

주요국 국방 · 군사 동향 시리즈 12-03

미국의 무인체계 통합 로드맵



발간사



미국을 비롯한 무기 선진국에서는 아군 장비와 인명을 보호하면서 적을 효과적으로 제압할 수 있다는 특징 때문에 지상, 해양 및 항공 무인체계 개발에 심혈을 기울이고 있습니다. 오늘날 무인체계는 첨단 과학 기술의 집합체이자 전쟁의 승패를 좌우한다고 해도 과언이 아닙니다. 이에 우리나라도 견마용 로봇, 수중 탐색 로봇, 사단급 무인기 등 무인체계 개발에 많은 노력을 기울이고 있습니다. 그러나 한정된 예산과 첨단 기술력 부족 등으로 선진국에 비해 기술 수준이 다소 미흡한 실정입니다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 선진 국가들의 최신 기술 동향과 정보를 수집, 정밀 분석하여, 우리에게 적합한 분야를 선택하고 자원을 집중하는 것이 매우 중요합니다.

그 동안 국방기술품질원에서는 전 세계의 국방관련 기술 정보를 수집, 분석하여 관련기관에 제공해 왔습니다. 2006년 12월부터 “국방과학 기술정보誌”를 격월간으로 발간 배포하고 있으며, 올해에는 세계 주요 국가들의 국방 및 군사 정책과 동향 정보를 수집, 번역하여, “주요국 국방·군사 동향 시리즈”란 이름으로 간행물을 발간하고 있습니다. 지난 5월에는 “미국 방위산업 정책 이슈와 국방 예산”을, 8월에는 “2012 중군 군사력 및 안보 동향”이란 주제로 발간한 바 있습니다.

본 간행물은 “주요국 국방·군사 동향 시리즈”의 세 번째 간행물로서 미국 국방부가 발간한 “무인체계 통합 로드맵”을 번역한 내용입니다. 무인체계는 아프가니스탄전과 이라크전 뿐만 아니라 리비아 전투에서 실제 배치 운용되어 효과적으로 작전을 수행함으로써, 그 유용성을 입증한 바 있습니다. 미 국방부는 무인체계 통합 로드맵을 통해 향후 25년간 무인체계에 대한 기술개발, 배치, 채택 등에 관한 비전을 제시하고 있습니다. 또한 이 로드맵에서는 무인체계를 획득하여 배치하기 위해 필요한 상호운용성, 자율성, 공역통합, 통신, 훈련, 추진 및 동력, 유인·무인 편조의 7가지 주요 분야에 대해 기술 및 성능 측면에서의 목표를 제시하고 있습니다. 아무쪼록 본 간행물이 국방 획득 정책 수립과 국방과학 기술 기획에 폭넓게 활용될 수 있기를 바랍니다.

감사합니다.

국방기술품질원장
최 창 곤

차 례

발간사 2

차 례 4

표 목차 8

그림 목차 8

요약문 11

1. 서 론 17

1.1. 목적 18

1.2. 범위 18

2. 비 전 23

2.1. 미래 운용 환경 25

2.2. 미 국방부의 비전 27

2.3. 예상 시나리오 29

3. 현 상황 41

- 3.1. 소요 개발과 시스템 획득 45
- 3.2. 합동능력영역에 적용되는 무인체계 47
- 3.3. 무인항공체계 54
- 3.4. 무인지상체계 56
- 3.5. 무인해양체계 58
- 3.6. 무인체계의 도전과제 61

4. 상호운용성 67

- 4.1. 개요 68
- 4.2. 기능 설명 69
- 4.3. 현 상황 71
- 4.4. 문제점 72
- 4.5. 발전 방향 74
- 4.6. 요약 87

5. 자율성 89

- 5.1. 기능 설명 90
- 5.2. 현 상황 91
- 5.3. 문제점 93
- 5.4. 발전 방향 94
- 5.5. 요약 103

6. 공역 통합 105

- 6.1. 기능 설명 106
- 6.2. 현 상황 109
- 6.3. 문제점 112
- 6.4. 발전 방향 113
- 6.5. 요약 120

7. 통신 123

- 7.1. 기능 설명 124
- 7.2. 현 상황 125
- 7.3. 문제점 127
- 7.4. 발전 방향 128
- 7.5. 미래 경향 138
- 7.6. 요약 139

8. 훈련 141

- 8.1. 기능 설명 142
- 8.2. 현 상황 143
- 8.3. 문제점 145
- 8.4. 발전 방향 145

9. 추진 및 동력 149

- 9.1. 기능 설명 150
- 9.2. 현 상황 150
- 9.3. 문제점 151
- 9.4. 발전 방향 152

10. 유인-무인 편조 161

- 10.1. 기능 설명 162
- 10.2. 현 상황 164
- 10.3. 문제점 168
- 10.4. 발전 방향 170

11. 요약 173

부록 A : 참고문헌 180

부록 B : 약어 181

부록 C : 용어 해설 188

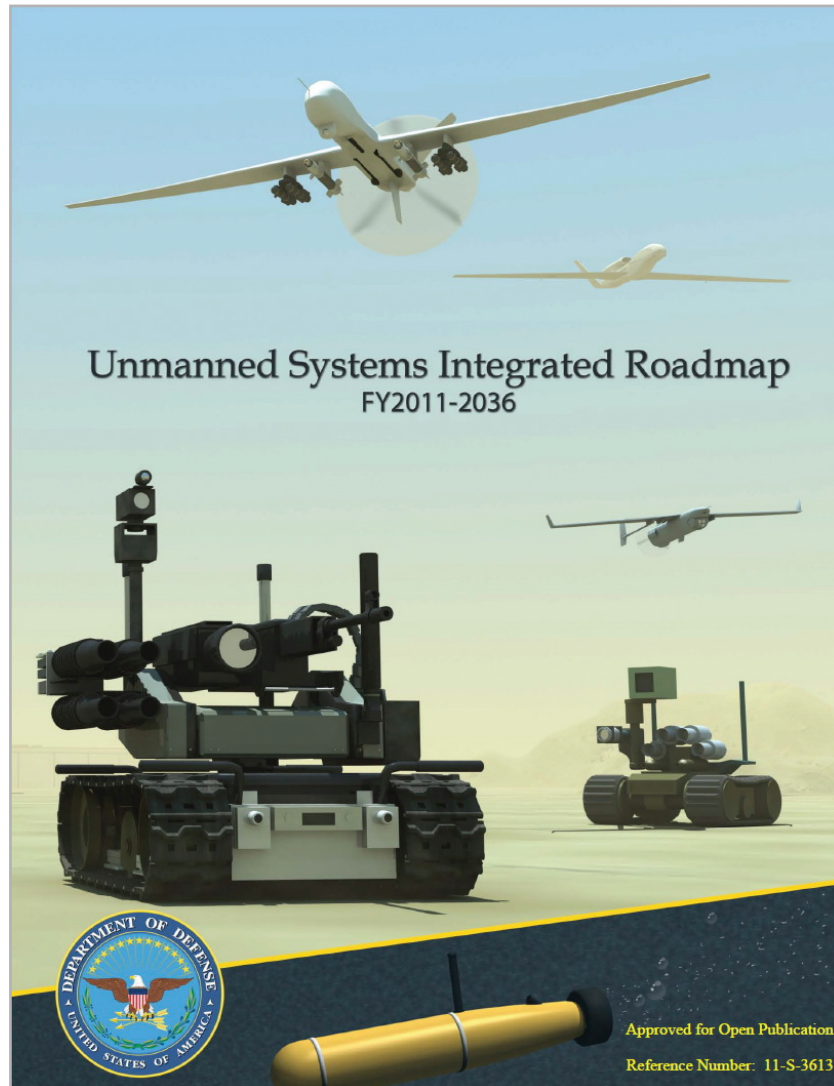
표 목차

- 표 1 2011 회계연도 미 국방부 무인체계 예산안 43
- 표 2 미 국방부의 무인항공체계 프로그램 51
- 표 3 미 국방부의 무인지상체계 프로그램 52
- 표 4 미 국방부의 무인해양체계 프로그램 53
- 표 5 4가지 자율성 수준 96

그림 목차

- 그림 1 각 군이 발간한 무인체계 로드맵 21
- 그림 2 국방부 무인항공체계 54
- 그림 3 무인기 비행시간(1996~2011년) 55
- 그림 4 모의시험에서 급조폭발물을 수색 중인 Talon 로봇 56
- 그림 5 국방부 무인지상체계 58
- 그림 6 국방부 무인해양체계 61
- 그림 7 2011~2017년까지 국방부의 대표적인 무인기 위치 64
- 그림 8 합동 공통작전환경(JCOE) 70
- 그림 9 엔터프라이즈 서비스 리포지터리를 통한 크로스 도메인 서비스 재사용 77
- 그림 10 시멘틱 웹용 신형 아키텍처 모델 83
- 그림 11 개방형 아키텍처 마이그레이션 접근방식 86

- 그림 12 상호운용성 로드맵 87
- 그림 13 자율성 로드맵 103
- 그림 14 운용 관점(Operational View, OV) 106
- 그림 15 규정 준수를 위한 점진적 이용 114
- 그림 16 무인항공체계 NAS 로드맵 121
- 그림 17 통신 로드맵 139
- 그림 18 훈련일정 개략도 147
- 그림 19 X-51A 스크램제트 151
- 그림 20 고효율 기반 터빈엔진(HEETE) 153
- 그림 21 고효율 소형추진(ESSP) 153
- 그림 22 연료전지 효율성 156
- 그림 23 추진 및 동력 로드맵 159
- 그림 24 유인-무인 편조 로드맵 171
- 그림 25 로드맵 요약 (1/3) 175
- 그림 25 로드맵 요약 (2/3) 176
- 그림 25 로드맵 요약 (3/3) 177



요약문

현대 전투 환경에서 미국과 동맹국들의 전투 작전은 무인체계의 가치를 계속해서 강조하고 있다. 통합군사령관(Combatant Commanders, CCCR)과 병사들은 무인체계의 특성에 가치를 두고 있는데, 특히 무인체계의 지속성, 다양성과 인명의 위험 감소를 높이 사고 있다. 미군은 공중, 지상, 해상 등 무인체계 실전 배치를 빠르게 늘려 가고 있다. 무인체계는 군사 작전 지역에서 합동 사령관에게 환경 탐지 및 전장 인식, 화학, 생물, 방사능, 핵(Cheical, Biological, Radiological, and Nuclear, CBRN) 탐지, 급조폭발물 대항능력(Counter-improvised Explosive Device, C-IED), 항만 보안, 정밀 표적/정밀 타격 등과 같이 다양한 역할을 제공한다. 또한, 무인체계의 이러한 역할은 계속 확장되고 있다.

미 국방부는 무인체계의 신속한 개발과 배치를 성공적으로 수행하고 있다. 미 국방부는 계속해서 통합군사령관의 요구사항을 신속하게 반영하는 데 집중할 것이고, 동시에 미 국방부의 새롭고 광범위한 효율강화 방침 하에 해당 시스템을 획득할 것이다. 미국이 직면한 재정 환경에서, 미 국방부는 방산업계와 함께 무인체계의 전주기 비용을 줄이도록 투자하고 사업을 추진해야 한다. 비용은 일정 및 기술 성능보다 중요하지 않더라도 이와 동일하게 핵심성과지표(Key Performance Parameter, KPP)로 다뤄야 한다. 미 국방부는 방산 업계가 비용 절감 방안을 적용하

도록 혜택을 주고, 항상 좋은 성능을 구현하도록 보상하면서 방산업계와 함께 무인체계에 투자를 계속할 것이다.

공식적 사업 착수를 승인하는 획득결정각서(Acquisition Decision Memorandum, ADM)에는 속도, 출력, 데이터 전송속도 등의 핵심 성과지표(Key Performance Parameter, KPP)와 마찬가지로 사업 책임자가 다루어야 할 비용 목표를 포함하게 될 것이다.

