, 공중작전 확장으로 이어질 것이다. 그렘린 무인기의 가격 목표는 양산에 들어간 후 1,000대 주문 시 항공기(탑재체 제외) 1대당 70만 달러 수준이다. 다이네틱스사에 따르면, 그렘린 무인기는 탑재체, 자율 운용, 군집 체계의 분산 전투관리 등 기술을 지원한다고 한다.

나. 러시아

러시아의 오크호트니크(Okhotnik) 대형 무인항공기 시제기로 알려진 사진이 1월 23일 러시아 소셜 미디어를 통해 유포되기 시작했으며, 다음날에도 사진 3장이 추가로 공개됐다. 옐초프카(Yelsovka) 비행장으로도 알려진 수호이사 산하 NAZ사의 활주로 인근에서 촬영한 것으로 보인다. 사진 속의 무인기는 스텔스 전익기로 추정되며, 터보팬 노즐이 노출되어 있으나, 아직 시제기 임을 고려하면 향후 변경될 것으로 보인다. 대형 트랙터가 무인기를 견인하는 장면을 통해 무인기 날개폭이 19m에 달하는 것으로 추정된다. 무인기 크기를 고려할 때 Su-57용으로 개발된 최신 미사일 및 탄약의 대부분을 탑재할 수 있는 무장 창을 내부에 갖추었을 것으로 보인다. 오크호트니크 무인전투기의 설계 및 개발은 수호이사가 2011년부터

세계 무인 호위기 개발동향

착수한 것으로 추정된다. S-70으로도 알려진 이 무인기는 이륙중량 약 20톤, 최대속도 1,000km/h로 알려져 있다. 2018년 7월 익명의 방산 소식통은 오크호트니크 무인기가 그 해 말에 초도 비행을 실시할 예정이라고 보도하였다. 또한 무인기의 기체 대부분이 복합재로 제작되었으며, 동시에 전자파 흡수가 가능한 스텔스 특성의 코팅처리가 된 것으로 보도하였다. 2018년 12월 알렉세이 크리보루츠코 러시아 국방차관은 "오크호트니크 사업은 순조롭게 추진 중이고, 초도 비행은 2019년 봄쯤에 실시될 것으로 예상된다."라고 밝혔다. 오크호트니크 활용을 위해 Su-57의 센서 및 하부 결합체 시험을 했다는 초기 러시아 언론보도와 Su-57 조종사의 통제 하에 여러 대의 무인기가 자율적으로 선봉 공격하는 역할 수행했다는 최근 보도를 통해, 오크호트니크 무인기는 1대 또는 여러 대의 무인기가 유인기의 호위 역할을 수행하는 미국의 로열 윈맨 개념과 유사하게 볼 수 있다.



그림 4 오크호트니크 무인기로 추정 되는 사진

다. 호주

보잉사와 호주 국방부는 기존 군용 항공기와의 지능적 합동운용을 통해 공중전 임무를 지원하고 보호할 수 있는 무인기 개념 시제기 개발을 위한 협약을 발표했다.

지난 3월, 호주 국제 에어쇼에서 공개된 보잉사의 공군력 합동운용체계(ATS[®])는 2020년에 첫 비행을 할 것으로 예상된다. 1대의 유인기가 4~6대의 무인항공기와 협력하여 운용할 수 있는지를 시험을 통해 확인할 예정이며, 현재 시제 1호기가 제작 중이다. 호주에서 시제품 3대를 제작할 계획인 보잉사는 길이 11.7m의 이 체계가 전투기와 유사한



그림 5 보잉사 ATS 운용도

성능을 낼 것이며 3,700km 이상을 비행할 수 있다고 밝혔다. 인공지능을 이용하여 독립적으로 운용되거나 유인항공기를 지원할 수 있으며 전투기 역할 외에도 정보, 감시, 정찰, 전자전 임무 지원을 위한 센서 패키지의 통합이 가능할 예정이다. 현재 공군력 합동운용체계 사업은 호주 공군 및 5개국(미국, 영국, 호주, 캐나다, 뉴질랜드) 정보 동맹 파이브 아이즈(Five Eyes)사용을 염두에 두고 추진 중이다.

라. 영국

영국 국방부는 기존 및 향후 고속 전투기에 부속되는 저비용의 무인 능력 개발과 비행시험을 위한 경쟁 입찰 사업을 개시했다. 모스키토(Mosquito)사업으로 알려진 경량의 저비용 신규 전투항공(LANCA⁹) 기술 시제기 사업을 통해 향후 무인 호위기에 필요한 탑재 요구조건을 파악하려한다. LANCA 사업은 영국 전투항공 전략(Combat Air Strategy)에 고려해야 할 무인 호위기 능력의 유용성을 파악하는 것 외에도, 전통적인 항공전투체계에 비해 무인 호위기 개념의 항공전투체계에서의 전력화 배치 비용과 시간을 줄일 방법 또한 연구하고 있다.

LANCA 사업은 공군 신속능력처(RCO¹⁰)에서 추진 중인 대규모 미래 전투항공체계 기술사업 (FCASTI¹¹)의 일부이며, 차세대 항공전투체계 사업도 포함되어 개발 중이다.

영국 국방부에 따르면, 현재 제안서 평가가 완료되어 공급업체 3개가 선정되었다고 한다. 공급업체는 영국 보잉사, 블루베어사, 칼런-렌즈사인 것으로 추정된다. 2019년 4월 초 기준으로 계약 체결은 아직 이루어지지 않았다.

마. 인도

인도 HAL¹²사가 지난 2월 방갈로르(Bangalore)에서 열린 '에어로인디아(Aero India) 2019'에서 무인 호위기 개념을 공개했다.

최대 80분간 비행이 가능한 6m급 저피탐 다목적으로 구상 중인 무인 호위기 개발은 HAL사가 인도 신생업체인 NRT¹³사 등 업계 파트너와 공동으로 주도하고 있다.

HAL사에서 전시한 무인 호위기는 XQ-58A 발키리와 구성이 비슷하며, 인도 자체 개발품인 HAL사 PTAE 7 터보제트 엔진을 사용할 것으로 예상된다. 이는 순항속도



그림 8 HAL사 무인 호위기 개념도

마하 0.7과 최대 400km의 전투 반경을 지원할 것이다. 최대이륙중량은 1,300kg이며 설계는 모듈식 하부 탑재체 구획이 포함되는데, 최대 250kg의 무기나 기타 물품을 실을 수 있다. HAL사에 따르면, 무인 호위기는 최대 200km의 범위에서 일체형 데이터링크를 갖춘 다주파 통신체계를 통해 조종사의 지시를 받을 수 있다고 한다. 통제 범위를 벗어난 후 완전자율 모드로 작동할 수도 있으며, 이착륙은 자동으로 수행 가능하고 자동 복귀 기능이 있어 통제 범위를 벗어난 후에도 회수 가능하다.

HAL사는 유인항공기에 장착 가능한 외부 데이터링크를 도입하여 임무 범위를 늘릴 계획이다.

세계 무인 호위기 개발동향

유인항공기에서 3대 또는 그 이상의 무인 호위기를 제어할 수 있으며 무인 호위기는 유인항공기 및 다른 무인 호위기와의 개별 통신이 가능하다.

해당 무인 호위기는 초기에 인도 공군의 성능개량형 전투기 재규어 MAX¹⁴를 지원할 예정이며 이후 다른 유인기도 지원하게 된다. 운용 계획은 복수의 드론을 발진한 후 공중에서 재규어 MAX에 연결하여 해당 조종사가 개별 무인 호위기에 구체적 임무를 할당할 수 있게 하는 것이다. HAL사의 목표는 향후 3년 내에 첫 번째 시제품을 제작하고, 양산 모델은 5~10년 내에 완성하는 것이다.

3. 결론

유인기의 위협을 무인 호위기에 할당함으로써 조종사에게 가해지는 위협을 줄이며 비행 및 전투가 가능한 무인 호위기 기술은 인공지능, 센서 기술 등의 발전으로 개발되고 있다. 이러한 무인 호위기는 조종사의 안전 및 비용 대비 성능 등의 이점으로 세계 각 국에서 개발 중에 있거나, 개발 사업을 추진하고 있다.

향후 기술 시연 및 실험을 통해 저비용의 소모 가능한 무인기 체계가 발전될 가능성이 크다. 무인기 자체 외에도 유·무인 합동운용의 '무인 호위기' 개념 실현을 위한 인공지능, 센서 융합, 인간-컴퓨터 인터페이스 기법 등 기반 기술의 지속적 발전이 필요하다.

출처 1. Russia unveils Okhotnik heavy UAV, Jane's by IHS Markit (2019. 1. 28.)

2. Boeing unveils 'loyal wingman' drone, Defense news (2019. 2. 29.)

3. Fighting chance Loyal Wingman drones seek to alter the air power equation, Jane's by IHS Markit (2019. 4. 16.)

미 국방부, 우주기반 자산 및 상승단계 요격 연구 추진

항공유도연구3팀 연구원 권혜진

1. 개요

미 국방부는 미사일 방어체계에 우주기반 방어능력 및 상승단계 방어능력을 추가하는 방안을 강구할 예정이다. 미 본토 방어를 위한 추가 요격수단 도입은 아직 결정되지 않았으나, ICBM을 표적으로 하는 신형 SM-3 미사일 시험이 실시될 예정이다.

2. 연구 추진 현황

트럼프 행정부는 예정보다 늦게 미사일 방어 검토 보고서를 1월 17일 발표했다. 비록 뒤늦게 발표는 되었지만 미사일 방어 검토 보고서는 종전의 미 미사일방어계획을 여전히 계승하고 있다. 20개월 끝에 내놓은 보고서에는 새로운 사업이나 취소된 사업이 없는 대신에 6개월을 기한으로 하는 여러 연구들이 소개됐다.

검토 보고서에 따르면, 북한의 제한적 대륙간탄도미사일(ICBM¹) 공격을 방어하도록 설계한 지상기중기 단계 미사일방어(GMD²) 체계에 요격미사일을 추가로 도입할 수는 있으나, 이란 공격으로부터 동부 해안을 방어하는 것과 관련해서는 아무런 결정이 내려지지 않았다고 한다.

이 보고서는 "미국은 현재 계획된 지상기중기 요격체(GBI³) 규모를 64기 이상으로 늘려 GMD 전력을 강화하는 결정을 내릴 수 있다 알래스카 포트 그릴리(Fort Greely)에 소재한 미사일 기지는 추가로 요격미사일 40기를 배치할 여력이 있다"고 했다.

GMD 체계 개선은 미사일방어를 위한 미 국방부 최우선사업에 속한다. GMD 체계는 현재 총 44기의 요격미사일을 포함하고 있으나, 조만간 20기가 추가될 수도 있다.