- 획득 전문가를 위한 국방차관 메모랜덤, 구매력 개선, 2010년 9월

이 문서는 무인체계 기술의 개발, 배치, 채택 등에 대한 미 국방부의 비전을 제공한다. 2009년에 미 국방부 로드맵이 발간된 이후에, 각 군은 군별 로드맵 또는 관련 전략 문서를 공개하였다. 이 로드맵은 공통 비전을 정의하고, 현재 군에서 사용하는 무인체계의 현 상황을 확립하고, 공통 비전으로 달성되어야 하는 공통 과제에 대한 전략 등을 제시하고 있다.

미 국방부 전 군이 직면한 과제는 다음과 같다.

1) 상호운용성(Interoperability)

무인체계의 최대 잠재력을 달성하기 위해서는 무인체계를 공중, 지상, 해상에서 끊임없이 운용하고, 유인 체계와 함께 문제없이 운용되어야 한다. 상호 운용성 교리 적용은 이러한 목표에 기여하게 되면서도 한편 중대한 전순기 비용을 절감하기도 한다.

2) 자율성(Autonomy)

오늘날 무인체계의 반복 운용에는 고도의 기술을 필요로 한다. 미 국방부는 인력 부담과 전시간 고속 통신망 의존성을 줄이고, 더불어 의사 결정 주기 시간을 줄이기 위하여 더 높은 수준의 자율성을 적용한 기술과 정책을 계속 추구하여야 한다. 늘어난 무인체계의 자율성 적용은 구매 가능성, 운용 설비, 기술 개발, 정책, 여론 및 관련 제한 등을 염두에 두어야 한다.

3) 공역통합(Airspace Integration, AI)

무인항공체계(UAS)가 훈련과 작전 시 필요로 하는 국가공역체계(NAS)내 지정된 공역에 일상적으로 진입할 수 있도록 미 국방부는 연방항공국(FAA)과 계속 협력하여야 한다. 또한, 국제 공역을 사용하기 위하여 같은 노력을 하여야 한다.

4) 통신(Communications)

무인체계는 지휘 통제(Command and Control, C2)와 정보 전파를 위해 통신에 의존하고 있다. 미 국방부는 무인체계의 작전/임무 지원에 사용하도록 주파수와 대역폭, 링크 보안, 링크 범위, 네트워크 기반 시설 등에 계속 역점을 두어야 한다. 무인항공체계 운용에 대한 계획과 예산은 계획된 위성통신(SATCOM) 대역폭의 실제 평가를 감안하여야 하며, 관련 기관은 중요한 정보만 통과하도록 탑재부에서 사전 처리하는 방향으로 발전하여야 한다.

5) 훈련(Training)

미 국방부는 지속성이 유지되고 훈련 역량을 평가할 수 있는 합동훈련 요구조건을 포함하는 종합 훈련전략이 필요하다. 이러한 전략은 기본 결정과 훈련 표준화를 개선하고, 훈련 효과와 효율을 향상시키는 일반 훈련과정을 촉진할 것이다.

6) 추진 및 동력(Propulsion and Power)

무인체계를 신속하게 개발하고 배치함에 따라, 추진 및 동력 장치에 대한 보다 효율적이고, 군수지원이 가능한 설루션의 수요도 함께 증가하였다. 또한, 무인체계의 효과성이 향상되면서, 순기 비용을 크게 줄일 수 있을 것이다.

7) 유인-무인 편조(Manned-Unmanned Teaming)

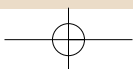
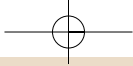
오늘날 군사력은 유인 및 무인체계의 다양한 혼합으로 이루어져 있다. 무인체계의 최대 능력을 얻기 위해서, 미 국방부는 계속해서 기술을 이용하고, 유인 전력과 무인체계가 팀을 이룰 수 있는 전술, 기술, 절차(TTP)를 발전시켜야 한다.

이 로드맵은 개인 서비스 로드맵과 비전을 지원하고, 공유된 합동 비전에 이런 비전들을 완성하는 방안을 세우는 과제들을 규명한다. 로드맵 도입부에서 제공되었던 도안은 독자들에게 무인체계 역량의 잠재력을 간단하게 보여 준 것이다. 각 군은 필요조건 간의 차이를 계속해서 규명하고, 어떤 필요조건에 투자할 것인지 결정하기 위해 합동 역량 통합 및 개발 시스템(Joint Capabilities Integration and Development System,

JCIDS)을 이용할 것이다. 각 장은 무인체계가 향후 발전하기 위한 과제를 해결하고, 전투원을 지원하는 확장된 임무를 다하도록 과학, 기술 및 정책 방향을 구체화하는 핵심 분야를 규명하는 소단원 내용으로 이루어져 있다. 각 분야에서의 성공은 미 국방부의 공유된 비전을 달성하고 합리적인 비용에 무인체계의 잠재력을 완벽하게 구현하는 데 중요하다.

프로그램 시작부터 미래 비용을 이해하고 통제하는 능력이 가용 요구 조건을 달성하는 데 매우 중요하다

- 획득 전문가를 위한 국방차관 메모랜덤, 구매력 개선, 2010년 9월





1. 서론

1.1. 목적

1.2. 범위



1. 서론

1.1. 목적

이 보고서의 목적은 무인체계를 미 국방부 합동 군사력 구조에 통합시키기 위한 비전을 설명하고, 합리적으로 통합하는 데 필요한 절차를 밝히는데 있다. 미 국방부는 최근의 전투 환경에서의 수많은 요구에 따라 촉발된 무인체계 개발, 획득 및 배치 등의 빠른 성장을 목격하고 있다.

오늘날 실전 배치된 부대들은 무인체계가 전투 작전에서 얼마나 효율적인지 목격하고 있다. 이러한 경험으로 미래 전투 시나리오에서 무인체계의 역할이 확대될 것이라는 기대가 생겨나고 있는 것이다. 이 로드맵은 향후 25년간의 비전을 제시하고, 미 국방부와 방산업계가 무인체계를 적기에 성공적으로 적용하는 데 집중하여야 하는 주요 분야를 설명한 것이다.

1.2. 범위

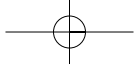
이 로드맵은 공중, 지상 및 해상 등 무인체계의 3개 영역을 다룬 2007년과 2009년 로드맵의 방침을 따르고 있다. 그러나, 이 보고서는 이전의 보고서와 다음과 같은 결과에서 큰 차이가 있다.

- 획득, 기술, 군수 차관실(Acquisition, Technology, and Logistics, OUSD (AT&L))에서 실시한 무인체계 로드맵 조사
- 무인체계에 대한 군별 로드맵 출간

2009년 로드맵이 출간된 직후, 획득, 기술, 군수 차관실(AT&L)은 로드맵의 주요 이해 관계자 및 사용자를 대상으로 조사를 실시했다. 당시 조사는 미 국방장관실, 각 군 본부, 전투 사령부, 군 획득 조직, 군 연구소, 다수의 합동군 조직 및 기타 정부 기관과 방산업계(대기업에서 소기업까지), 학계 등 여러 분야를 대상으로 하였다. 이 조사를 통해 나온 주요 성과 중 하나는 로드맵의 색인 기능을 별도의 온라인 도구에 포함토록 한 것이었다. 그 이유는 온라인 도구가 2차원적인 종이 카탈로그보다 기능성이 뛰어나고, 2년 주기의 인쇄판 로드맵보다 업데이트를 자주 할 수 있기 때문이다. 카탈로그는 Unmanned Warfare Information Repository 사이트 <https://extranet.acq.osd.mil/uwir/>에서 확인할 수 있다.

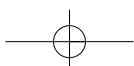
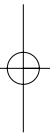
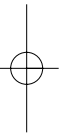
위의 조사 결과는 2011년 판 로드맵의 독자를 정의하는 데도 도움이 되었다. 이 로드맵은 군의 투자를 구체화하는 데 도움이 되는 공동의 비전과 문제점을 제공한다. 또한, 이 보고서는 방산 참여 업체의 독립적인 연구개발과 관련한 자체 투자에 도움이 되는 미 국방부의 방향에 대해서 설명한다.

2009년 로드맵이 출간된 이후, 각 군은 자체 로드맵 또는 그에 준하는 보고서를 작성하였다(부록 A 참조). 미 공군은 교리, 조직, 훈련, 물자, 리더십 및 교육, 인사, 시설(Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and education, Personnel, Facilities and Policy, DOTMLPF-P) 등을 총 망라한 실질적인 계획을 아우른 “무인항공체계 비행 계획”을 내놓았다. 2009년, 미 육군은 “무인지상체계 로드맵(“Unmanned Ground Systems Roadmap)”을 발표하여, 미 육군과 미 해병대(USMC)의 무인지상차량(UGV) 이해관계자에게 공유 자원 문서를 제공했다. 미 육군은 2010년에 내놓은 무인항공체계 로드맵을 통해 광범위한 육군 운용에 있어 무인항공체계 개발, 조직 및 배치 등에 대한 폭넓은 비전을 확립했다. 2009년 11월, 미 해병대(USMC)는 “USMC 무인항공기체계 계열에 대한 운용개념(Concept of Operations for USMC Unmanned Aircraft Systems Family of Systems, CONOPS for USMC UAS FoS)”을 펴냈다.



미국의 무인체계 통합 로드맵

마지막으로, 미 해군은 2010년 12월 “무인체계에 대한 정보 우위 로드맵”을 발표하였다. 다음 그림에 나타나 있는 이러한 발간물과 관련하여, 이번 로드맵은 모든 군이 직면하고 있는 공통의 이슈에 초점을 맞추고, 현재의 재정 여건 하에서 여러 목표들을 달성하기 위한 비전을 설명한 것이다. 이 로드맵의 목적은 하나의 통일된 자료로서 무인체계에 대한 미 국방부의 공통 비전을 설명하며, 다목적이고 혁신적인 시스템인 무인체계의 군사적 활용도를 극대화시키는 데 미 국방부가 직면한 공통의 문제점을 밝혀내는 것이다.



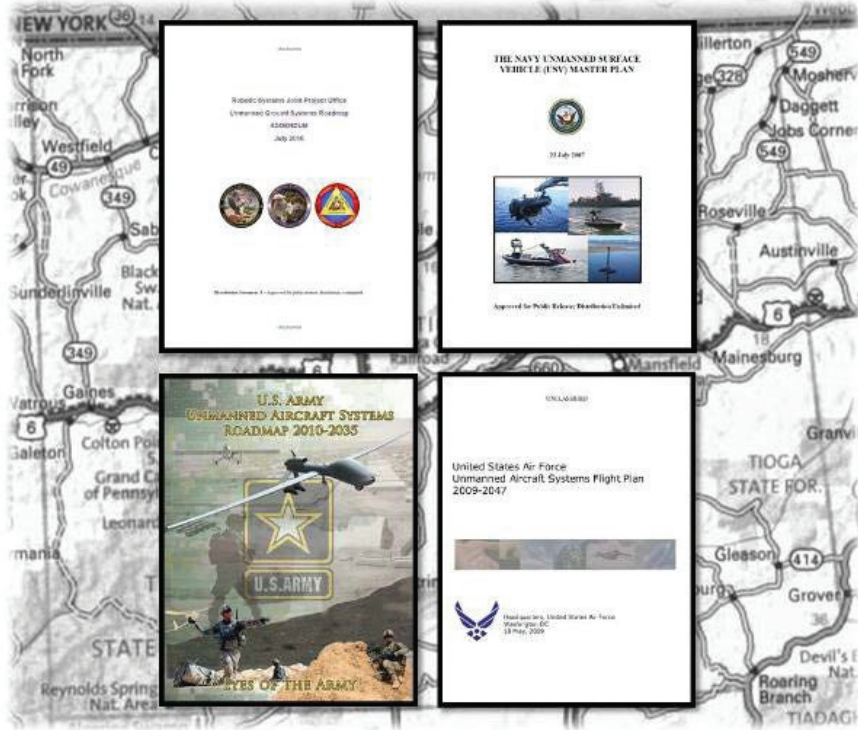
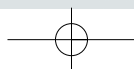


그림 1 각 군이 발간한 무인체계 로드맵





2. 비 전

2.1. 미래 운용 환경

2.2. 미 국방부의 비전

2.3. 예상 시나리오

2. 비 전

무인체계에 대한 미 국방부의 비전은 합동 전투원들이 상황에 맞는 사양을 선택할 수 있도록 다양한 무인기능을 완벽하게 통합 적용하면서, 지속성, 크기, 속력, 기동성, 인명 피해 감소 등의 무인 기술의 장점을 이용하는 것이다. 미 국방부는 무인체계와 유인체계가 함께 완벽하게 운용되면서, 점진적으로 전력 구조에서 무인체계 부분에 대한 인간의 통제와 의사 결정 정도를 줄이는 방안을 구상하고 있다.

- … 안전성, 효율성 및 지원 능력 확보는 비용, 일정, 성능 기준을 만족할 때 수반되는 것이다. 무인체계 성능을 현재와 미래 전투원의 목적에 부합하도록 지속적으로 개선하는 것이 수평적 비전이다.
- 임무와 비전, 로봇 시스템 합동사업처 무인지상체계 로드맵, 2009년 7월
- … 국토방위, 대테러 작전, 비정규전 및 기타 재래식 전투 등을 지원하기 위해 해군 및 합동 수행 능력을 개선하도록 경제적인 USV를 개발하고 배치한다.
- 무인수상함(USV) 비전, 해군 무인수상함 종합계획, 2007년 7월 23일
- … 경제적인 군수 지원을 위해 혁신적인 전략을 적용
- 목적과 목표, 미 육군 무인항공체계 로드맵 2010~2035
- … 점차 자동화되고, 모듈화되면서 전 세계적으로 연결되어 있고, 지속가능한 다목적의 무인체계를 적용시켜 공군 조직이 보다 간소화되고, 적응력과 효율이 향상되어 통합군에 대한 기여도를 극대화 하였다.
- 미 공군 비전, 미 공군 무인항공체계 비행 계획 2009~2047

2.1. 미래 운용 환경

미국이 향후 25년 간 직면할 전략적 환경과 국가 안보 과제는 매우 다채롭다. 미국은 변화의 속도가 가속되는 복잡하고 불확실한 안보 상황에 직면해 있다. 신흥 강대국의 부상, 초국가적 영향력 증가, 대량살상무기와 기타 불규칙한 위협의 확산, 지속적인 사회경제적 불안 등의 문제가 국제 질서에 광범위한 도전 과제로 계속 제기될 것이다.

향후 20년간, 군사력은 점차 증가하는 전통적인 분쟁과 함께 상당히 불확실한 전략 지정학적 환경에서 운용될 것이다. 이 시기는 자신들의 정치적 및 이상적 목표를 이루기 위해 국가와 비국가, 개별 행위자들이 폭력과 비폭력 수단을 사용하여 대치 상태가 오래 지속될 것이다. 미래의 적은 미국의 조치에 대해 이전과 같은 무력 대응 의존도는 감소할 것이며, 직접 대응하지 않고 미국의 기세를 꺾는 전술 활용도는 증가할 것이다.

향후 운용 환경은 부단히 가속적으로 변하게 될 것이다. 경제, 인구, 자원, 기후와 그 밖의 변화로 인해 국부적, 지역적이거나 세계적인 분쟁을 야기하게 될 것이다. 국가 및 비국가 행위자들은 그들의 목적을 이루기 위해 지상, 공중, 해상 및 사이버 공간 등 모든 영역에서 작전을 수행하는 데 새롭고, 보다 치명적인 방법을 모색할 것이고, 그렇지 않다면 자신들의 자유로운 활동을 확보하고 그 외는 저지하기 위해 지상, 공중 및 해상 지역을 최대한 활용할 것이다.

- 합동운용개념, 비정규전 : 비정규 위협 대응

미국의 무인체계 통합 로드맵

기술 혁신과 세계 정보 흐름이 가속화될수록, 비국가적 행위자들은 지난 세기 동안 국가의 권한에 광범위하게 남아 있는 영향력과 역량을 계속하여 획득할 것이다. 화학 및 생물학 작용제는 점차 접근이 쉬워지고, 치명적이며 정교해져 갈 것이다. 국가와 비국가 행위자들은 핵무기나, 고성능의 생체공학적 생물학 작용제와 새로운 화학 작용제 사용을 적극적으로 추구하게 될 것이다.

향후 25년 간 미국 합동군은 원거리에서 벌어지는 정규 및 비정규전에서부터 위협 지역에서의 구조 및 재건 사업, 인류 공동자산에 대한 협력 지원 등에 이르기까지 다양한 위협과 기회에 직면하게 될 것이다. 정치적 안정을 방해하고 세계 경제의 핵심인 인류 공동자산으로의 자유로운 접근을 부정하려는 반대 세력들은 계속해서 존재할 것이다. 이러한 환경에서 동맹국들과 함께 미군의 존재와 권한 및 역량은 미국의 국익을 보호하기 위해 계속 대응해 나갈 것이다.

- 합동운용환경 2010 : 오늘을 위한 준비, 내일을 위한 대비

무인체계는 인명의 위협을 줄이고 위협 지역에서 더 멀어짐으로써 이러한 위협에 대응하는 데 도움을 줄 수 있다.

2.2. 미 국방부의 비전

미 국방부는 방산업계와 함께 무인체계의 혁신과 기술이 미래 전쟁과 지속적으로 변화하는 세계 환경에 잘 적응할 수 있는 미국의 능력에 미치는 영향을 잘 이해하고 있다. 미 국방부와 방산업계는 전 세계적으로 펼쳐지는 임무와 작전에서 뛰어난 역량과 목표 효과를 달성할 수 있도록 무인체계의 운용 개념을 발전시키는 데 함께 노력하고 있다. 공동의 비전을 구축하는 데에 있어, 미 국방부 무인체계의 목표는 임무 효과를 증진하고, 작전 속도와 효율을 높이며, 전투력 차이를 합리적인 비용으로 줄이는 것이다.

미 국방부는 재정적 책임을 유지하면서 무인체계의 잠재력을 활용하고, 임무 효율을 강화하는 데에 전념하고 있다. 미 국방부는 또한 유인 및 무인체계 간의 상호보완적인 관계를 구축하고 있으면서 동시에 우주, 공중, 지상 및 해상 영역에 걸친 공통성과 상호운용성을 최적화하고 있다.

독점적 로봇시스템 구조 관련 문제를 해결하기 위해 개방형 아키텍처(Open Architecture, OA)와 개방형 인터페이스를 지원할 필요가 있다. 임무장비, 통제체계, 영상/음성 인터페이스, 데이터, 통신 링크 등의 모듈화와 공통성 및 호환성을 이루기 위해 표준과 인터페이스 규격을 제정할 필요가 있다. 이러한 개방성은 전순기 비용 절감으로 경쟁력을 강화시킬 것이며, 전장에서 공통성과 상호운용성을 발휘할 수 있도록 향상된 무인화 능력을 전투원에게 제공할 것이다.

무인체계를 신중하게 개발하며, 조달하고, 통합하며 배치함으로써, 미 국방부와 방산업계는 제한된 자원을 능숙하게 사용하고, 개선된 전투 능력을 확보하게 될 것이다. 이러한 무인체계의 접근 방식은 미 국방부가 세계 각지에서 발휘하는 영향력을 유지하고 국가의사결정권자들이 국내외에 영향력을 발휘하는 데 필요한 도구를 제공하는 데 도움이 될 것이며, 동시에 끝없이 변하는 세계정세에 적응될 것이다. 다음 인용문은 도전 과제의 폭을 보여 준다.

미 해군에 대해 말하자면, 무인체계는 미 해군이 작전 중인 모든 지역에서 다루어야 할 것이다. 우리는 수상에서나, 공중, 그리고 우주에서까지 활동하지만 수중까지 영역을 넓혀야 한다. 그러므로 무인체계에 대해서 우리가 활동하는 서로 다른 영역에서 모든 가능성과 역량을 함께 고려하여야 한다.

- 미 해군 참모총장(CNO) Gary Roughead 제독

최근 군 예산이 빠듯한 가운데, 예산가용성은 전체 획득 순기에서 중요한 요인이 되었고 사업관리자, 사용자, 훈련자 및 시험자가 문제를 조기에 발견하고, 전순기에 걸쳐 해당 비용을 해결하는 것에 적극적으로 참여하고 있다. 적은 액수라도 초기에 절감하는 것이 생산과정에서 문제를 해결하거나 운영 및 유지 동안에도 해결되지 않은 것에 비하면 수 백 배를 절감한 결과를 가져온다. “개방형 시스템 구조와 데이터 권리”가 비용을 억제하는데 결정적이지만, 경쟁의 장애요소 제거와 시험평가에서 분석의 촉진을 강조하는 것도 개발비 절감에 마찬가지로 중요하다.

무인체계와 관련한 조립 라인은 초기 단계에서 자율성 시험이라는 새로운 도전 과제를 푸는 전순기 전반에 걸친 위험도를 줄여야 하며, 점차 증가하는 신뢰성, 가용성 및 유지보수성을 유지하는데 관련된 운용과 지원 문제를 평가하는 것이 포함된다. 임무 수준의 예상 시나리오는 오늘날 전투원이 직면하고 있는 역동적인 상황을 대응하는데 무인체계 생산의 혁신적 역량을 점차적으로 필요로 한다는 데에 간접적으로 집중되고 있다. 신기술, 방법론 및 인적 자원은 무인체계 생산에 대한 잠재력을 극대화할 수 있는 신속한 획득 환경을 구축하는 데 중요한 요소이다.

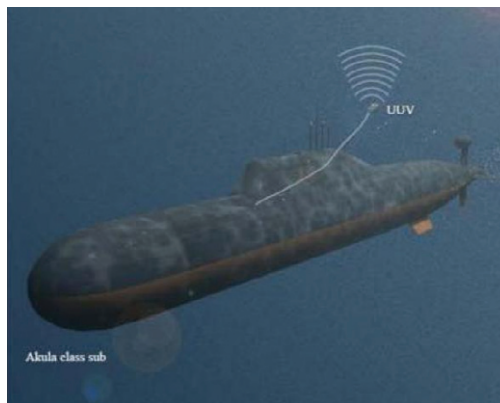
2.3. 예상 시나리오

미 국방부가 무인기술을 실전에 배치하고 결과로 나온 시스템들을 기존의 군 조직에 통합할 때에, 다음 예상 시나리오들은 무인체계 고유의 개선된 역량과 유동성이 있는 예시들을 제공한다. 이러한 예상 시나리오는 가능한 모든 목록들을 제시하는 데 목적이 있는 게 아니라, 이 로드맵을 통하여 비전을 설명할 수 있는 몇 가지 예를 제시하는 데 있다.

2.3.1. 2030년대 활동 영역에서의 상호운용성

지역 : 북태평양 연안 지역

상황 : 지난 15년간 Republic of Orangelandia (ROO)와 열대 기후 지역($\pm 20^\circ$ 위도) 내 극단주의 이슬람 국가 간 협조적이면서 선동적인 노력은 점차 증가해 왔다. ROO는 대륙간 핵탄도미사일의 발사 능력을 과시해 왔고, 일부 극단적 이슬람 국가들은 공개적으로 핵무기 기술을 보유하고 있다. 원자력의 역할이 확장되고 있지만, 석유는 여전히 서방 국가들이 선호하는 에너지원이어서 점차 제약이 심해지며 가격도 상승하고 있다. 미국의 국내총생산(GDP)은 중국과 비등해지고 있다.