검토 보고서는 "미국 본토 내 새로운 요격기지를 구축하여 장차 이란의 ICBM을 포함해 미 본토를 겨냥하는 잠재적 미사일 위협의 확산을 막을 수 있으나, 아직 추가 요격기지 구축 결정은 내려지지 않았으며, 관련 정보가 더 필요하다"고 했다. 미 미사일방어국(MDA⁴)은 새로운 기지 구축과 관련해 의회가 규정한 모든 예비 활동을 수행했으나, 아직까지 기지 선정 및 구축 결정을 내리지 못했다고 MDA 국장 사무엘 그리브스 중장이 1월 17일 기자들에게 말했다.



그림 1 미국의 ICBM 요격 미사일

미 의회는 알래스카에 추가로 요격미사일을 배치하여 GMD 능력을 강화하려는 계획을 2017년에 입법화했다. 2018년 초 보잉사는 GMD 체계의 지속적 관리 및 발전과 관련해 65억 6,000만 달러 규모의 6개년 연장계약을 수주했다. 1990년대 말 GMD 사업 개시 이래 보잉사는 주 계약업체로 활동해 왔다.

계약 범위에는 체계 개발, 배치, 시험, 엔지니어링 및 통합 등이 포함된다. 또한 현재 알래스카주 포트 그릴리(40기) 및 캘리포니아주 반덴버그(Vandenberg) 공군기지(4기)에 배치된 GBI 44기에 20기를 추가하는 내용도 포함된다. 계약에 따르면, 새로운 미사일 기지에 추가 사일로 20개소를 구축하고, 알래스카주 포트 그릴리 내 기존 미사일기지에 추가 사일로 2개소를 구축할 뿐만 아니라, GBI 20기를 구매하게 된다.

또 노스럽그루먼사의 다단계 로켓 부스터(BV⁵) 개발 및 요격체 신뢰성 개선을 위한 재설계 직격요격체(RKV⁶) 통합과 관련해 개발 작업도 진행된다. GBI 1기당 비용은 7,000만~9,000만 달러 사이가 될 것으로 추산되나, 직격요격체의 구조, 주문 수량, 지속 소요에 따라 달라질 수 있다. 포트 그릴리 내 1번 미사일기지(Missile Field One)에 있는 미사일 사일로 6개소를 재가동하는 데 약 2억 달러가 들 것으로 추정됐다.

GMD 체계는 품질통제 문제와 신뢰성 저하로 인해 개발 과정이 순탄치 않았다. 그러나 거듭된 실패 끝에 마침내 2014년에 요격 시험에 성공했으며, 2017년에는 처음으로 ICBM급 표적을 요격하는 등 최근 시험에서 만족할 만한 성과를 내고 있는 것으로 보인다.

MDA와 미 전투사령관들은 동부해안 GMD 기지 건설에 반대하는 대신, 센서 및 요격체 개선에 필요한 자금 지원을 요청했다. 의회 공화당 의원들은 지난 수년 동안 국방부가 특히 이란으로부터 야기되는 미래 위협에 대비해 본토 방어용 요격수단을 동부해안 기지에 구축하는 안을 고려할 것을 요구했다. 미 전략사령부와 미 북부사령부 지휘관들은 그 대신 현행 체계를 개선하고, 북한 ICBM을 요격하기 위해 최적화된 서부해안 기지에 자금 지원을 집중해줄도록 의회에 요청했다.

이를 위해 보고서는 가능한 새로운 기술을 찾기 위한 여러 연구 개시를 주문했다. 연구 엔지니어링 담당 마이클 그리핀 국방차관은 검토 보고서를 공개하면서 "보고서에 개략적으로 다룬 기술들은 실험, 시제품 제작 및 시험을 통해 조사되어야 한다. 물론 미사일 방어 검토 보고서에서 언급되었다고 해서 바로 시행에 들어가는 것은 아니다. 하지만 향후 수년간에 걸쳐 진행될 가능성이 있다"고 말했다. 구체적으로는 미사일 방어용 우주 기반 센서 체계의 빠른 발전을 추구하고 있다는 게 그의 설명이다.

가. 우주기반

가령 우주기반 요격평가(SKA⁷) 사업과 관련해 국방부는 향후 90일 이내에 우주에서의 폭발을 감지할 목적으로 설계한 실험용 상용 위성 센서 탑재체들이 기능을 발휘해야 한다고 1월 17일 밝혔다. MDA는

SKA 실험용으로 2019 회계연도에 1,650만 달러 예산을 요청했으며, 높은 샘플 속도(sample rate)의 적외선 센서 네트워크를 사용하여 본토 미사일 방어를 위한 요격평가 능력을 실험할 예정이라고 MDA 게리 퍼넬트 운용처장이 2018년 언론매체에 밝혔다.

SKA 적외선 센서는 미사일 방어체계의 요격 성공 여부를 알 수 있도록 요격평가 능력을 제공하기 위해 설계됐다. SKA 실험이 효과적인 것으로 입증되면, 미 육군 제100미사일 방어여단은 새로운 발사교리를 채택해 대ICBM 요격미사일을 발사할 수 있을 것이다. 이는 잠재적으로 발사-요격평가-발사(SLS⁸) 교리 채택과 더불어 미사일 방어여단이 교전 시 더욱 적은 수의 요격미사일을 사용할 수 있음을 의미한다.

한편, 검토 보고서에 따르면, 국방부가 특히, 상층단계 방어를 위해 요격수단을 우주에 배치하는 방안을 연구할 것이라고 한다. 이와 관련하여 국방부는 가능한 우주기반 방어층을 위해 가장 유망한 기술 및 예상 일정·비용·인원소요를 식별한 후 상층단계 방어를 위한 초기운용능력(EOC⁹)을 달성한다는 계획이다. 연구 실시 예정일은 6월 중순까지이다.

우주 기반 요격수단이 과거에 너무 비용이 많이 드는 것으로 입증됐으나, 미 미사일 방어체계는 이미 미 공군 우주기반 적외선체계(SBIRS¹⁰) 미사일 경고 위성을 통해 미사일 발사 탐지에 우주기반 센서층을 사용하고 있다. 이 센서 체계는 상승하는 전술미사일이나 ICBM의 섬광을 관측한 후, 지상기반 위상배열 레이더로 하여금 궤적을 감시하여 보고하도록 한다.

그리브스 중장에 따르면, SBIRS는 경보 수단으로 지휘관들에게 미사일 발사 사실을 경고할 수는 있다고 말했으나, 미사일 발사에서 비행 그리고 요격에 이르는 전 과정을 추적하기 위해서는 완전한 우주기반 센서층이 필요하다고 한다. 이러한 센서 체계가 구축될 경우 극초음속 활공 비행체(HGV¹¹) 방어는 더욱 실현 가능한 일이 될 수 있다.

센서층에는 SBIRS와 유사한 지속적 공중 적외선 감시(OPIR¹²) 위성군이 포함될 수 있으며, 이를 통해 발사를 탐지하고, 특성을 파악할 수 있다. 또한 지역 주시 전자광학/적외선(EO/IR¹³) 위성이 추가될 경우 미사일 발사 및 연소원료 단계 전반에 걸쳐 탐지, 경고 및 표적지시 행위가 가능할 수 있다. 이를 위해서는 우주대기보다 따뜻한 지구대기의 클러터 환경에서도 하방 감시가 가능한 센서가 요구된다. 이에 MDA는 미 국방고등연구기획국(DARPA¹⁴)과 협력해 블랙잭(BlackJack) 사업을 추진 중이며 이 사업은 더욱 작고, 값싼 위성 버스로 구성된 지구 저궤도 위성군의 개발 및 시연을 목적으로 한다.

MDA에 따르면, 또한 좁은 시계 EO/IR 식별, 밀 발사통제, 추적 위성체계 연구도 추진할 수 있는데, 이 사업은 정반대의 문제 즉 우주대기 주사라는 과제에 직면하게 될 것이다.

나. HGV

보고서에 따르면, HGV 방어를 위해 미 전략사령관은 첨단 탄도미사일, 순항유도탄, HGV 위협을 조기에

미 국방부, 우주기반 자산 및 상승단계 요격 연구 추진

경고하고, 공격평가를 하는 데 필요한 지휘통제능력 및 작전개념에 대한 평가를 주도할 것이라고 한다. 이러한 평가는 2019년 9월 중순께로 계획되어 있다. 평가가 완료되면, 국방부의 비용평가·사업평가국장은 첨단 위협의 조기경고 및 공격평가를 제공하고, 핵 지휘통제통신(NC3¹⁵) 아키텍처에 통합하기 위한 장비 솔루션 관련 대안분석에 들어갈 예정이다.

중국과 러시아도 극초음속 무기를 개발 중인 것으로 알려졌다. HGV와 같은 체계는 속도가 마하5~마하10에 달하기 때문에 단시간에 상당한 거리를 이동할 수 있다.

HGV는 성격상 전술무기이나 전략적 효과도 발휘할 수 있어 배치된 부대들을 위협에 처하게 할 수 있다는 게 그리핀 국방차관의 주장이다. 그리핀 국방차관과 다른 관계자들은 2월 초 예정된 국방부의 예산요청안 설명과 관련해서는 말을 아꼈으나, 그리핀 국방차관은 극초음속 기술 개발을 위해 추가 예산항목을 고려하고 있다고 작년에 말했다.

국방부는 공세적 용도의 극초음속 무기 개발을 위해 몇 건의 사업을 진행 중인 한편, 극초음속 무기 방어를 위해서도 가령 AN/TPY-2 보조 센서(Adjunct Sensor) 시제품 개발을 위한 신속한 시제품 제작 사업을 추진하고 있다. 이를 위해, 육군 무기연구·개발·엔지니어링센터(ARDEC¹⁶)는 극초음속 무기 추적 레이다의 효과성을 개선하기 위한 방안으로 AN/TPY-2의 1단계와 2단계 형상을 개발 및 통합했다.

이 시제품은 X-밴드 주파수를 사용하며, 1단계 형상에는 운용의 적절성을 입증하기 위해 모의 환경에서 시험을 거친 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 개선이 포함됐다. 2단계 형상에서는 고출력 송신기 및 개선된 위협 추적 소프트웨어가 추가됐다. 이 사업은 2019 회계연도에 1단계 및 2단계 형상의 시험 및 시연을 위한 자금이 지원됐다. 시험 성과에 따라 실용화 가능성 그리고 궁극적으로 MDA의 기존 AN/TPY-2 사업으로의 이관 여부가 결정될 예정이다.

MDA는 또한 극초음속 위협에 대응할 수 있도록 센서 및 지휘통제체계를 포함해 엔지니어링 요구사항 및 요구조건 결정 연구와 관련해 2019 회계연도에 예산을 지원한다. 이러한 초기단계 노력에는 극초음속 환경 내 물질 및 구성요소의 기능을 이해하기 위한 테스트베드 개발, 미사일 방어 하드웨어를 뒷받침하는 지휘통제, 전투관리, 통신 소프트웨어를 위한 극초음속 방어능력 연구, 알래스카에 구축되는 장거리 식별 레이다용 미래 소프트웨어에 극초음속 위협 방어능력을 추가하는 방안 고려 등이 포함된다.