시나리오 : 50년 된 구소련의 Akula급 핵추진 공격 잠수함은 서방 국가들의 감시 위성의 눈에 띄지 않은 채 ROO의 Molan항에서 항해를 시작한다. ROO 잠수함의 움직임은 그간 아주 드물었고(1년에 10번 미만), 또 불량국가이면서, 핵무기 보유 국가이기 때문에 관심이 컸다. 잠수함의 항해를 ROO 해역 내외에서 함정의 움직임을 감시하고 있는 수중 감시 그리드가 탐지하였다. 잠수함에 앞서, 무인잠수정(UUV)이 속도가 빠른 잠수함을 요격하기 위해 자동적으로 현지 네트워크로부터 분리된다. 잠수함 항로 50yd내로 접근하면서 UUV는 잠수함에 줄로 연결하는 데 성공하고, 이를 통해 무인 잠수정을 끌어당기기 시작한다.(오른쪽 그림 참조) 잠수함이 무인잠수정의 운항 심도 아래로 내려가면서, 무인잠수정은 수면 가까이로 심도를 유지하기 위해 줄을 조정한다. 매 3시간마다 무인잠수정은 수면으로 상승하여 저출력 통신으로 위치 보고를 한다.

동태평양 지역 상공 75,000 ft에서 운용 중인 EQ-25, Baton One 통신 중계 무인 항공체계에서 무인잠수정의 위치보고를 수신한다. EQ-25는 초장시간 체공 무인항공 체계로서, 공중 재급유 없이 임무지역에서 2개월 간 운용이 가능하다. 잠수함이 북태평양을 향해 오토츠크 해역으로 진입함에 따라, 미군 사령관들은 결정을 해야 한다. 무인잠수정의 최첨단 배터리 기술이 있어도 배터리 수명은 유한하기 때문에, 무인잠수정 운용자는 감시 작전을 위해 다음 세 가지의 조치를 할 수 있다. (1) 무인잠수정과 수신거리를 유지하기 위해 Baton One의 항로를 변경하여 감시를 계속한다. 그렇지 않으면 12시간 후에는 수신을 유지할 수 없게 된다. (2) 무인잠수정의 전력이 남아 있어 자체적으로 귀환이 가능한 시점(3일 내)에서 잠수함과 연결을 분리하고 무인잠수정을 회수한다. 또는 (3) 무인잠수정의 전력이 다하는 시점(6일 내)까지 잠수함에 계속 연결하여 무인잠수정을 소모한다. ROO 잠수함들은 드물게 동북아시아 연안 해역 너머로 출항하기 때문에, Baton One의 항로 변경을 결정하고, 잠수함의 목적이 확실해 질 때까지 무인잠수정의 운명에 대한 결정을 하지 않는다.

3일 쯤에 잠수함은 중부 태평양과 하와이 제도를 향해 전진한다. 임무의 가치가 자산의 비용을 초과하므로, 해군의 대잠전(ASW) 함정이 잠수함을 추적할 수 있도록 시간을 벌기 위해 저가의 무인잠수정을 소모하기로 결정한다. 그 다음날, 잠수함은 항로를 반대방향으로 전환한다. 이틀 후, 여전히 잠수함에 연결되어 있는 무인잠수정은 점차 줄어드는 예비 전력을 아끼기 위해 무선표지(비콘) 모드로 전환하고, Baton One은 예정된 항로로 돌아가게 되며, 대잠전 함정은 진주만으로 돌아간다. 광역해상감시(BAMS) 무인항공체계인 MQ-4C는 궤에서 이륙하여 무선표지를 추적, 신호를 포착하고 안정적인 것으로 간주한다. 광역해상감시 무인항공체계는 “적절한 주의”를 유지하려는 탑재 공중충돌감지 및 회피 (Airborne Sense and Avoid, ABSAA) 시스템에 따라 자율적으로 하강하면서, ROO 잠수함의 승조원이 분리한 것으로 추정되어 더 이상 잠수함에 붙어있지 않고 바다에 떠 있는 무인잠수정을 영상으로 포착할 수 있다. 잠수함의 위치와 목적은 현재 불분명하다.

10일 후, 약한 지진파가 알래스카 앵커리지의 동남쪽 약 150마일 떨어진 곳에서 탐지된다. (다음 지도 참조) 몇 분 후, 좀 더 심각한 사고가 발생하여 리히터 지진계가 3.5를 기록한다. 미 국방부 및 국토방위 기관의 정찰용 무인항공체계는 Elmendorf 공군

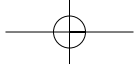


기지에서 이륙하여, Prince William 해협 입구의 Montague 섬 근처에서 뿔어져 나오는 방사능 버섯구름을 탐지한다. 버섯구름이 해협 주위로 확산되기 시작하자 무인항공체계는 버섯구름의 지도를 만들고, Kodiak에서 전개된 미 해안경비대 근해초계정(Offshore Patrol Cutter, OPC)은 해협과 좁은 수로에 화생방 및 핵(CBRN) 감지기 부표를 투하하여 낙진을 측정하고자 무인헬기를 운용한다. 버섯구름이 해협 전체로 확산되기 시작하고, Valdez 시를 위협하게 된다. 주로 유조선인 모든 선박의 해협 출입이 금지되고, 원유 집하장 업무가 중단된다. 집하장의 저유 시설은 빠른 속도로 팍 차게 되고, Prudhoe 만으로부터의 유입이 멈추게 된다. 미국의 최대 원유 산지인 발데스항은 실질적으로 격리된다.

지역 환경오염이 확산되자, 재난 대응 공무원들은 군의 지원을 요청하기로 결정한 다. 군은 CBRN 지역에서의 작전과 인간에게 위험한 오염 지역에서 무인체계를 사용한 경험이 있기 때문이다. 상륙함 USS New York은 Prince William 해협의 초입에 정박하고 무인수상정(USV)과 무인헬기 MQ-8 파견대와 함께 작전을 개시한다. EQ-25 비행궤도는 고위도의 산악 지대에서 장기적인 대용량 통신성능을 확보하기 위해 해협 상공으로 설정된다. 전송 및 중계시스템의 데이터 압축 기술로 EQ-25는 현장의 모든 데이터 중계 요구를 처리할 수 있다. USV는 오염원 탐색을 계속하여, 줄로 연결된 원격무인잠수정 (ROV)을 수중으로 내려 오염원을 찾기 위한 수중 수색을 진행한다. USV의 수중음파탐지기가 즉각 얇은 물가의 큰 물체를 찾아내고, ROV가 가까이에서 정밀검사를 하여 Akula급 잠수함으로 보이는 심각하게 손상된 선체의 영상을 확보한다. 선체는 해수에 노출되어 있고, ROV는 선체에 온도 센서를 부착하고 노출된 잠수함 격실에 감마선 센서를 삽입한다. 재난 상황을 관리하도록 구성된 합동 기동타격대 (Joint Task Force)는 원자로 노심이 해수에 노출되었고 원자로가 정지되지 않아 계속 위급한 상황으로 판정한다. 잠수함의 소속에 대한 의구심은 잠수함이 ROO에서 출발한 것에 집중되고 있으나, 이 선박이 추적하다 놓친 Akula 잠수함이라는 모든 증거는 현재까지는 추정된 것이다.

방사능 버섯구름은 현재 피난시킨 발데스시를 둘러싸고 있고, MQ-8 비행은 마을, 부두, 집하장 지역으로 센서를 탑재한 UGV를 배치하고, 분석용 샘플을 모으기 위해 반복하여 출격한다. USV와 MQ-8가 돌아오면 위험물질 취급 장구를 갖춘 요원이 매 비행 후에 세척 작업을 실시한다. 상황이 악화되면, 크레인, 컨테이너, 원격 조종 장치를 탑재한 무인 Home Defense CBRN 바지선 2척이 시애틀로부터 도착하게 된다. USV는 Prince William 해협으로 향하는 좁은 해협에 정박하여 오염된 지역의 물고기를 위협하여 해협 외부로 쫓아 버리기 위해 수중청음기로 범고래 소리를 방출한다. 그 후 2주 동안, 절단용 토치, 집게 로봇팔을 장착하고 무인잠수정에서 운용할 수 있는 ROV를 미국과 다른 협력국에서 지원받아, 원격 조종 잠수 바지선은 누출된 연료 원료를 회수하고 특수 설계 컨테이너에 격리하기 위해 누출 농도에 영향을 받지 않고 24시간 내내 작업이 가능하다. 2번째 바지선은 무력화된 잠수함의 절단된 부분들을 회수한다. 이 바지선들은 고도로 자율 운용되어 병사들이 방사능 오염물질에 노출되는 것을 최소화한다.

UGV는 계속해서 오염 농도를 관찰하고 샘플을 채취할 뿐만 아니라, 수상송유통제소와 현지의 전력 및 급수 설비의 오염제거 작업을 개시한다. 심하게 오염된 토양은 강철 드럼통에 넣고, 대형 UGV는 구멍이를 파고 오염된 구조물이나 파이프라인 재료를 등을 묻는 데 사용된다. 첨단 센서 기술과 제어 기술로 UGV는 언제나 작업자가 단독으로 수행했던 관찰 업무를 함께한다. USV는 Prince William 해협을 떠도는 잔해를 채집하여 해안가로 가져와 처리한다. 무인잠수정은 추후의 채집 작업을 위해 잠수함 잔해의 위치를 확인하고 표지를 붙이기 위해 Prince William 해협의 해저를 훑는다. 무인항공기는 국가공역체계의 관제를 받으며, 방사능의 감소 추세를 관찰하고 위치를 파악하기 위해 저고도로, 정화 작업을 확인하기 위해 중고도로, 부근에서 작업 중인 100여대의 무인비행체로부터 지휘 명령과 데이터를 중계하기 위해 고고도에서 지속적으로 비행한다. 비행체 및 항공기들을 위한 오염 제거, 연료 재급유, 정비장은 코르도바 부근에, 보트와 잠수정용으로는 USS New York호에 구축하였다. 이는 국제적으로 공중, 지상 및 해상무인체계가 수행한 최대의 협력 작업이다.



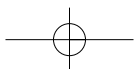
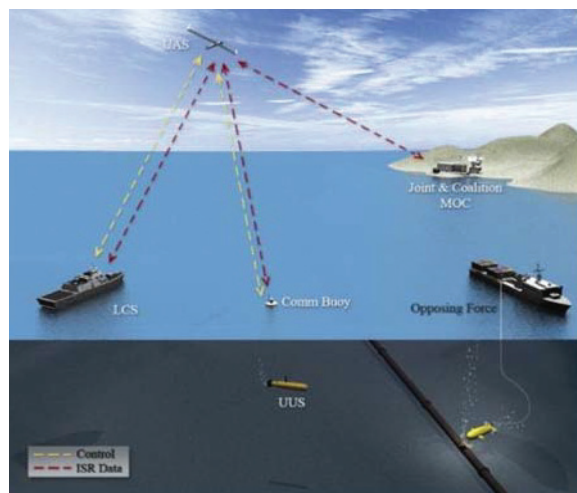
2.3.2. 아프리카 해양 합동작전 시나리오, 2030년대

위치 : 아프리카 기니아만

상황 : 연안전투함(LCS) Freedom호에서 전개한 무인항공체계와 무인잠수정은 개발도상국의 원유 시설을 감시 순찰하고 있다. 이 민족 국가는 최근 자국의 지정학적 입장을 미국과 친 유럽 국가들의 군사 및 경제적인 측면에 맞췄다.

시나리오 : 감시 정찰하는 지역에서 Freedom호의 무인잠수정은 정체불명의 군이 조종하는 수중 원격 파이프라인 용접기를 탐지했다. 수중원격 용접기는 주요 수중 원유 파이프라인을 가로지르는 지점에 자리를 잡았다. 고유의 “스마트 소프트웨어” 처리능력을 이용하여, 무인잠수정은 이러한 이례적인 사안을 위협으로 평가하고 경보신호와 무인잠수정에 탑재된 영상/음향 센서로부터의 압축 영상을 전송하는 통신부표를 방출한다.

통신 부표의 저탐지(LPI) 데이터는 소형 전술 무인항공기(STUAS)를 통해 역내의 다른 부대와 합동해상작전본부(Joint Maritime Operations Center, JMOC)에 중계



된다. LCS 지휘관은 지속적으로 정보, 정찰, 감시(Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance, ISR)와 지휘 통제(C2) 중계 지원을 제공하기 위해서 무인잠수정과 무인항공체계를 지휘한다. 동시에 무인항공체계는 무인잠수정에 비정상적으로 접근한 의심 선박에 대한 확증된 ISR 데이터를 전송한다. 최근에 배치된 최첨단 기술 추력 성능개량으로 STUAS는 교체되기 전까지 24시간 동안 제공할 수 있다.

한편, JMOC 분석가들은 무인잠수정 데이터 스냅 샷에서 최근 반정부 세력이 흠쳐 간 파이프라인 용접기를 확인한다. JMOC는 인근의 비행장에서 제160 특수작전항공 연대(SOAR) 항공기와 미 공군 CV-22 Osprey기를 이용하여 기동타격부대(QRF)를 파견한다. JMOC는 특수전 전투정 승무원(Special Warfare Combatant-craft Crewman, SWCC) Mk V에게 도난당한 파이프라인 용접기를 조작하는 것으로 의심되는 적 함선을 조사하고 무력화 시키는 임무를 재부여하였다. SWCC Mk V는 항로에 앞서 대략적인 ISR 자료를 얻기 위해 보유하고 있던 소형 UA를 출격시켜, 기동타격부대 팀 간의 LPI 확보 통신 경로를 제공한다. SWCC Mk V의 UA는 고고도 무인항공체계를 통해 공통데이터링크(CDL)와 공통작전 상황도(COP) 데이터를 LCS와 JMOC에 계속 실시간으로 제공한다.

JMOC는 적으로 의심되는 수상함이 러시아제 Tipchak 중고도 장기체공 무인기를 발사하고 있다는 신호 정보(SIGINT) 경보를 받는다. 최신의 Tipchak 개량형은 미국의 시스템과 항전장비를 접목시킨 혼합형 UA이다. Tipchak 무인기는 단거리 공대공 미사일(AAM) 또는 공대지 미사일(ASM) 발사 능력을 보유하고 있다. 적으로 의심되는 Tipchak 무인기 탑재함정은 조기경보 시스템을 갖추고 있어, 부근의 LCS를 탐지했거나, SWCC Mk V의 UA를 찾았을 것이다. JMOC의 최신 SIGINT 경보에 따르면, Tipchak 무인기가 정찰 임무와 대공/대무인기 임무를 위해 발사된 것으로 보인다.

적의 UA가 위협을 초래하거나 QRF를 위협에 빠뜨릴 수 있다고 판단되어, JMOC 사령관은 항공 차단과 지상 공격에 최적인 USAF MQ-1000 UA를 출격시킨다.

MQ-1000 UA는 자율적 작전을 허용하는 교전 규칙(ROE)에 따라 공대공 작전과 Tipchak UA 무력화 작전을 즉시 실시한다.

SWCC Mk V의 특수 부대는 무인잠수정 파이프라인 차단을 지원하고 있는 적으로 의심되는 선박에 대해 선박탐승 검문검색(VBSS)을 실시한다. 위협을 차단한 이후에, 무인체계는 초계 상황을 업데이트하고, 경보를 해제하며, 기존 정찰 위치로 복귀하거나 임무를 재개한다.

2.3.3. 복합 무인체계 시험 및 평가 계획

무인체계가 점차 복잡해지고, 통합되고, 공동 협력하고, 자율화될 때, 시험주도 개발 구축과 조기 개시 시험 및 평가(T&E)와 전순기 T&E를 지원하는 기반시설이 점차 중요하게 될 것이다. 2009년 무기체계 획득개혁법안(WSARA)의 조기 사용으로 비용을 절감하고, 무인체계획득을 용이하게 할 수 있는 발전된 T&E 단계를 정하였다.

“성공적인 획득사업의 핵심은 사업 초기부터 철저한 시스템 엔지니어링, 비용 예측 및 개발 시험을 올바르게 실시하는 것이다. 오늘날 도입된 법안은 미 국방부가 처음부터 주요 국방 획득사업을 튼튼한 기반 위에 올려놓기 위해 필요한 단계들을 취하는 것이 요구된다. 만약 이러한 변화를 성공적으로 시행한다면, 획득사업에서의 비용 초과, 일정 지연 및 성능상의 문제를 피하는데 도움이 될 수 있다.”

- 칼 레빈 미 상원 군사위원회 위원장

“2009년의 무기체계획득 개혁 법안은 국방 획득과정을 개혁하려는 노력에 중요한 단계이다. 이 법안은 집중적인 시스템 엔지니어링, 효율적인 계획, 기술적 위험 관리 및 프로그램의 목적을 달성할 수 있는 인력 증원 등을 획득하고 조달하는데 중점을 두어야 한다.”

- 존 맥케인 미 상원 군사위원회 위원

앞서의 두 가지 시나리오는 무인체계의 유용함에 집중하였으나, 무인체계획득에도 도움이 된다. 통신망 중심으로 자동 기능이 증가되고 있는 체계 획득은 예기치 못한 위험도를 발생시킬 것이다. 시스템 엔지니어링은 개별 요소로 나눈 설계의 분해, 요소간 의도된 관계 특성화 및 규격에 따라 제작된 체계가 의도대로 동작하는지를 검증하는 것을 포함한다. 시스템 엔지니어링의 “V” 도해에서 하향으로는 분할과 설계를, 상향으로는 통합, 검증 및 확인을 나타낸다. 시스템이 복잡해질수록, “V”의 상향에서 어려움이 증가한다. T&E는 이러한 위험을 줄이는 데 중요하다. 복잡한 체계의 시스템 엔지니어링은 주요 문제점들이 일정 지연, 비용 초과 심지어는 프로그램 취소까지 야기할 때 면밀하게 조사한다. 일반적으로 문제점들은 통합, 시험 또는 실전 배치 중 발견되지 않은 요소간에 의도하지 않고 예기치 않은 상호 작용이다. 유인 체계의 T&E는 주파수, 성능, 지원 체계 및 안전에 대한 위험도를 줄이는 최적의 전략을 수립해 왔다. 오늘날 국방 획득 체계에 대한 주요 도전 과제들은 주요 일정이 지연되거나, 비용이 초과되지 않고 획득 프로그램을 시행하는 것이다. 이러한 도전 과제들을 해결하는 것은 수십 년 동안 획득 프로그램 개혁의 목표가 되어 왔다.

무인체계는 현재의 T&E 역량을 시험하는 인공 지능, 통신, 자율성, 상호 운용성, 추진 및 동력, 유인-무인(MUM) 편조라는 새로운 주제를 야기한다. 이러한 문제점들은 무인체계가 보다 상호 연계되고, 자동화로 발전됨에 따라 심각해질 것이다. 시스템 요소들 간의 인터페이스에서 실패가 자주 발생하지만 많은 경우에는 인터페이스 간에 벌어지는 것은 별도로 여겨지고 있다. 소프트웨어와 네트워크 통신이 급증하는 경향은 시스템의 많은 요소들이 현재 다른 쪽에 영향을 미칠 수 있다는 뜻이다. 엄청나게 복잡해진 소프트웨어는 가장 효과적으로 비용을 절감할 수 있는 설계단계 초기에 문제를 탐지하기 위해 새로운 접근법이 필요하다. 시스템이 소프트웨어와 여러 시스템과 연계하여 잘 작동하면, 복잡성은 더 이상 큰 문제가 아니다. 복잡성은 전체에 대한 것이며, 시스템 엔지니어링은 보다 전체적으로 심화되어야 한다. 소프트웨어와 회로산업에서 이미 사용되고 있는 모델 기반 시스템 엔지니어링은 중요한 수단으로 문서 중심 접근을

시행하고 있다. 실행 가능한 모델들은 공급망을 통해서 정보의 효과적인 운반체가 될 수 있다. 자유와 상호작용의 정도에 대한 의미적 정보를 제공하기 위해 설계된 모델은 정부로부터 주요 공급자에게 아마도 제공될 수 있고, 초기 개념부터 운용 및 지원 단계의 마일스톤 A, B, C를 통하여 2차 및 3차 공급업체들에게 전달될 수 있다.

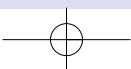
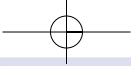
위치 : 전 세계 미 국방부 T&E 센터

상황 : 신속한 획득 지원 환경에서, 통합된 T&E팀들은 무인체계의 생산에 박차를 가하기 위해 교관 및 사용자와 함께 일한다. 이번 모델은 18개월마다 신개발이 이루어진다는 무어의 법칙의 장점을 이용하기 위해 테스트 구조를 이용하는 방산업계도 포함한다. 같은 기술들은 실제로 최근 다양한 무인체계를 구성하고 있는 임무장비, 통신, 지휘 체계 및 원격 센서 지원 체계 등의 세부 계통들이다.

시나리오 : 전투원들은 18개월 야전 배치 요건을 지원할 수 있는 차세대 시스템을 필요로 한다. 시스템은 원격 센서 팀을 지원하는 신형 센서를 포함한다. 플랫폼은 인간의 반응 시간 및 통신 이상에 의해 제한된 인간의 지원 기능을 줄여 주기 위해 몇 가지 새로운 알고리즘을 이용할 것이다. 플랫폼은 또한 새로운 탑재 성능 때문에 임무 기능을 지원하는 새로운 결정 알고리즘도 보유하게 될 것이다. 시스템은 탑승 중인 팀과 지상 통제 팀이 일련의 시스템 중계국과 위성통신 그리드를 통해 통신할 수 있도록 새로운 통신 프로토콜 평가 체계를 사용할 것이다. 플랫폼 지원은 비치명적인 자율 지원 능력을 확인하기 위해 임무 중심의 T&E를 포함한다. 이러한 이동은 연방항공국(FAA)과 미 국방부가 지상의 통제관과 기타 무인 및 유인 항공기에게 항공기의 위치를 자율적으로 공지하는 것에 대한 공동 평가도 하는 항공 교통 관제 기술을 이용할 것이다.

지원 상황은 팀 작전을 지원하는 유인 및 무인체계의 협력을 지원하는 통신 링크가 붕괴되었을 경우, 최신 표준화 협정(STANAG) 회복 알고리즘의 평가를 요구하고 있다. 상호운용성 시험은 여러 가지의 신규 서비스와 탑재 하중 데이터를 해석하는 원격

서비스지원팀을 지원하기 위해 필요할 것이다. 이 팀들은 국방 그리드(Defense Grid)의 다양한 데이터로부터 실행 가능한 정보를 찾기 위해 임무 자료를 활용할 것이다. 이러한 배치의 새로운 관점은 알고리즘 개량과 문제 발견을 위한 인간체계 통합 알고리즘의 적합성을 탐구하기 위해 훈련관과 사용자들 모두의 모의장치 활용을 포함할 것이다. 레드 팀의 T&E 기술은 전문가 의견을 활용한 Bayesian 확률 모델을 이용한 구 데이터 없이 예측하기 위해 시나리오 평가를 확대할 것이다. T&E 시스템은 임무 효과, 적합성, 생존성 및 효율성과 관련하여 긍정 오차, 부정 오류, 동적 한계 및 무결점 한계를 결정하도록 설계될 것이다. T&E의 전체 성능개량은 순환 시간과 비용을 10배나 줄이는 결과를 가져올 것이다.





3. 현 상황

- 3.1. 소요 개발과 시스템 획득
- 3.2. 합동능력영역에 적용되는 무인체계
- 3.3. 무인항공체계
- 3.4. 무인지상체계
- 3.5. 무인해양체계
- 3.6. 무인체계의 도전과제

3. 현 상황

지난 10년 동안 무인체계는 미군의 작전에서 점차 더 많은 역할을 수행해 왔다. 국방부는 수중으로부터 대기권 상부까지, 그리고 성냥갑 크기부터 Boeing 737 크기까지 다양한 무인체계들을 사용한다.