다. 새로운 방어층

검토 보고서와 MDA 관계자들에 따르면, ICBM 방어에 지상기반 또는 함정기반 SM(Standard Missile)-3 블록 IIA 요격 미사일 운용을 낙관하고 있다고 한다. SM-3 블록 IIA는 지역 미사일 방어 아키텍처의 일부로서 개발됐으나, ICBM 위협에 대한 추가적인 방호력을 제공하기 위해 기존의 GBI(기존의 본토 미사일방어 요격수단)에 중요한 기초를 제공할 잠재력을 가지고 있다.

그리브스 중장은 SM-3 블록 IIA를 크게 신뢰하고 있다고 1월 17일 기자들에게 말했다. 이 미사일은 초기 시험에서 비교적 성공적인 성과를 보였으나 최근 2017년 6월 시험에서는 운용자 실수로 결국 자폭에 이르는 실패를 맛봤다. 또 이어 실시된 2018년 1월 시험에서도 부품 결함으로 성공하지 못했다. 그러나 이후 결함 부품을 교체한 후 실시한 두 차례의 시험에서는 성공을 거두었다고 그리브스 중장은 밝혔다. SM-3 블록 IIA는 2020년 ICBM급 표적을 대상으로 시험을 실시할 예정이다.

이들 요격미사일은 이지스(Aegis) 전투체계를 갖춘 유도미사일 구축함 또는 이지스 어쇼어(Aegis Ashore, 지상기반 이지스) 기지에서 발사할 수 있는 특별한 융통성이 특징이다.

레이시온사 전략·해군체계 담당 부사장 미치 스티브슨 박사에 따르면, SM-3 블록 IIA는 GMD 체계의 대체 무기가 아니라, 본토 방어를 위한 저층 방어 무기로 운용될 수 있으며, 급습 상황에서 GMD 방어망을 통과한 어떠한 미사일의 탄두도 무력화할 수 있는 능력이 있다고 제인스사에 전했다.

일본은 이지스 함정을 운용하고 있으며, 이지스 어쇼어 체계 2기를 획득할 계획인 한편 이지스 어쇼어 체계는 루마니아에 배치됐으며, 내년 중 폴란드에도 구축될 예정이다. 검토 보고서에 따르면, 미국이 북한의 미사일 공격에 대응하여 하와이 방어태세를 강화하기 위해 잠정적 또는 영구적으로 하와이주 카우아이섬에 이지스 어쇼어 미사일방어 시험센터를 운용하는 방안을 검토할 예정이라고 한다. MDA와 미 해군은 이러한 방안을 평가하고, 긴급작동계획을 발전시킬 예정이며, 이렇게 함으로써 국방장관이 30일 이내에 카우아이섬 이지스 어쇼어 시험장을 운용하도록 지원할 수 있을 것이다. 이 연구는 6월 중순까지 완료될 예정이다.

한편, 미 국방부는 상승단계 요격을 위해 센서 또는 요격미사일 발사 수단으로 F-35 라이트닝 II 합동타격전투기(JSF¹⁷)를 운용하는 방안을 고려할 예정이다.

검토 보고서는 "F-35 라이트닝 II 전투기는 오늘날 적 순항유도탄을 추적 및 파괴할 수 있으며, 장차 상승단계에서 적의 탄도미사일을 격추할 수 있는 신형 또는 개조형 요격미사일을 탑재할 수 있을 것"이라고 했다. 따라서 미 공군과 MDA는 6월 중순까지 지역 및 본토 방어 모두를 위해 센서 장비를 포함하여 F-35를 미국의 탄도미사일 방어체계(BMDs¹⁸)에 통합할 수 있는 최선의 방안을 연구할 예정이다.

그리핀 국방차관은 일각에서 제안된 AIM-120 첨단 중거리 공대공미사일은 공대공 요격 능력이 제한적이라고 언급하면서 F-35는 향후 새롭게 개발되는 미사일을 이용하여 상승하는 ICBM을 요격할 수

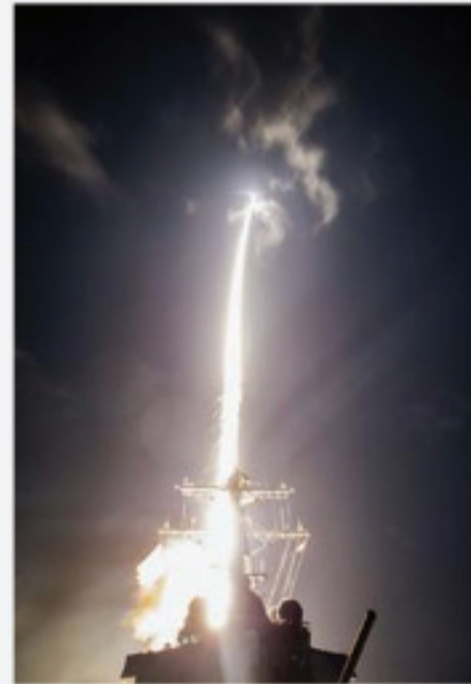


그림 13 USS 존 폴 존스(John Paul Jones) 함에서 발사되고 있는 SM-3 블록 IA

미 국방부, 우주기반 자산 및 상승단계 요격 연구 추진

있을 것이라고 말했다.

이러한 개념의 비판은 주로 공대공 요격미사일의 고속 요구조건에 초점을 두었으며, 공대공 요격미사일은 상대적으로 안전한 거리에서 상승하는 ICBM을 요격할 수 있어야 한다. 또한 요격미사일을 발사하는 항공기는 매 출격 시 적 영토에 비교적 근접하여 비행하지 않으면 안 되기 때문에 임무 수행 시 위험에 노출될 우려가 있다.

라. 레이저

MDA는 공대공 요격용으로 지향성 에너지 무기를 개발하는 장기 사업을 추진 중이지만, 이러한 내용은 검토 보고서에서 간단히 언급됐다. 검토 보고서에 따르면, 확장가능하고, 효율적인 소형 설계의 고에너지 레이저 기술이 장차 상승하는 미사일이 궤도 초기 단계에 있을 때 비용대비 효과적으로 파괴할 수 있는 능력을 제공할 가능성이 있을 것이라고 한다. MDA는 필요한 기술을 평가하기 위해 저출력 레이저 기술실증기(LPLD¹⁹)를 개발 중이라고 보고서는 밝혔다.

MDA는 2017년 6월 상승단계에서 ICBM을 파괴할 수 있는 고에너지 레이저를 탑재할 수 있는 레이저 무장 고고도, 장기체공 무인항공기에 대한 정보요청서(RFI²⁰)를 발표했다. 이 UAV는 2023년께 구현을 목표로 한다.

RFI에 따르면, 63,000ft 상공에서 비행하며, 적어도 탑재중량이 2,268kg이며, 최소한 140kW에서 280kW의 가용 전력을 보유하는 UAV를 요청했다고 한다. MDA의 성능규격은 노스롭그루먼사의 RQ-4 글로벌 호크(Global Hawk) 또는 이 UAV의 한 형상을 가리키고 있는 것처럼 보이나, 글로벌 호크가 이 정도의 무게를 감당할 수 있을지 여부는 알려지지 않았다.

3. 결론

이번 미사일 방어 검토 보고서를 보면 미국의 전체적인 전략태세가 러시아 및 중국과 같은 대등한 적대세력을 대상으로 방향을 튼 것으로는 판단되지 않는다. 검토 보고서는 “미국의 미사일 방어능력은 북한, 이란 등 불량국가의 공세적 미사일 위협에 대응하여 미국 본토를 지속적이고 효과적으로 방호할 수 있어야 한다. 미국은 러시아 및 중국의 더욱 정교한 대규모 ICBM 능력에 대응하기 위해 핵 억지력에 의존하고 있다.”라고 밝혔다.

그러나 검토 보고서는 러시아 및 중국의 미사일 위협에 대응한 지역 방어태세를 구축하는 데 투자를 늘리고, 특히 극초음속 무기 대응 능력을 갖출 것을 주문하고 있는 것으로 보인다. 더욱이 SM-3 블록 IIA 요격미사일이 ICBM 대응 능력을 입증할 경우, 미국의 미사일 방어능력에 대한 러시아 및 중국의 우려는

미 국방부, 우주기반 자산 및 상승단계 요격 연구 추진

중폭될 것이다. 그럼에도 불구하고, 미 국방부는 러시아와 중국이 대위성 미사일을 개발 중이며, "러시아가 핵무장 요격미사일 68기를 포함하여 모스크바 주변에 배치된 오래된 전략미사일 방어체계 전력의 유지 및 현대화에 힘쓰고 있다"고 주장했다. 중국 또한 DN(Dong Neng)-3 미사일 요격체계를 개발하고 있는 것으로 알려졌다.

출처 1. Missile Defense Review: Pentagon will study space-based assets, boost-phase intercepts, janes.ihs.com (2019. 1. 23.)

가장 깊고 어두운 블랙홀, 인류 앞에 그 모습을 드러내다



2019년 4월 10일, 지구에서 오천만 광년 이상 떨어진 은하 M87에 위치한 거대한 블랙홀이 그 모습을 드러냈다. 주변을 환하게 밝히는 링 형태의 가스, 그리고 중심부에 존재하는 어두운 그림자의 모습은 과학자들이 상상했던 블랙홀과 매우 흡사했다. 이 위대한 성과는 세계 각지에 위치한 8곳의 전파망원경을 연계시켜 200명 이상의 과학자로 이루어진 국제 연구팀의 공적이다. 어떻게 이 거대한 국제 프로젝트가 성공을 거둘 수 있었을까? 그 뒷이야기를 함께 살펴보자.

『과학향기』(KISTI 제3347호)에서



블랙홀을 포착하기 위해 모인 EHT 연구팀이 드디어 블랙홀 관측에 성공했다. 사진의 블랙홀은 우리가 어렴풋이 상상했던 대로 고리 형태의 구조와 어두운 중심부가 있다. (출처: EHT 공동연구진)

사건의 지평선 너머를 엿보기 위해

이 위업은 말 그대로 아인슈타인의 그림자를 쫓아 얻어낸 성과였다. 1919년 아서 에딩턴이 이끄는 탐사대가 서아프리카에서 빛이 휘어진다는 증거를 확보했다. 이 발견은 위대한 물리학자 알베르트 아인슈타인의 일반상대성 이론을 지지하는 결정적인 근거였다. 일반상대성 이론은 우주 어딘가에 엄청난 중력을 지닌 초거대 천체, 블랙홀이 존재할 것이라 예견했다.