이러한 무인체계는 군 작전이 계획되고 시행되는 아프가니스탄의 매우 험난한 환경에서 전투 작전을 수행하면서 지속적으로 가치를 입증해왔다. 적들은 목표를 달성하기 위해 점점 변칙적인 수단을 사용하고 주변의 다른 지역에서 잠복하며 비대칭적인 전술을 활용하여 싸우고 있다. 미래전에서 우리는 이러한 전술 뿐만 아니라 미국의 세력투사를 약화시키는 다양한 새로운 방식들(소위 “복합형(hybrid)” 접근 거부 방식을 포함)에 대비해야 한다. 무인체계는 능력 및 성능의 장점들과 고위험 수용성 때문에 다양한 전투 전반의 모든 영역에서 미군의 작전에 매우 중요할 것이다. 무인체계가 전장에서 가치를 입증해 왔기 때문에 국방부는 무인체계를 개발하고 획득하는데 점점 더 많은 예산을 할당해왔다. 다음 표는 항공, 지상, 해양의 3개 무인체계 영역에 할당된 예산안을 보여준다.

표 1 2011 회계연도 미 국방부 무인체계 예산안

구 분		회계연도 예산 (100만 달러)					
		FY11	FY12	FY13	FY14	FY15	합 계
항 공	연구개발	1,106.72	1,255.29	1,539.58	1,440.57	1,296.25	6,638.40
	획 득	3,351.90	2,936.93	3,040.41	3,362.95	3,389.03	16,081.21
	운용유지	1,596.74	1,631.38	1,469.49	1,577.65	1,825.45	8,100.71
	소 계	6,055.36	5,823.59	6,049.48	6,381.17	6,510.72	30,820.32
지 상	연구개발	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	획 득	20.03	26.25	24.07	7.66	0.00	78.01
	운용유지	207.06	233.58	237.50	241.50	245.96	1,165.60
	소 계	227.09	259.83	261.57	249.16	245.96	1,243.61
해 양	연구개발	29.69	62.92	65.72	48.60	47.26	254.19
	획 득	11.93	45.45	84.85	108.35	114.33	364.90
	운용유지	5.79	4.71	3.76	4.00	4.03	22.28
	소 계	47.41	113.08	154.32	160.94	165.62	641.37
항공, 지상, 해양 합계	연구개발	1,136.41	1,318.21	1,605.29	1,489.16	1,343.52	6,892.59
	획 득	3,383.86	3,008.63	3,149.32	3,478.96	3,503.36	16,524.12
	운용유지	1,809.59	1,869.67	1,710.75	1,823.15	2,075.44	9,288.59
	계	6,329.86	6,196.50	6,465.36	6,791.27	6,922.31	32,705.30

무인체계에 대한 예산 지원이 확대되어 왔지만, 현재의 세계 경제상황과 국방부의 계획은 적합한 가격의 응·복합 체계를 획득하는데 역량을 집중할 것을 요구한다. 국방부는 무인체계의 다양한 임무와 성능들을 지속적으로 지원해야 하지만, 오늘날의 긴축 재정 상황으로 인해 상호운용성이 있는 합동 플랫폼, 시스템, 소프트웨어, 아키텍처, 탑재체, 센서들을 획득하는 것에 초점을 맞추어야 한다. 또한, 지휘관들이 무인체계를 통해 위협을 감수할 수 있는 능력은 무인체계 비용에 의해 크게 좌우된다. 소모성 자산이 되기 위해서는(종종 무인체계 제작 목적이 됨), 무인체계의 비용이 낮아야 한다. 핵심 C2 시스템을 갖춘 공통 플랫폼 획득의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 이는 훈련비용과 공급망의 다양성을 줄이고 가용성을 개선시키며, 규모의 이익과 소프트웨어/기술의 재활용을 통해 경제적인 획득경로를 제공함으로써 총체적 이점들을 더 많이 창출할 것이기 때문이다.

전투원의 포트폴리오에서 중복을 없애라

-획득 전문가들을 위한 국방차관 메모랜덤, 구매력 개선, 2010년 9월

무인체계의 비용초과, 일정지연, 지속성 문제는 간과할 수 없다. 운용시험평가(Operational T&E) 만으로는 무인체계 획득의 예산, 일정, 운용유지 문제를 해결하기에 충분하지 않다. WSARA(무기체계 획득개혁법) 2009 지침은 마일스톤 A와 B가 논의되는 시험평가 전략서(T&E strategy)의 핵심 요소로 개발시험평가(Developmental T&E)를 활용하는 토대를 마련했다. 무인체계 시험평가는 물리적 영향 뿐만 아니라 인적 요소, 자율 기능, 협동, 자율 구동 홍팀 기반 T&E 한계 시험과 같은 알고리즘 개발에 영향을 주는 다른 요소들도 고려해야 한다. 군 구조의 무인체계 파트에 요구되는 인적 통제와 의사결정의 정도를 점진적으로 줄이고자 하는 목표는 자율 기능이 증대되고, 이런 기능을 시험하는 새로운 방법들이 요구될 것임을 의미한다.

무인체계 획득과정에서 단순성을 유지하고 관료주의를 극복하는 것은 지속적인 과제이다. 이러한 프로그램이 획득 프로그램으로 바뀌면서 신속한 획득 프레임워크에서 안전하고 적절하고 생존 가능한 효과적인 시스템을 제작하는데 적합한 생산적인 절차와 감독을 가능하게 하는 독특한 기회가 창출된다.

독점 로봇 시스템 아키텍처와 관련된 문제점을 극복하기 위해 개방형 아키텍처(OA)와 개방형 인터페이스를 활용할 필요가 있다. 탑재체, 통제 시스템, 비디오/오디오 인터페이스, 데이터, 통신 링크 전반에 적용되는 모듈방식, 공통성, 호환성을 달성하기 위해 표준과 인터페이스 규정 수립이 필요하다. 표준화는 경쟁을 강화시키고 수명주기 비용을 낮추며 전투원에게 전장에서 공통성과 합동 상호운용성을 보장해 주는 고성능 무인체계를 제공할 것이다.

무인체계 발전을 저해하는 요소를 처리하는 것은 상호운용성 증대, 자율성 향상과 인공지능 및 통신 향상, 인적시스템 통합, 훈련 표준화, 추진 및 동력 체계의 다양한 옵션 적용, 유인-무인(MUM) 편조 강화 효과를 가져다 줄 것이다. 이러한 요소는 합동능력 통합개발체계(Joint Capability Integration and Development System, JCIDS)에서 이러한 요소들을 다루고 있다.

3.1. 소요 개발과 시스템 획득

탑재체 개수 및 성능 향상에 따라 모든 크기 및 형태별 무인 플랫폼은 괄목할 만한 성장을 하였다. 많은 무인체계가 합동긴급운용소요(Joint Urgent Operational Needs, JUON) 과정을 통해 신속하게 획득되고 전투원들이 사용할 수 있도록 즉각적으로 배치되어 왔다. 합동긴급운용소요는 중요한 능력을 합동 전투에 성공적으로 추가시켰다. 이러한 무인체계는 단기적으로 전투원의 즉각적인 필요를 충족시키기 위해 신속하게 개발되었지만, 시스템의 독립성과 상호운용성을 제공하기 위해 필요한 일반적인 합동능력 통합개발체계 과정을 통한 엄격한 소요 평가와 합동 조정 과정을 거치지 않았다. 게다가 장기적인 비용적합성, 지속가능성, 장기적인 사업전반의 성능 포트폴리오에 기여할 잠재력이 충분하게 고려되지 않았다. 결과적으로 무인체계는 소요 개발을 위해 구조와 조직을 제공하는 광범위한 합동능력영역(Joint Capability Areas, JCA)의 맥락 속에서 적절한 고려가 이루어지지 않았다.

국방부는 시급하고 신중한 능력 개발(Capability Development)을 간소화할 합동능력 통합개발체계 절차를 개정함으로써, 장기적인 구매적합성과 지속가능성을 중요하게 고려하면서 전투원의 소요를 충족시키는데 필수적인 시기적절성을 갖추기 위해 노력하고 있다.

미국의 무인체계 통합 로드맵

합동능력 통합개발체계는 국방부의 획득과 기획, 계획, 예산, 집행(Planning, Programming, Budgeting, and Execution, PPBE) 절차를 위한 주요한 지원 과정이다. 합동능력 통합개발체계는 할당된 임무를 성공적으로 수행하기 위해 전투원이 요구하는 능력이 관련 운용성과기준들과 일치되는 것을 보장한다. 이 과정은 능력 개발 초기에 전투원의 요구를 더욱 잘 이해하도록 돕고, 적합한 우선순위를 갖춘 보다 종합적인 일련의 요구사항들을 제공한다. 그러면 국방부의 획득부서는 제대로 정의된 소요 능력을 충족시키기 위한 옵션을 선별하는데 집중할 수 있다.

매우 제한된 현재의 재정 상황을 고려할 때, 국방부가 효과적이며 비용이 적합한 무인체계 개발·제작을 위해 효율성을 높일 수 있는 많은 분야들을 자세히 검토하는 것이 당연하다. 국방부는 무엇보다 공통성, 표준화, 합동 획득전략을 활용하는 것을 검토해야 할 것이다. 또한 국방부는 무인체계 구매가격이 처음부터 적절해야 하며, 개발과 생산 과정에서 비용 증가가 크지 않기를 요구한다. 게다가 국방부는 개발과 생산 수명주기 비용을 처음에 평가함으로써 기획, 계획, 예산, 집행 과정에서 비용적합성에 대한 조언을 제공해야 한다.

합동능력 통합개발체계 절차에서 입증된 능력 소요는 기획, 계획, 예산, 집행 과정 동안 자금획득 경쟁시 우선순위설정 활동에 영향을 준다. 미 국방부 훈령(DoD Directive)7045.14, 기획, 계획, 예산 체계(Planning, Programming, Budgeting System, PPBS)에 따르면, 기획, 계획, 예산, 집행 과정의 목적은 제한된 예산으로 부대, 장비, 지원을 가장 잘 조합하는 것이다. 이를 충족시키기 위해 기획, 계획, 예산, 집행 과정은 전략적 기획 및 합동 기획 지침(Strategic Planning and Joint Planning Guidance)에서 대통령과 국방장관이 수립한 목표를 충족시키는 것을 목적으로 하고 있다. 기획, 계획, 예산, 집행 과정에서 군은 전략적 기획을 위해 입증된 소요에 대한 가용 자원(재정, 인력, 물자)을 조합한다. 핵심 과업은 균형있고 비용이 적합한 성능 기반 군 계획 목표각서(Program Objective Memorandum, POM)를 만드는 것이다. 국방부 본부는 주어진 소요를 충족시키는 능력에 대한 군 계획 목표각서의 견해를 검

토하고 최종안은 대통령 예산안이 된다.

합동능력영역은 현재 국방부가 능력을 검토하고 관리하는 데 있어 선호하는 방법이다. 합동능력영역 프레임워크는 유사한 소요를 연관시키고 효과적인 설루션을 활용하며 관련 활동들을 동시에 진행하도록 능력과 능력의 격차가 국방부와 다양한 포트폴리오 전반에 걸쳐 조정될 수 있는 구조를 제공한다. 또한 Universal Joint Task List 같은 다양한 프레임워크가 임무, 조건, 소요 능력을 식별하고 조직화하는 것을 지원하기 위해 즉시 이용될 수 있다.