블랙홀은 그 거대한 밀도와 중력 때문에 시공간이 뒤틀린 천체다. 엄청난 중력 때문에 한 번 빠지면 빛조차도 빠져나가지 못한다. 따라서 블랙홀 관측을 위해서는 빛이 탈출할 수 없는 경계선 '사건의 지평선' 너머를 훑쳐보아야 한다.

은하 중심부에 위치한 블랙홀은 가스를 빨아들이기 직전에 수천억 도에 달하는 뜨거운 열을 분출한다. 이것이 아인슈타인의 일반상대성이론이 예측한 거대한 형태의 '사건의 지평선'을 그려낼 실루엣이다.

8대의 전파망원경을 하나로 묶다

지구에서 블랙홀을 관측하기 위해서는 우선 그 크기가 지구에서도 볼 수 있을 만큼 충분히 커야 한다. 거기에 가능하다면 가까울수록 더 좋다. 일반적으로 질량이 큰 블랙홀이 그 크기도 크기 때문에 과학자들은 여러 블랙홀 중에서 지구에서 가깝고 무거운 '궁수좌A' 블랙홀과 처녀자리 은하단에 위치한 'M87은하' 중심부의 블랙홀을 관찰 대상으로 점 찍었다. 두 블랙홀은 태양보다 65억배 더 무거운 어마어마한



EHT 공동연구진은 블랙홀을 포착하기 위해 미국, 칠레, 멕시코, 남극 등지에 있는 8개의 망원경을 이용했다. (출처: EHT 공동연구진)

질량을 지닌 초거대 블랙홀이다.

빛을 반사하지 않기 때문에 직접적인 관찰은 불가능하다고 여겨졌던 블랙홀이다. EHT 팀은 어떻게 불가능을 뛰어넘어 이번 성과를 얻어낼 수 있었을까?

연구팀이 관찰대상으로 삼은 블랙홀은 가깝다 하더라도 여전히 상상할 수 없을 정도로 저 멀리 떨어진 천체다. 이번 프로젝트의 난이도는 뉴욕에 있는 사람이 로스엔젤레스에 위치한 골프 홀 속에 붙은 먼지 숫자를 세는 것과 비견될 정도였다. 지금까지 없었던 엄청난 해상도와 정확도를 지닌 천체망원경이 필요했고 그러기 위해서는 지구만큼 커다란 크기의 렌즈가 필요했다.

물론 지구 크기의 렌즈를 만드는 시도는 현실성이 없다. 과학자들은 미국 애리조나, 하와이, 그리고 스페인, 멕시코, 칠레, 마지막으로 남극에 위치한 8곳의 전파망원경을 연동시켜 가상적으로 지구 규모의 거대한 사건의 지평선 망원경을 실현했다. 그리고 초장기선 간섭 관측법(VLBI: Very Long Baseline Interferometry)이라 불리는 기술을 사용해 멀리 떨어져 있는 복수의 망원경이 수신한 전파를 서로 간섭시켜 합성 사진을 제작했다.

이론은 위와 같다. 하지만 초거대 블랙홀을 관측하기 위해서는 8개의 망원경을 나노 세컨드 단위로 완전히 동기화시켜 각각 특정한 방향을 향하도록 만들어야 한다. 세계 규모의 안정된 연동을 실현시키기 위해 EHT팀은 1억년에 1초의 오차도 허용하지 않는 매우 정밀한 원자시계를 도입했다. 이를 통해 완전히 싱크로 된 8개의 망원경은 블랙홀에 초점을 맞춘 하나의 거대한 안테나처럼 움직일 수 있었다.

여기에 행운도 뒤따랐다. EHT 팀이 관찰한 블랙홀이 분출하는 초고온 가스는 1mm 전후 주파수에서 가장 밝게 빛난다. 이 주파수는 지구의 대기나 은하에 존재하는 가스 물질의 방해받지 않고 블랙홀을 관찰할 수 있는 황금 주파수에 해당한다.

2017년 4월까지 EHT 팀은 8개의 망원경으로부터 5페타바이트 (1페타 바이트 = 1,000테라 바이트)의 데이터를 수집했다. 온라인으로 전송하려면 7년이 조금 넘는 시간이 소요되는 엄청난 양이었다. 21세기에 온라인보다 오프라인이 더 빠른 아이러니한 상황이 발생했다. 연구팀은 관찰 데이터를 담은 하드디스크를 직접 항공기로 공수하기로 결정했다. 그 무게는 500kg에 달했다. 이 때문에 연구가 반년 정도



자신이 만든 알고리즘으로 드디어 완성된 블랙홀 사진을 보고 있는 케이티 바우만. (출처: 케이티 바우만 트위터)

늦어졌다고 한다. 남극에서의 관찰은 겨울에 끝이 났지만, 하드디스크 운반을 위해선 항공기가 접근할 수 있는 여름까지 기다려야 했다.

연구팀은 거대 데이터를 분석하기 위해 클라우드 기술을 활용했다. 데이터 분석과 관련해서만 6편의 논문을 출판했으며 미국 동해안과 서해안에 위치한 구글 데이터 센터에서 20대가 넘는 강력한 가상의 연산 머신을 작동시켰다.

500kg의 하드디스크에 원본 사진 위에 찍힌 모습은 노이즈와 블랙홀이 뒤죽박죽으로 섞여 있어 화면 위에 떠오른 대상이 블랙홀이라고 믿기 어려운 수준이었다. 이 희뿌연 흔적에서 노이즈를 제거하는데 케이티 바우만(Katie Bouman) 박사가 제안한 알고리즘이 결정적인 역할을 해냈다. 당시 MIT에 재학 중이던 바우만 박사는 수 개의 전파망원경으로부터 얻어낸 화상 데이터를 상호 간 참조하여 노이즈와 관찰 대상을 구분하고 이미지를 추출하는 계산 알고리즘을 고안해냈다. 그녀는 보안을 위해 가족에게도 정확히 자신이 어떤 일을 하고 있는지 비밀로 해왔다고 한다.

아인슈타인이 또 한번 옳았다

일반 상대성 이론을 활용하면 블랙홀의 형태와 크기를 매우 정확하게 예측할 수 있다. 이번에 실제로 관찰한 M87의 모습은 이론을 통해 상상한 것과 거의 판박이었다. 완전한 원을 그리며 주변부에 강력한 가스 구름을 거느리고 있는 블랙홀이 찍힌 사진은 일반상대성 이론을 지지하는 또 하나의 강력한 증거이다.

이번에 발표한 사진은 EHT가 밝혀낼 가능성의 한 예에 지나지 않는다. 연구팀은 1.3mm 주파수의 전파뿐만 아니라 X선, 감마선을 통해서도 블랙홀을 관측하고 있다. 우리 은하의 중심에 위치한 블랙홀에 대한 데이터는 이미 취득을 끝내고 분석 중이다. 머지않은 미래에 우리의 고향에 자리 잡은 블랙홀이 그 모습을 드러낼 것이다.

글 이형석과학칼럼니스트

일러스트 유진성작가

벤처기업 기술현황

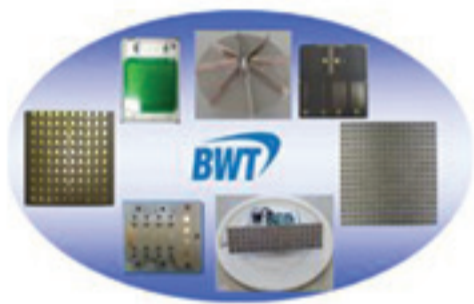
블루웨이브텔㈜	빔 포밍/조향 안테나 기술 및 제품
㈜에스비비테크	국내 유일의 하모닉 방식 정밀 감속
이지파워	항공기 탑재형 극저온(-32℃) 스마트 시동 통합 시스템
㈜지피	송신구동증폭모듈 개발
㈜진우에스엠씨	소방/재난 특장차량 기술현황
케이에스광학㈜	내충격성, 내열성 우수한 경량 폴리우레탄계 수지합성기술
㈜한우물	군 식량으로 대체 가능한 냉동볶음밥

빔 포밍/조향 안테나 기술 및 제품



블루웨이브텔㈜ 이사 정인웅
구미국방벤처센터 협약기업

1. 개요



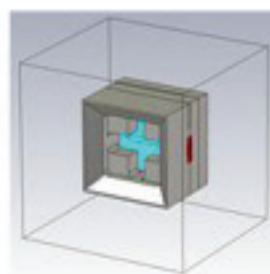
무선을 이용한 다양한 통신 및 레이더 시스템이 개발·운영되면서, 전체 시스템의 기능 및 성능을 좌우하는 핵심 부품으로서 안테나 기술의 중요성이 크게 부각되고 있다. 블루웨이브텔(주)은 고객의 무선 시스템 설치 및 운용 환경을 고려하고 링크 버짓에 의한 최적의 무선 링크를 구축하기 위해 초기 시스템 설계 단계에서부터 고객과 함께 규격을 검토하고 정의하고 있다. 특히 무선 전파 환경은 제한된 주파수 자원과

다양한 전자파 잡음과 의도된 방해 전파 등으로 갈수록 열악해지고 있으므로, 이동체 및 비행체용 전자파 응용 시스템에 적용되는 안테나 기술은 가능하면 소형, 경량, 초박형 안테나 구조를 요구하고 있으며, 빔 포밍 기술을 적용한 고성능 안테나 기술 및 제품이 요구되고 있다.

2. 주요 개발 현황

가. 에어스트립 급전망 적용 평판 배열 안테나 기술

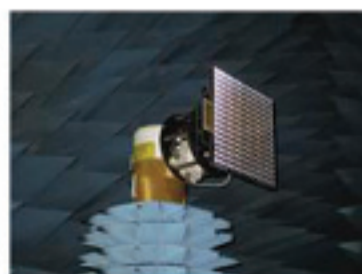
광대역 저손실 에어스트립 급전 기술을 기반으로 초박형 평판 배열 구조를 개발하였다. 이러한 배열 구조를 통해 높은 이득의 안테나 개발이 가능하며, 각각의 방사체에 공급되는 급전망 전류 분포 제어를 통해 다양한 빔 성형 및 빔 포밍 안테나 제품 개발이 가능하다.