3.2. 합동능력영역에 적용되는 무인체계

현재와 미래의 무인체계를 합동능력영역에 따라 세부적으로 계획하는 것은 무인체계에 대한 제품라인 포트폴리오와 이것이 현재와 미래에 국방부 임무에 어떻게 기여할 수 있을지에 대한 인식을 제공한다. 각각의 합동능력영역은 능력과 연관된 바람직한 결과를 창출하기 위해 일반적으로 시행되는 일련의 관련 임무들을 대표한다. 9개의 1단계 합동능력영역들이 정의되고 평가들을 통해 무인체계가 전장 인식, 전력 적용, 방호, 군수지원, 파트너십 형성에 주요한 기여요소가 될 잠재력을 갖고 있음을 확인했다. 전력 지원과 네트워크 중심의 능력 영역들에 대한 평가들은 완료되지 않았지만, 이러한 합동능력영역의 임무들도 무인체계로부터 많은 지원을 받는다.

현재의 기술과 미래의 기술진보는 단일 플랫폼이 여러 능력 영역에서 다양한 임무들을 수행하게 할 것이다. 이는 국방부가 더 큰 투자 수익을 얻을 수 있는 기회를 의미한다. 또한 영역의 조건들이나 군의 임무가 특수한 설루션을 요구하는 상황들이 생기게 되는 것처럼 합동체계가 각 군의 임무를 수행하게 할 기회가 창출될 것으로 예상된다. 특정 임무, 성능 특성, 통합 기술 등의 능력 영역에 대해 식별된 각각의 체계에 대한 세부 설명은 Unmanned Warfare Information Repository site:

<https://extranet.acq.osd.mil/uwir/> 에서 찾을 수 있다. 최적의 합동능력영역에 대한 설명은 아래와 같다.

3.2.1. 전장 인식

전장 인식은 모든 영역에서 무인체계가 향후 ISR과 환경 정보 수집 임무를 수행하는데 크게 기여할 수 있는 능력 영역이다. 이를 달성하기 위해 무인체계의 개발과 배치 는 환경에 대한 이해를 공유하도록 막대한 양의 센서 데이터를 변환하는데 요구되는 Tasking, Production, Exploitation, and Dissemination 절차를 포함해야 한다. 이 절차를 능률화하기 위한 많은 노력이 지속적으로 이루어지고 있다. 이러한 합동능력 영역은 오늘날 Predator, Reaper, Global Hawk가 상공에서 PackBot와 Talon 이 지상에서 실시하는 항공 및 도시 정찰에서 Expeditionary Runway Evaluation, 핵 감식 및 특수 정찰 같은 임무에도 적용된다. 미래의 기술은 무인기가 모든 영역에서 장기체공 지속 정찰 감시를 수행할 수 있도록 임무 지속시간을 몇 시간에서 며칠까지 확대시키는 것을 가능하게 할 것이다. 무인체계가 완전한 자율성을 갖추도록 계속 진보할 것이기 때문에 무인체계에 자체적인 유기적 인식을 제공하는 탑재 센서들은 예정된 주요 임무와 무관하게 전장 인식에 기여할 것이다. 이러한 능력 영역은 영역 전반에 걸쳐 협동적으로 수행되고 있는 과업과 임무들에 유용할 뿐만 아니라 단일 영역 내의 협업에도 유용하다.

3.2.2. 전력적용

전력적용은 기동작전과 교전에 기여하는 무인체계의 확산을 포함하는 또 다른 합동능력영역이다. 오늘날 Predator, Reaper, Gray Eagle 무인기는 공격 작전, 비정규전, 고가치 표적 획득 임무를 수행하기 위해 무장화되며 이러한 경향은 모든 영역에서 지속적으로 나타날 것이다. 항공 영역에서 무인체계의 예상 임무 영역들은 공대공 전투, 방공제압 및 파괴를 포함한다. 지상에서 무인지상차량은 비치사성 군중 통제, 하

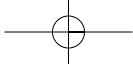
차 공격작전, 무장 정찰 및 공격 작전 등의 임무를 수행한다. 해양에서 무인잠수정(UUV)과 무인수상정(USV)은 기뢰부설과 기뢰 무력화 임무에 특히 적합하도록 설계되었다. 국방부 직원들은 자율 또는 무인 무기체계의 사용 시기 등에 관한 전쟁법을 준수해야 한다. 예를 들어, 국방부 훈령 2311.01E, DoD Law of War Program, May 9, 2006은 “국방부 구성기관 직원들이 모든 무장 충돌과 모든 다른 군사 작전에서 전쟁법을 준수할 것”을 요구한다. 현재의 무장 무인기는 교전 결정 시 전적으로 사람이 무인기를 운용할 때(Level 1)에만 치명적인 전력을 사용한다. 이러한 무기체계에서 전력 사용 여부와 교전할 특정 표적을 선별하는 결정은 사람이 한다. 미국은 사람이 감독하는 자율 모드(Level 3)를 구비한 유인 함정과 시설들에 대한 방어 시스템을 운용하고 있고, 또 수 십년 동안 이 시스템을 운용해 왔다. 가까운 미래에 무인체계에서 전력 사용과 치명적 전력을 사용하여 교전할 개별 표적을 선택하는 결정들은 사람이 통제할 것이다.

3.2.3. 방 호

방호는 공격 예방 또는 효과 감소 면에서 특별한 무인체계 적용가능성이 있다. 무인체계는 단조롭고 위험하거나 더럽다고 여겨지는 많은 방호 임무에 이상적으로 적합하다. 미래에 항법과 조작의 자동화가 향상될 것이기 때문에 무인체계는 소방활동, 오염제거, 전방작전기지 경계, 시설 경계, 장애물 제작 및 파괴, 차량·사람 수색 및 조사, 지뢰 제거 및 무력화, 정교한 폭발물 처리, 조난자 후송, 해상 차단 등의 임무를 수행할 수 있을 것이다. 방호에서 영역 내의 합동능력 영역 협업과 영역 전반의 협력이 일반화될 것이다.

3.2.4. 군수지원

군수지원 합동능력영역은 전력을 배치, 배분하고 공급하기 위해 모든 영역에서 무인체계를 사용하는데 적합하다. 군수품의 수송은 적용가능한 일상적 임무로서 모든



미국의 무인체계 통합 로드맵

형태의 지상 지형의 무인체계에 특히 적합하다. 무인체계는 조사, 오염 제거, 재급유 등 유지 관련 임무를 수행할 수 있다. 군수품 및 자재 관리, 전투 기술은 안전성과 효율성을 강화하기 위해 무인체계에 할당될 수 있는 적합한 임무들이다. 또한 무인체계는 조난자 후송과 치료, 인간 유해 발굴, 도시 구조 등의 임무도 수행할 수 있다. 무인체계는 주요기지 뿐만 아니라 전방에서도 병참 임무를 수행할 수 있다.

다음 표는 국방부의 프로그램별 무인체계 전력으로 현재의 무인체계 목록에 대해 합동능력영역 임무를 대응시킨 표본이며 현재의 무인체계 능력을 파악하기 위한 것이다.

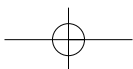


표 2 미 국방부의 무인항공체계 프로그램

구분	무기체계	운용 군	주요 JCA	임무 기능	ACAT	획득 단계
그룹1	RQ-16BT_Hawk	미 해군	N/A	정보감시정찰(ISR)/정찰감시 표적획득(RSTA), 폭발물 처리(EOD)	Non-ACAT	기타
	Wasp	미 공군	BA	ISR/RSTA	Non- ACAT	기타
	RQ-11B Raven	미 육군	BA	ISR/RSTA	IV(T)	생산
그룹2	Puma AE	미 특수작전 사령부	N/A	ISR/RSTA, 부대방호	III	생산/유지
	Scan Eagle	미 해군/해병대	N/A	ISR/RSTA, 부대방호	Non- ACAT	기타
그룹3	RQ-7B Shadow	미 해군/해병대	BA	ISR/RSTA, C3, 부대방호	II	생산
	S 100	미 특수작전 사령부	N/A	ISR/RSTA, 전자전, 부대방호	III	설계 및 개발
	STUAS RQ-21A	미 해군/해병대	BA	ISR/RSTA, EOD, 부대방호	III	설계 및 개발
	Viking 400	미 특수작전 사령부	N/A	ISR/RSTA, 전자전, 부대방호	II	설계 및 개발
그룹4	MQ-5B Hunter	미 육군	N/A	ISR/RSTA, C3, Log, PS/TCS, FP	N/A	기타
	MQ-1C Gray Eagle	미 육군	BA	ISR/RSTA, C3, Log, PS/TCS, FP	ID	생산
	MQ-1B Predator	미 공군	BA	ISR/RSTA, PS/TCS, FP	ID	유지
	MQ-8B VTUAV	미 해군		ISR/RSTA, ASW, SUW/ASUW	IC	MS-C
그룹5	MQ-4 BAMS	미 해군		ISR/RSTA, 전자전, PS/TCS, SUW/ASUW, FP	ID	설계 및 개발
	MQ-9A Reaper	미 공군	FA	ISR/RSTA, EW, PS/TCS, FP	ID	생산
	RQ-4A Global Hawk	미 공군	BA	ISR/RSTA, C3, PS/TCS	ID	유지
	RQ-4B Global Hawk	미 공군	BA	ISR/RSTA, C3, PS/TCS	ID	생산/유지
	MR UAS	미 해군	N/A	TBD	N/A	개념
	UCLASS	미 해군	N/A	TBD	N/A	개념
	MQ-X	미 공군	FA	ISR/RSTA, PS/TCS, FP	N/A	개념
	Group 4	미 해병대	N/A	TBD	N/A	개념

미국의 무인체계 통합 로드맵

표 3 미 국방부의 무인지상체계 프로그램

구분	무기체계	운용 군	주요 JCA	임무 기능	ACAT	획득 단계
차륜형	MARCBot IV N	미 육군	N/A	ISR/RSTA, IED Inv.	기타	기타
	Throwbot	미 육군	N/A	ISR/RSTA	기타	기타
	Mine Area Clearance Equipment(MACE)	미 공군	N/A	Mine, EOD, FP	기타	개념
	Defender	미 공군	N/A	FA, FP, Fire	기타	개념
궤도형	ISR UGV	미 해군	N/A	ISR/RSTA, Fire Support, EOD	기타	기타
	xBot	미 육군	N/A	ISR/RSTA, EOD, IED Inv.	기타	기타
	PackBot FIDO	미 육군	N/A	ISR/RSTA, EOD, IED Inv.	기타	기타
	M 160	미 육군	N/A	기뢰 무력화	III	설계 및 개발
	RC50 60	미 육군	N/A	EOD, 기뢰 무력화	기타	기타
	Mini EOD	미 육군	N/A	EOD	기타	기타
	ANDROS HD 1	미 육군	N/A	EOD	기타	기타
	PackBot EOD	미 육군	N/A	EOD	기타	기타
	TALON IIIB	미 육군	N/A	EOD, Route Clearance	기타	기타
	TALON IV	미 육군	N/A	EOD, Route Clearance	기타	기타
	Panther II	미 육군	N/A	EOD, 기뢰 무력화	기타	기타
	MK1 MOD 0 Robot EOD	미 해군	N/A	EOD	IV	유지
	MK 2 MOD 0 Robot EOD	미 해군	N/A	EOD	IV	유지
	MK 2 MOD 0 RONS	미 해군	N/A	EOD	IV	유지
	All-Purpose Remote Transport System(ARTS)	미 공군	N/A	Mine, EOD, FP, Fire	기타	기타
	F6A ANDROS	미 공군	N/A	EOD	기타	기타
	HD 1	미 공군	N/A	EOD	기타	기타
	IVAN	미 공군	N/A	EOD, FP	기타	개념