단일 구조 방사체



16×16 배열 안테나

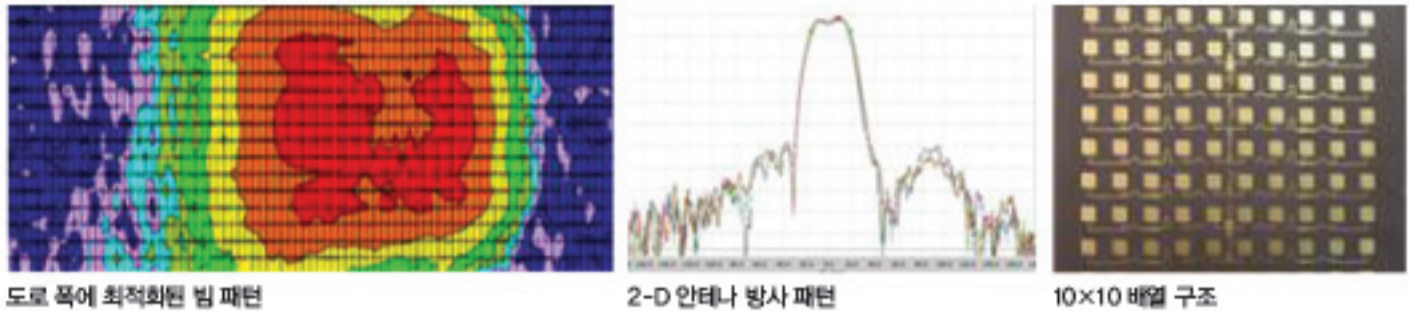


배열 안테나 방사 패턴 측정

나. 빔 성형 안테나

빔 성형 안테나 구조는 방사체의 구조에서 얻을 수도 있지만 마이크로스트립 패치 배열 구조의 급전망 전류 분포 제어를 통해 다음과 같은 부엽 레벨 최소화 안테나를 구현할 수 있다. 블루웨이브텔(주)은 특정

빔 패턴 안테나를 설계하기 위해 먼저 통신 영역에 최적화된 빔 패턴을 설계하고 이러한 패턴을 얻을 수 있는 배열과 전류 분포 급전 망을 설계함으로써 빔 성형 안테나를 설계 제작할 수 있다. 제시된 그림은 부엽 최소화를 위해 배열 방사체에 Taylor 분포 급전 회로망을 적용하였으며, 반사파 영향을 최소화하기 위한 원형 편파 기술을 적용한 안테나 제품이다. 이는 현재 하이패스용 Toll Gate 장비에 적용 설치 운용되고 있는 안테나 구조이다.

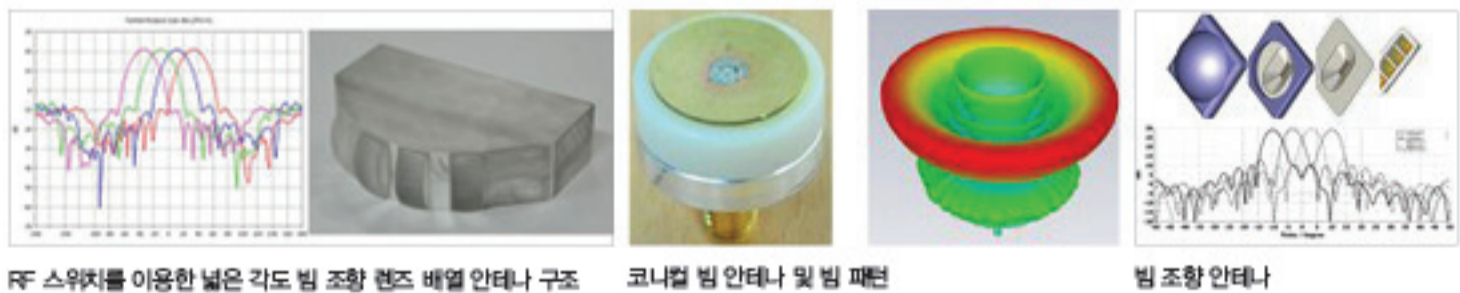


다. 고객 주문형 RF 기술 및 제품

블루웨이브텔(주)은 비행체와 이동체에 적용할 수 있는 다양한 안테나 구조를 개발하여 관련 기업과 기관에 공급하고 있다. 또한, 구매조건부 개발 사업과 핵심 부품 개발 사업 등을 통해 77GHz~80GHz 대역의 충돌 방지 레이다 적용 배열 안테나, 위성 측위용 안티 재밍 안테나, 필터, 전력 제한기, 헬기 적용 안테나 등을 개발하고 있다.

Dual Band Antenna (Bomb) Wide Band Antenna (Radio Set) Onboard Antenna (Helicopter) HPF by using Ceramic elements LPF by using Lumped-elements 8-Order BPF by using Lumped-elements
 Telemetry Antenna (Guided Bomb) Blade Antenna (Aircraft) Telemetry Antenna (UAV) LNA for GPS Ku-Band LNB L-Band LNB

군 적용 안테나 제품군



회사소개 블루웨이브텔(주)은 다양한 무선 시스템에 적용되는 안테나 원천 기술 및 구조를 바탕으로 최근 이슈가 되고 있는 5G용 기지국 및 중계기용 지향 빔 안테나, 간섭 제거 중계기에 적용되는 고격리 안테나, 하이패스용 Toll Gate 장착 빔 성형 안테나, 멀티 빔 조향 기술, 그리고 레이다 및 위성 통신용 평판 배열 안테나 기술 및 제품을 개발하는 안테나 전문 강소 기업으로, 빠르지는 않지만 지속적인 성장 발전을 거듭하고 있다.

국내 유일의 하모닉 방식 정밀 감속기



㈜에스비비테크 | 연구소장 이정호
구마국방벤처센터 협약기업

1. 개요

국방 분야의 베어링은 군 기동력 및 타격 능력을 뒷받침하는 핵심 요소 부품으로서 각종 군사장비에 적용되어 광범위하게 사용된다. 당사는 축적된 정밀가공기술과 연마기술을 바탕으로 베어링과 초정밀감속기를 개발하여, 다양한 소재를 바탕으로 고객이 원하는 용도에 맞게 재질, 수량, 크기 등급에 따라 주문 생산하고 있으며 국방 로봇과 국방 체계장비의 경량화와 원가절감에 기여가 가능하다.

2. 주요 개발 현황

가. 보유기술

- 30년의 Know-How, 국내 최초의 세라믹 볼 가공 기술 보유
 - 특수 연마, 정밀 가공 기술 보유 (진구도 0.1 μm , 표면조도 Ra0.025)
 - 평가 기술 보유(클린룸, 백만분의 1 측정기, 3차원 측정기, 베어링 진동, 소음측정기, 투영기 및 각종 계측기)

나. 고정밀 베어링 & 고정밀 감속기

- 미국 'KAYDON' 사 베어링 국산화 기술 개발 성공
 - 일본 'HDS' 사 하모닉 감속기 국산화 기술 개발 성공
 - 방위 산업용 베어링 및 정밀 감속기의 적용 및 기술 개발
 - 해외 수입에 의존하는 무기체계 및 산업용 중형 크로스 롤러 베어링 제작 기술
 - 특수 환경에 따른 특수 소재 및 설계를 적용한 특수환경용 베어링 제작 기술
 - Order made 형식의 다양한 제품 및 고정밀 제품 제작 기술

다. 개발제품 소개 사진

**초박형 베어링(Ultra thin bearings)**

- 고정밀, 저소음, 경량성, 높은 하중 전달 능력
- 정사각형 횡단면으로 협소 공간 적용

**크로스 롤러 베어링 (Cross roller bearings)**

- 다양한 구조와 설계자유도
- 고하중 선회부 및 관절부에 적용

**특수 환경용 베어링**

- 사용 환경에 따른 특수 복합 소재로 구성
- 내식성, 아전, 고온 환경 등 특수 사양 적용

**하모닉 감속기 (Harmonic drive)**

- 우수한 위치 결정 및 회전 정도
- 고평크 용량, 고강성, 고감속비

회사소개

(주)에스비비테크는 자본재 제품 중에서도 특수장비의 동력전달장치와 구동장치 등을 생산하는 업체이다. 당사는 풍부한 경험과 노하우를 바탕으로 특수 재료기술과 표면처리기술, 특수 윤활기술을 이용하여 수입제품에만 의존되어오던 특수 환경용 복합베어링과 정밀 감속기를 자체 생산하여 공급하고 있다. 기술의 진보에 따라 신소재기술이 요구되는 국방 분야의 고정밀 감속기와 베어링 제품은 앞으로 (주)에스비비테크가 함께할 것이다.

항공기 탑재형 극저온(-32℃) 스마트 시동 통합 시스템¹



이지파워 | 대표이사 유승진
경남국방벤처센터 협약기업

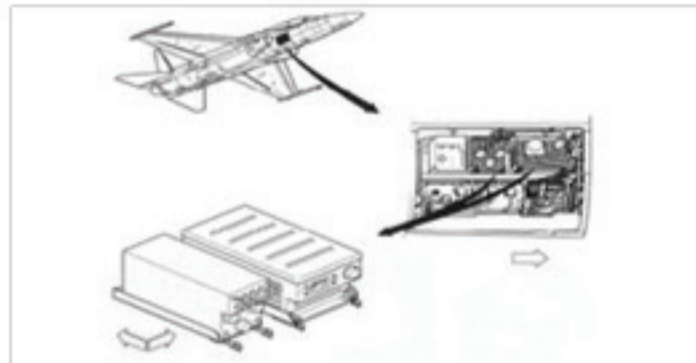
1. 개요

가. 개발 개요

항공기용 배터리는 24V, 17Ah~50Ah으로 구성되며, 배터리는 축전지를 주로 사용 중이나 점차적으로 리튬이온계열로 교체중이다. 항공기 배터리의 주된 목적은 항공기 엔진에 24V 전압을 직접 흘려주어 엔진을 가동토록 하는 것이며, 부가적으로는 기타 유틸리티 및 항공기내 주요 전원이 필요한 기기에 비상 전원을 공급해 주는 역할을 한다.



T-50 배터리 시스템 장비(좌:배터리 / 우:충전기)



T-50 배터리 시스템 장착 형상

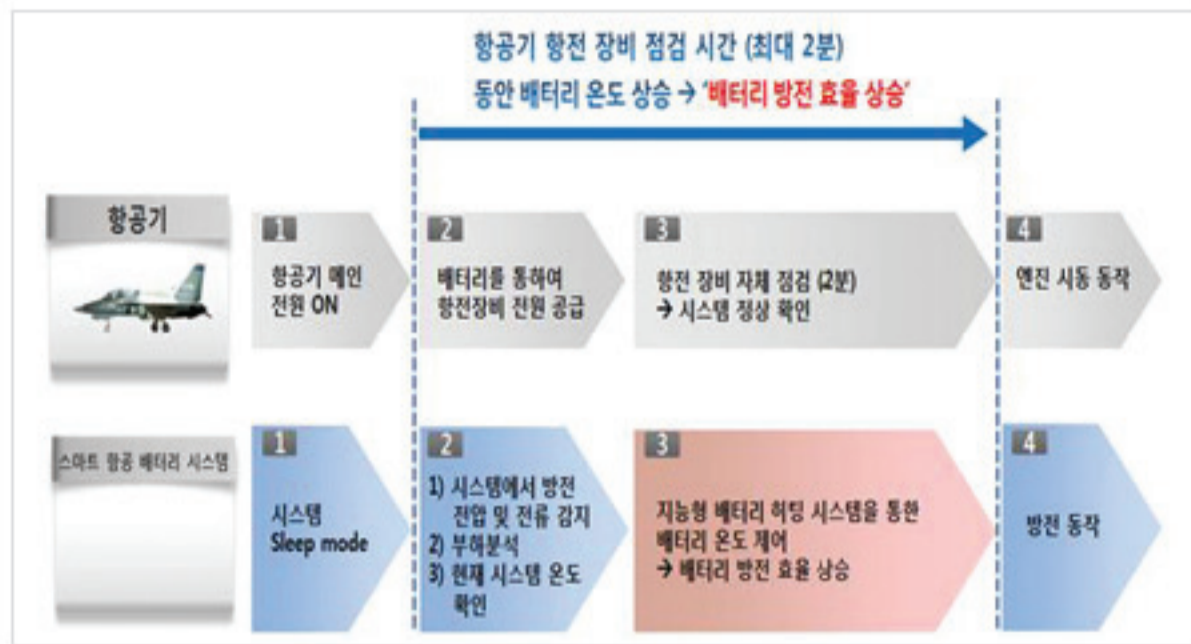
2. 주요 개발 현황

가. 항공기 탑재형 극저온(-32℃)스마트 엔진 시동 배터리 시스템

항공기 탑재형 극저온(-32℃)스마트 엔진 시동 배터리 시스템은 저온시동 운영영역(항공기 G1~G3 운용조건)에서도 동작한다. 운용 절차에 따라서 항공기 메인 전원 ON을 하면 배터리를 통하여 항전장비에 전원을 공급하며, 이때 배터리 시스템은 방전 전압 및 전류 감지를 하게 되고 부하분석을 통하여 현재 항공기의 운용 상태를 확인하게 된다. 또한, 내부 온도센서를 통하여 현재 배터리 온도를 확인하여 -10℃이하 조건이 되면 지능형 배터리 히팅 시스템을 통하여 배터리 온도 가열 및 적정 온도에서 정지

¹ 본 연구개발결과물은 미래창조과학부에서 시행한 정보통신·방송 연구개발사업(스마트ICT융합컨소시엄 사업)의 연구 결과입니다.

제어를 하여 배터리 방전 효율을 상승 시킨다. 이후, 항공기의 항전장비 자체 점검을 마치고 시스템 정상 확인 한 후에 엔진 시동을 하게 되며, 배터리 방전 효율이 상승하여 정상적인 엔진 시동이 가능하다.



항공기 탑재형 극저온(-32℃)스마트 엔진 시동 배터리 시스템 Flow

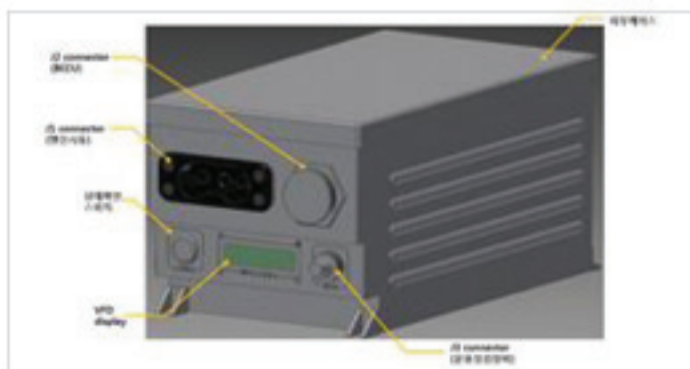
나. 항공기 탑재형 극저온(-32℃)스마트 엔진 시동 배터리 시스템 구성

항공기 탑재형 극저온(-32℃)스마트 엔진 시동 배터리 시스템은 하기의 내용과 같이 구성 되어 있다.

- 210×180×384mm/16,3kg
- 배터리팩
- 전압 24-29 VDC/출력부하 600Amp 이상/용량 32,800mAh
- 연결케이블
- VFD Display : 2×16 문자열
- 상태확인스위치



스마트시동시스템의 구성 및 연결



저온 시스템 외부 구성



점검장비 외부 구성

회사소개

이지파워는 항공사업분야의 엔진시동 배터리시스템, Cold-Cracking Application, 시험검사장비 외 Battery Management System, Energy Power System, 각종 제어반 및 시스템 Rack 장비, 철도차량 및 군수장비용 전원공급장치 등 여러 분야에 적용하여 공급하고 있으며, 당사의 풍부한 경험과 기술 인력을 바탕으로 고객의 니즈를 만족시키고 있다.

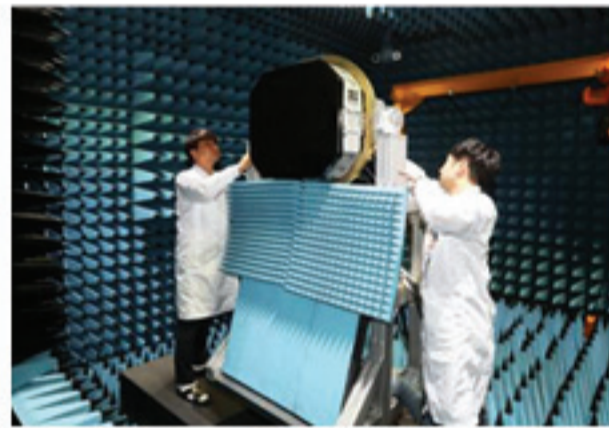
송신구동증폭모듈 개발



(주)지피 | 대표이사 박준희
대전국방벤처센터 협약기업

1. 개요

AESA(Active Electronically Scanned Array) 레이더는 전통적인 기계식 주사 레이더에 비해 성능과 신뢰성이 월등하게 우수하여 전 세계적으로 자국의 전투기에 장착하고자 기술개발에 투자를 하고 있다. 이와 마찬가지로 한국에서는 현재 국방과학연구소와 한화시스템이 AESA 레이더를 개발하여 한국형전투기에 탑재해 동시에 최대 1,000여개의 표적을 탐지, 추적할 수 있는 AESA 레이더를 우리 기술로 개발하고 있으며 (주)지피는 AESA 레이더 핵심부품인 송신구동증폭모듈을 개발하여 완료 하였다.



한국형전투기(KFX)에 탑재되는 AESA 레이더

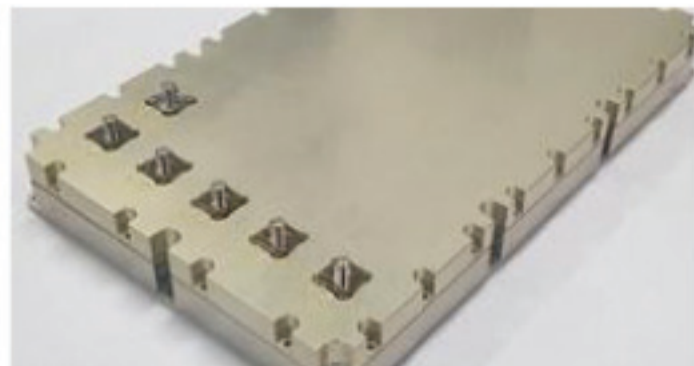
2. 주요 개발 현황

가. 송신구동증폭 모듈 (TDA : Transmit Drive Amplifier module)

한국형 전투기에 장착되는 AESA 레이더에서 송신구동증폭모듈 조립체의 주요 기능은 외부 RF 신호를 공급받아 고출력으로 증폭하여 스위칭 모듈로 전달하는 역할과 상위체계의 제어신호를 받아 진폭제어, 스위치제어, ON/OFF 동작제어가 가능하며, 증폭단의 고장 발생 시에도 동작을 유지할 수 있도록 별도의 Redundancy단을 포함하고 있다. 또한, 상위체계의 제어신호를 받아 경로선택이 가능하도록 설계하여 제작된 소형화 및 경량화 된 모듈이다. (주)지피에서는 송신구동증폭 모듈을 설계, 제작, 측정부분을 담당하여 기술개발을 완료한 상태이며, 2023년부터 양산을 위한 양산 라인 및 측정 시스템을 구축하여 운영 중에 있다.



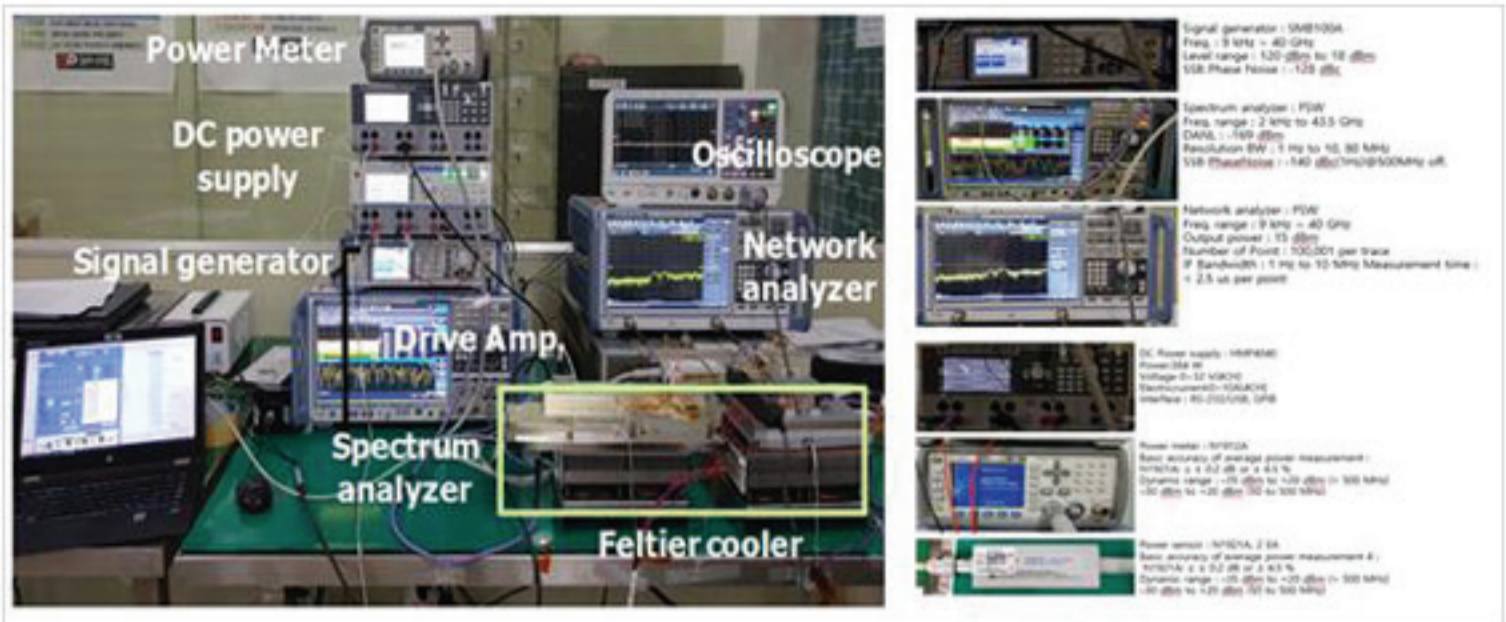
송신구동증폭 모듈제작 인프라 구축



송신구동증폭기 사진

나. 송신구동증폭 모듈 측정 시스템 구축

(주)지피는 송신구동증폭 모듈 측정에 필요한 시스템을 구축하여 성능 확인 및 제품의 특성을 평가 한다.



송신구동증폭 모듈 측정 시스템

회사소개

(주)지피는 2009년에 설립되어 레이다 등의 필수적인 전력 증폭기 설계 및 제작 기술을 보유한 기업으로서 다양한 군사용 주파수 대역의 전력 증폭기에 대한 지속적인 투자, 연구, 개발을 통해 고객 맞춤형 고효율 전력 증폭기로 생산 소요를 충족하고 민수용 수요처 발굴에 힘쓰고 있다.

뿐만 아니라, 다양한 방산 시제품의 설계/제작 실적을 보유하고 있으며, 부품 국산화 연구 등에 많은 노력을 기울여왔다. 현재는 방산 레이다 핵심 부품인 전력 증폭기 부품 및 모듈 전문 업체로서 통합적인 솔루션을 제공할 수 있는 능력을 보유하는 등의 우수한 기술력을 바탕으로 성장하고 있다. 또한, ISO14001, ISO9001인증을 취득하였고 특허 및 디자인 지적재산권 42개를 출원·등록하여 2017년 대전시 유망 중소기업으로 선정되기도 했다.

소방/재난 특장차량 기술현황



㈜진우에스엠씨 대표이사 이준호
전주국방벤처센터 협약기업

1. 개요

1998년부터 고소작업차를 생산하면서 꾸준한 연구개발과 지속적인 기술투자를 진행하여 전 제품 KC마크와 ISO인증, CE인증 획득 등 품질경영/기술경영에 매진하여 왔으며 2013년 무인철거로봇, 군용 식당용 주방차 개발, 2014년 특수작업차량 스카이랜더를 개발, 2015년 원격조정 무인파괴방수차를 개발완료하고 양산체계 구축을 완료하였으며, PHEV 청소차량, 절연 고소작업차, 2016년 국민안전로봇 기술개발사업 진행하고 있다. 치열한 국내 특장차 업계의 경쟁 속에서도 최고의 기술만이 최고의 경쟁력을 갖는다는 신념아래 기술력 강화를 목표로 기술연구소(R&D)에서 꾸준한 연구를 통해 제품의 고품질화에 성공하고 새로운 제품 생산을 위해 노력하고 있다.

2. 주요 제품 개발 현황

가. 고소작업차(납품실적 : 해군군수사령부, 육군1군사령부 외)

강하고 가벼운 Domex 철판 붐을 적용하고 견고한 프레임과 X-A Type을 적용하여 바운딩을 최소화했다. 또한, 넓은 수납공간을 보유했으며 All Chain을 적용했고, 아웃트리거 슬라이드



인출 길이별 작업 반경 제한장치를 추가하여 안전성, 작업성, 효율성, 편의성을 모두 갖춘 장비이다.

나. 무인파괴방수차(납품실적 : 중앙119구조본부, 경기도소방본부 외)



- 원격조정 무선리모컨 사용으로 소방대원의 안전성 확보
- 원전 사고와 같이 소방관이 진입할 수 없는 건물과 조립식 공장의 화재 진압
- 대형건물 및 물류창고 등의 화재 진압시 붕괴 또는 폭발 위험으로부터 안전성 확보
- 샌드위치패널 및 콘크리트블럭 구조의 지붕과 벽면을 관통하여 보다 능률적인 화재진압가능
- 크레인 기중기능 및 다양한 부착물의 활용으로 구조물 잔해 철거 작업가능
- 압축공기포소화(CAFS) 시스템 장착으로 유류화재에도 특화되어 있으며 소화효과가 높음

- 성능인증, 우수발명품, 조달우수제품 인증획득
- 군 내부에서도 화재 발생 시 안전하고 신속하게 화재 진압 할 수 있는 장비

• 제품성능

- 철판 4mm 관통 - 콘크리트 블록 160mm 관통 - 샌드위치 패널 관통
- 7중 강화유리 3.3cm 관통 - 관통 깊이 52cm - 기중능력 2ton
- 무선조정 컨트롤 거리 80m

다. 소형인명구조소방차

2017년 충북 제천 스포츠 콤플렉스 화재사고 이후 인명구조를 위한 소형사다리형 소방차 개발을 진행하여, 2019년 4월 국내 최초로 직진식 소형인명구조소방차 개발을 완료했다. 소형인명구조용 소방차는 텔레스코픽 붐대를 이용한 직진식 소방차이며, 빠른 기동성과 자동방수포 장착, 탑승함



360도 회전, 반영구적인 ALL CHAIN 적용, 수입 Domex 철판(16각형)적용, 바스켓 정격용량 400kg, 오토 릴 내부설계 적용 등으로 업체 중 가장 우수한 평가를 받고 있다.

• 제품성능

- 도심의 협소한 도로에 빠른 진입과 우수한 기동력
- 5~7층 높이 화재 발생 시 소방관의 빠른 투입으로 인명구조가 가능한 특수 장비
- 한 번 작업으로 5명 이상의 인원을 구조할 수 있는 탑승함 장착
- 붐 소재 Strenx 700MC(16각형 수입 철판) 적용
- 국내 최대 20m급 붐대 (3.5ton)
- 바스켓 정격용량 400kg (70kg 기준, 5명 이상 탑승가능)
- 후방 Type의 붐대 설계로 좁고 협소한 골목의 작업반경도 우수

라. 무인철거로봇



고온, 유해가스, 구조적 취약 현장에서 무인으로 작업할 수 있는 로봇으로 국내에서는 주로 철강, 제련, 금속 산업에서 활용되고 있으나 최근에는 건설 철거현장에서 활용이 확대되고 있으며, 비무장지대(DMZ) 지뢰제거 장비로 활용 가능한 장비이다.

• 제품성능

- 무선조정 컨트롤 거리 50m 이상 - 최대인양중량 3.5ton
- 최대작업높이 4m - 등판능력 30deg

회사소개

최고의 품질과 기술력으로 특장차 업계를 선도하는 (주)진우에스엠씨는 고소작업차를 비롯한 고가사다리차, 무인파괴방수차, Skylander, 무인철거로봇, 항공기 엔진세척기, 군용 이동식 주방차, 다리 보수차, 허리굴절 로더 등을 직접 생산하여 판매까지 Total Service System을 구축하고 벤처기업, 수출유망 중소기업선정, 기술혁신 수출유망 중소기업선정, 기술혁신 신제품 신기술부분 수상, 2015년 강소기업 선정, 2016년 국민안전처 R&D 최우수 과제상 수상 등 특장차 사업을 이끌어가는 선두주자이다.

내충격성, 내열성 우수한 경량 폴리우레탄계 수지합성기술



케이에스광학㈜ | 대표이사 김근식
전남국방벤처센터 협약기업

1. 개요

다수의 유기 중합체 물질(예를 들어 폴리카보네이트 및 아크릴과 같은 플라스틱)은 광학 렌즈, 섬유 광학, 창 및 자동차, 선박 및 항공기 투명체 등의 용도에서 유리에 대한 대안 및 대체재로 개발되어 왔다. 그러한 배경에는 강도의 향상에 대한 기대감이 내포되어 있다. 강화유리 및 방탄유리 소재는 투명성이 기본이면서 고유의 내충격 기능을 발휘하지만, 소모성으로 고가의 비용이 부담되며, 또한 무거운 중량을 가진다는 단점이 있다. 한편, 폴리카보네이트와 아크릴 소재도 내화학적, 황변 및 스크래치로 인한 투명성이 저하 되는 단점을 극복하지 못하고 있다.

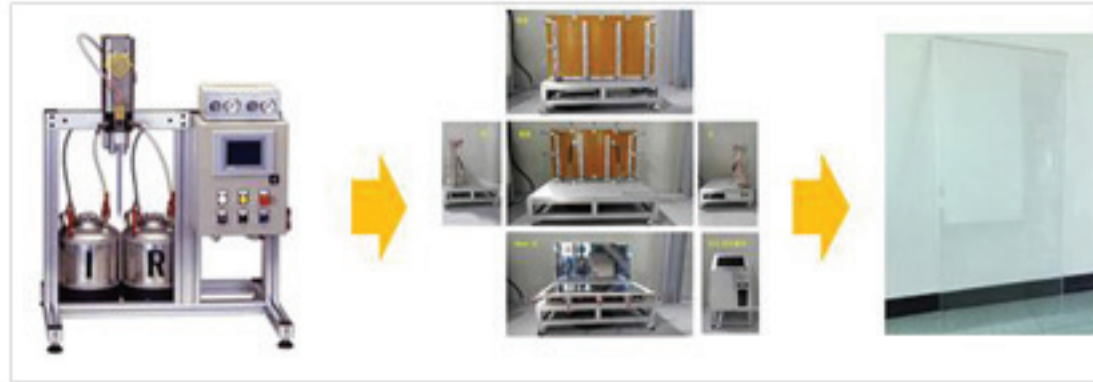
Mechanical Properties	Polycarbonate	Acrylic	Polyurethane (Thiess*)
Structure			
Refractive Index	1.58	1.49	1.52
Abbe Value	29-30	30	41
Specific Gravity	1.20	1.18	1.1
Thickness	10 percent thinner than Triox		
Weight		5 percent lighter than polycarbonate	10 percent lighter than polycarbonate
Optical clarity Central / peripheral			low internal stress higher Abbe value clearer central vision
Scratch	Easy scratched, Need coating	Less scratched	Easy scratched, Need coating
UV protection	UV blocking film coating Less clarity Yellow over time due to UV Bulletproof	UV blocking film coating Better clarity Less impact resistance	UV blocking Better clarity Bulletproof

당사는 우레탄 렌즈사업화 과정에서 선명하고, 내충격성이 우수한 광학용 우레탄 렌즈 설계와 제작기술을 확보하고 있다. 내충격성이 우수한 우레탄 투명소재를 개발하기 시작하여, 유리를 대체하기 위한 물성을 가지는 우레탄 모노머의 디자인과 formulation 기술 및 반응기술(온도 프로그램)을 개발하였다.

우레탄 소재는 접합성 및 가공성이 우수해서 특수 기능형 개발 기술에 대한 파급효과가 증가할 것으로 예상된다. 또한 방탄창, 발열창, 순간조광창, 방법창, 전자파차폐창, 차음창 등에 적용하기 위해 해당 기술이 급속히 융합될 것으로 예측된다.

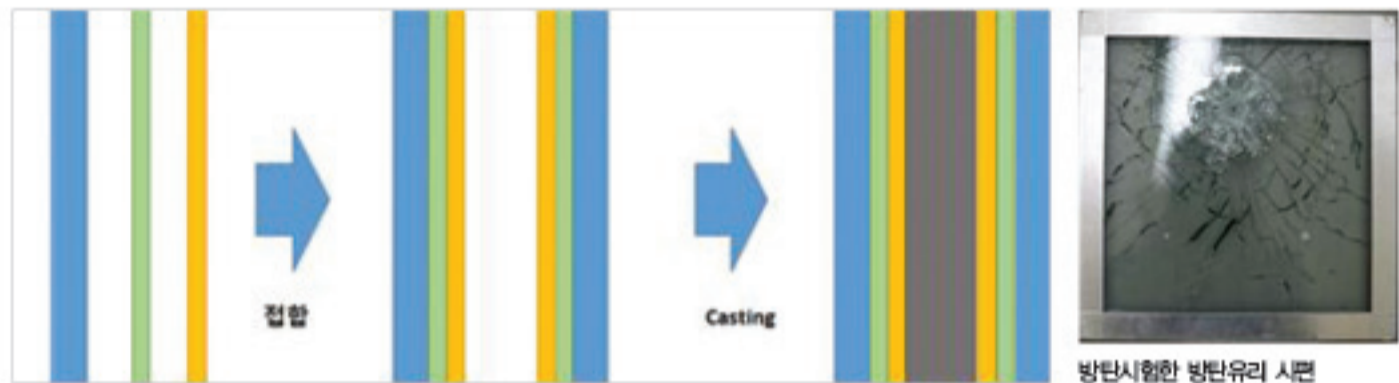
1. 주요 개발 현황

가. 폴리우레탄 대면적 투명창



디자인된 폴리우레탄 모노머를 배합하여, 경화장치에 주입하고, 온도별 경화처리 후 대면적 창을 제작하는 기술을 개발하였다. 폴리카보네이트의 내충격 강도를 유지하며, 황변현상을 억제하기 위한 분자구조의 디자인이 중요한 기술이다.

나. 방탄유리



개발된 내충격 폴리우레탄 소재를 활용하여 기존 접합유리로 구성된 방탄유리의 내부를 대체하면서 경량화된 방탄유리를 개발 중에 있으며, 개발 완료 후 기동성을 요구하는 전술용차량 및 리브보트 등에 접목하여 가치를 창출할 수 있다.

회사소개

케이에스광학(주)은 최고의 기술력과 경쟁력으로 세계최고의 가치를 지향하여 고품질 정밀화학, 광학소재, 기능성 소재 등을 연구 개발하고 제조하는 전문 기업입니다. 특히, 전투용 안경, 방독면, 방탄유리 그리고 아파치 헬기의 windshield 등에 필수적인 특성인 내충격성, 내열성이 우수하고 경량인 특수 폴리우레탄계 수지 합성 기술을 보유하고 있다. 다양한 방탄 소재에 대한 지속적인 투자, 연구, 개발을 통해 군 요구조건을 충족하고 민수용 수요처 발굴에도 힘쓰고 있다.

군 식량으로 대체 가능한 냉동볶음밥



㈜한우물 | 대표이사 최정운
전주국방벤처센터 협약기업

1. 개요

가정간편식(HMR)이 대중화되면서 이를 찾는 소비자들 선호도 다양해지고 있다. 그중에서 최근 주목받고 있는 제품은 냉동 보관 형태의 HMR이다. 별도의 해동 과정 없이 겉봉지만 제거한 채 전자레인지에 5~6분가량 데우면 바로 먹을 수 있어 수요가 끊이지 않고 있다. 장기간 보관이 가능하다는 것도 장점으로 꼽힌다.

냉동 HMR의 인기는 수치로도 증명된다. 글로벌 시장조사업체 칸타월드패널에 따르면 2018년 냉동제품(냉동만두 제외) 시장의 매출은 전년 대비 26.4% 증가했다. 이는 상온식품(23%)과 냉장식품(8.5%)을 앞지른 수치다.

자사가 생산하고 있는 냉동볶음밥의 경우 작년 기준 1천억 원 규모의 시장을 형성하고 있으며 매년 20% 이상 성장하고 있다. 전주비빔밥, 곤드레나물밥, 새우볶음밥, 잡채볶음밥은 군 우수상용품으로 선정되어 좋은 평가를 받았으며 이 중 새우볶음밥과 잡채볶음밥은 시범급식 예정이다. 앞으로도 지속적으로 다양한 냉동밥을 개발할 예정이며, 군 급식 및 전투식량 등 다양한 분야에 활용이 기대된다.

2. 주요 제품 개발 현황

가. 가마솥 직화 취반 방식 및 개별 급속 동결 기술

- 가마솥 개별 직화 방식 적용: 밥이 찰지고 고슬고슬한 식감을 구현함
- 급속 동결장치 처리(IQF): 밥알 한 알, 한 알 개별로 급속 동결 처리하여 갓 지은 밥의 식감을 그대로 구현함



나. 유기농 제품 및 다양한 제품군 보유

- 국내 최초 냉동밥 유기가공 인증 획득
(유기농곤드레나물밥, 코스트코 월 5억 매출)
- 그 외에도 약 150가지 냉동볶음밥 출시
- 냉동밥 부문, 국내 최대 매출 및 최대 생산 CAPA 보유
- BRC, SQF Level 3 등의 해외인증 획득(미국, 대만, 러시아 등 수출 진행)



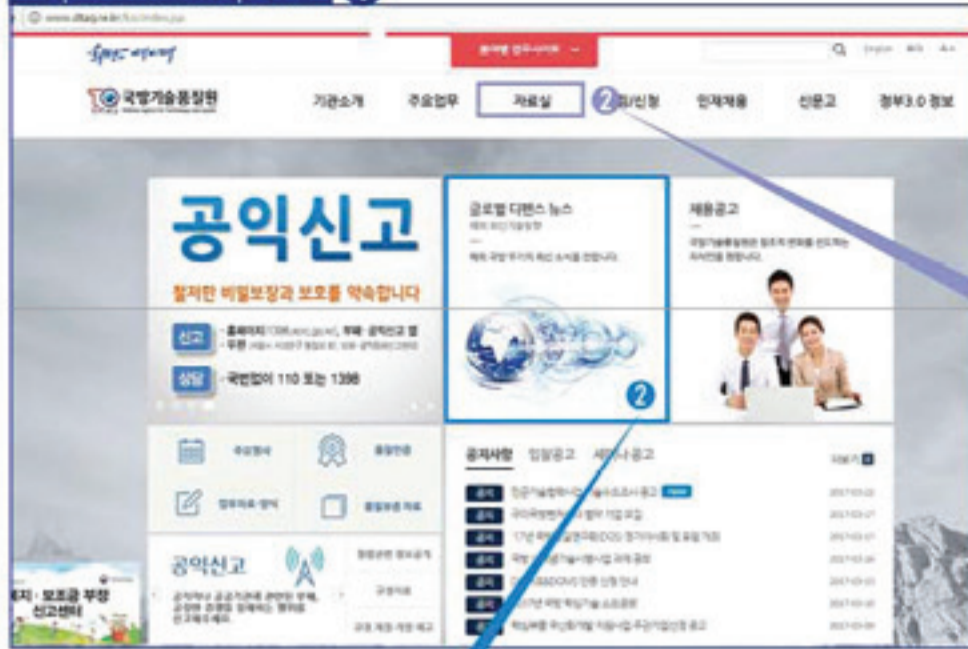
회사소개

2006년 농산물 가공을 목적으로 설립된 농업회사법인 ㈜한우물은 2008년 냉동가공밥의 개발을 시작으로, R&D 부분을 중점적으로 투자하며 끊임없는 열정과 도전으로 매년 성장하고 있다. 특히, ISO9001 품질경영시스템 인증 획득(2008년 1월)과 벤처기업등록(2008년 6월) 및 HACCP 지정업체(2013년 7월)로서 우수한 생산설비와 엄격한 품질관리 시스템을 기반으로 풀무원, 롯데, 대상 등 국내 우수 대기업 유통제품을 OEM공급하는 식품제조 전문 회사로 발돋움 해왔으며, 2019년에는 PX에서 판매되고 있는 불닭볶음밥을 OEM(삼양냉동) 생산하면서 군부대에도 간접 납품을 진행하고 있다.

㈜한우물은 여기에 만족하지 않고, 더욱 경쟁력 있는 제품 생산을 위해 자사브랜드(곤드레나물밥, 잡채밥, 덮밥 등) 및 특화상품을 개발하여 국내 유통시장 확대는 물론이고 2017년 미국 수출을 시작으로 대만, 러시아, 호주, 캐나다 등의 해외시장을 개척하고자 한다. 앞으로 깨끗하고 투명한 윤리경영으로 고객으로부터 신뢰받는 회사로서의 위상을 구축하며, 세계 식품시장의 선두 주자로 도약할 것이다.

방산기술정보 인터넷 접속 방법

http://www.dtaq.re.kr 1



▶ 국방과학기술정보 책자 열람 방법

- 1 www.dtaq.re.kr
- 2 자료실 클릭
- 3 발간물·단행본 클릭
- 4 국방과학기술정보지 클릭



▶ Global Defense News 접속방법

- 1 www.dtaq.re.kr
- 2 글로벌 디펜스 뉴스 클릭



방산기술정보 국방망 접속 방법

http://dtims.mnd.mil 1



▶ 격월간 국방과학기술정보誌 열람 방법

- 1 http://dtims.mnd.mil ▶ 2 전체메뉴 클릭 ▶
- 3 국방과학기술정보 클릭



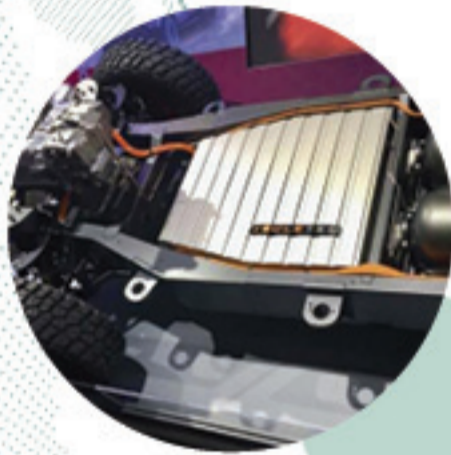
▶ Global Defense News 및 해외기술 동향 접속 방법

- 1 http://dtims.mnd.mil ▶ 2 해외기술 동향 클릭



▶ DTIMS 회원가입방법

- 1 인터넷 주소창에 http://dtims.mnd.mil 입력
- 2 상기 화면이 뜨면 우측 상단에 있는 회원가입을 클릭하고 회원가입
- 3 회원가입 완료 후 로그인



주의

- 자료의 지식재산권 보호를 위해 본 간행물에 게시된 자료의 무단복제·전재를 금합니다.
- 본 자료에 게재된 내용은 국방기술품질원의 공식적인 견해가 아니며, 필자의 개인 의견임을 알려드립니다.