표 4 미 국방부의 무인해양체계 프로그램

구분	무기체계	운용 군	주요 JCA	임무 기능	ACAT	획득 단계
수상	Autonomous Unmanned Surface Vehicle (AUSV)	미 해군	N/A	ISR/RSTA	기타	기타
	Mine Countermeasures (MCM) Unmanned Surface Vehicle USV	미 해군	BA	기뢰전(MIW)/OMCM	기타	개념
	Anti-Submarine Warfare (ASW) Unmanned Surface Vehicle (USV)	미 해군	N/A	대잠전	기타	기타
	Sea Fox	미 해군	N/A	ISR/RSTA, FP	기타	기타
	Remote Minehunting System(RMS), AN/WLD-1(V)1	미 해군	BA	기뢰전/OMCM	I D	설계 및 개발
	Modular Unmanned Surface Craft Littoral	미 해군	N/A	ISR/RSTA	기타	기타
수중	Sea Stalker	미 해군	N/A	ISR/RSTA	기타	기타
	Sea Maverick	미 해군	N/A	ISR/RSTA	기타	기타
	Echo Ranger	상용	N/A	Insp/ID, 해양조사	기타	기타
	Marlin	상용	N/A	Insp/ID, 해양조사	기타	기타
	Surface Countermeasure Unmanned Undersea Vehicle	미 해군	BA	MIW/OMCM	III	개념
	MK18 Mod 2 Kingfish UUV System	미 해군	방호	수상함전투(SUW)/대수상함전투(ASUW), MIW/OMCM, Insp/ID	PIP	생산
	Surface Mine Countermeasure Unmanned Undersea Vehicle User Operational Evaluation System Increment 2	미 해군	N/A	MIW/OMCM	기타	기타
	Surface Mine Countermeasure Unmanned Undersea Vehicle User Operational Evaluation System Increment 1	미 해군	N/A	MIW/OMCM	기타	기타
	Battlespace Preparation Autonomous Underwater Vehicle(BPAUV)	미 해군	N/A	MIW/OMCM	기타	기타
	HULS	미 해군	방호	MIW/OMCM, EOD, Insp/ID	Abbr Acq	생산
	MK18 Mod 1 Swordfish UUV System	미 해군	방호	MIW/OMCM, EOD, Insp/ID	Abbr Acq	유지
	Large Displacement Unmanned Underwater Vehicle(LDUUV)	미 해군		대잠전, ISR, MCM	기타	개념
MK18 Mod 1 Swordfish UUV System	미 해군		MIW/OMCM, EOD, Insp/ID	Abbr Acq	유지	

3.3. 무인항공체계

국방부가 무인기술을 도입한 이래로 항공 영역은 가장 큰 가시적 집중을 받아왔다. 다음 그림은 국방부의 전반적인 무인체계 투자에서 무인항공기에 대한 투자가 지속적으로 큰 부분을 차지하게 될 것임을 보여준다. 결과적으로 다양한 임무를 수행할 수 있는 무인기가 많이 배치되어 왔다. 처음에 무인기의 임무는 주로 전술적 정찰에 초점을 맞추었다. 그러나 무인기의 임무수행 범위는 ISR 및 전장 인식 임무 영역내의 대부분의 능력들을 포함하도록 확장되어 왔다. 또한 무인항공체계는 군이 실시간 표적획득 및 처리를 위해 다중 타격 임무를 수행할 수 있는 무기체계를 배치함에 따라 타격 임무에서 그 역할이 더욱 커지고 있다. 다음 그림은 오늘날 군 구조의 다양한 플랫폼을 보여준다.

구분	외형	무기명	차량/지상통제체계	능력/임무	지휘부대
Group 5 < 1320 lbs < FL180	 	• USAF/USN RQ-4A Global Hawk/BAMS-D Block 10 • USAF RQ-4B Global Hawk BLOCK 20/30 • USAF RQ-4B Global Hawk BLOCK 40 • USAF MQ-9 Reaper	• 9/3 • 20/6 • 5/2 • 73/85* • MQ-1/MQ-9 same GCS	• ISR/MDA(USN) • ISR • ISR/BMC • ISR/RSTA/EW/ STRIKE/FP	• JFACC/AOC-Theater • JFACC/AOC-Theater • JFACC/AOC-Theater • JFACC/AOC-Support Corps, Div, Brig, SOF
Group 4 < 1320 lbs < FL180	    	• USAF MQ-1B Predator • USA MQ-1 Warrior/MQ-1C Gray Eagle • USA UCAS -CVN Demo • USA MQ-8B Fire Scout VTUAV • SOCOM/DARPA/USA/USMC A160T Hummingbird	• 165/85* • 31/11 • 2/0 • 14/8 • 8/3	• ISR/RSTA/STRIKE/FP • (MQ-1C Only-C3/LG) • Demonstration Only • ISR/RSTA/ASW/ ASUW/MIW/CMC/ EOD/FP • Demonstration Only	• JFACC/AOC-Support Corps, Div, Brig • NA • NA • Fleet/Ship • NA
Group 3 < 1320 lbs < FL180 < 250 knots	  	• USA MQ-5 Hunter • USA/USMC/SOCOM RQ-7 Shadow • USN/USMC STUAS	• 45/21 • 368/265 • 0/0	• ISR/RSTA/BDA • ISR/RSTA/BDA • Demonstration	• Corps, Div, Brig • Brigade Combat Team • Small Unit
Group 2 21-55 lbs < 3500 AGL < 250 knots		• USN/SOCOM/USMC RQ-21A ScanEagle	• 122/13	• ISR/RSTA/FORCE PROT	• Small Unit/Ship
Group 1 0-20 lbs < 1200 AGL < 100 knots	   	• USA / USM / USMC / SOCOM RQ-11 Riaven • USMC / SOCOM Wasp • SOCOM SUAS AECVB Puma • USA gMAV / USN T-Hawk	• 5623/3752 • 540/270 • 372/124 • 270/135	• ISR/RSTA • ISR/RSTA • ISR/RSTA • ISR/RSTA/EOD	• Small Unit • Small Unit • Small Unit • Small Unit

그림 2 국방부 무인항공체계

배치된 무인기 수의 증가와 함께 다음 그림에서 보는 것처럼 비행시간이 크게 증가했다.

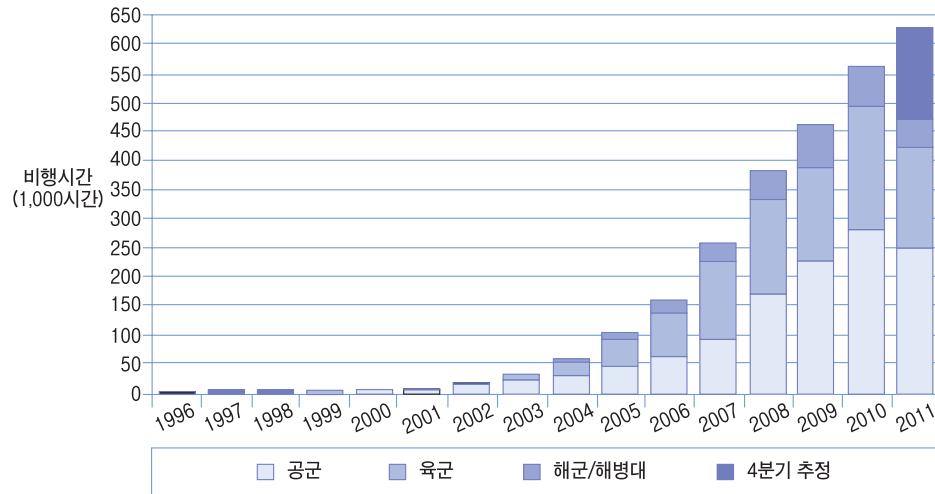


그림 3 무인기 비행시간(1996~2011년)

2009년에 국방부는 항구적 자유 작전과 이라크 자유 작전을 지원하면서 거의 50만 시간의 무인기 비행시간을 달성했다. 2010년 5월 무인기의 비행시간은 100만 시간을 초과했고, 2010년 11월에는 100만 시간의 전투 시간을 달성했다. 무인기가 그 가치를 지속적으로 보여줌에 따라 무인기의 수는 지속적으로 증가하게 될 것이다.

... 금년에 지금까지 원격 조종 무인기는 21,000 쏘터를 출격하여 지난해의 약 19,000 회수를 이미 초과했다.

“U.S. Uses Attacks to Nudge Taliban Toward a Deal,”

New York Times, October 15, 2010.

3.4. 무인지상체계

이라크와 아프간에서 작전이 시작된 이래 국방부는 수천 대의 무인지상체계를 획득해왔다. 무인지상체계는 기동작전, 기동작전 지원 및 유지 등 다양한 작전을 지원한다. 기동작전은 속도와 화력을 활용하여 적과 근접 전투를 하고 적을 무력화시킨다. 기동 지원 임무는 자연 및 인공 장애물과 위험요소를 제거하는 임무를 포함한다. 유지 임무는 유지에 영향을 끼치고 전투 지원과 연관된 무인지상차량을 지원한다.

약 8,000대의 다양한 종류의 무인지상차량이 '항구적 자유 작전' 과 '이라크 자유 작전'에 사용되었다. 2010년 9월까지 배치된 무인지상차량은 급조폭발물(Improvised Explosive Devices, IED)을 수색하여 제거하기 위해 의심스러운 물체 식별과 통로 개척 등 125,000개 이상의 임무를 수행하는데 사용되었다. 급조폭발물 처리 임무시 육군, 해군, 해병대 폭발물 처리 팀은 다음 그림에서 보는 것처럼 무인지상차량을 사용하여 11,000개 이상의 급조폭발물을 탐지하고 파괴시켰다.



그림 4 모의시험에서 급조폭발물을 수색 중인 Talon 로봇

전장에서 얻은 교훈들은 유지 가능한 프로그램에 반영되도록 전환되어야 한다. 무인체계의 신속한 배치와 확산, 이를 통한 전장의 현대화는 이러한 임무를 충족시켜 왔지만 형태와 유지에 있어 도전 과제를 초래했다. 이러한 지상체계는 육군 사령관에게 많은 이점을 지속적으로 제공한다. 하지만 미래전에서 예상되는 도전과제를 충족시키기 위해 사용자 인터페이스/신뢰성/생존력의 개선과 360° 감지/기록충실도/화학·생물학·방사능·핵(Cheical, Biological, Radiological, and Nuclear, CBRN)/폭발물 탐지에 있어서 진전이 요구된다. 그림 5는 무인지상체계 체계군(UGS Family of Systems)을 보여준다.

무인지상차량 Gordon은 마지막 날에 트럭에서 발견되어 깊이 매장된 급조폭발물을 찾기 위해 교차로를 수색하고 있었다. 교차로로 이동 중 급조폭발물이 무인지상차량으로부터 약 10ft 위치에서 폭발했다. Gordon은 작동하면서 그 지역을 계속해서 수색했다. 길 반대편에서 또 다른 급조폭발물이 폭발했고, 무인지상차량이 전복되었다. 포격전이 시작될 때까지 모든 것이 여전히 작동하고 있었다.

Gordon은 아래쪽으로 7바퀴를 돌았고 그날의 임무를 완수했다. 나는 수리를 위해 로봇 수리소에 Gordon을 가져갔고 수리하는 데 3일이 걸렸다. Gordon이 복구된 후에 나는 Gordon을 트럭에 다시 장착하여 임무에 투입하였다. 하지만 Gordon은 곧 수명을 다했다. 이는 Gordon이 어느 집 대문에서 부비 트랩을 수색하던 중 폭탄이 바로 옆에서 폭발했기 때문이다. Gordon은 수리가 불가능했기 때문에 분해되었다. 지금은 “Flash”가 Gordon의 임무를 대신하고 있다.

- 실사용자의 의견 : “Gordon” TALON이 급조폭발물을 제거하고 바그다드에서 수많은 사람의 목숨을 구함(2007년 여름 이라크에서 폭발물 처리 담당)

미국의 무인체계 통합 로드맵

임무	공군	육군	해군	기타
기동 적의 무력화 • 급조 폭발물 파괴 시스템 • 무장 해제/외해 • 정찰 • 조사 • 폭발물 탐지기	All-Purpose Remote Transport Sys (ARTS)  F6A-ANDROS / HD-1 	MARCbot IV-N  Throwbot  xBOT / PackBot FIDO 	Mk1 Mod 0 Robot EOD Mk2 Mod 0, Robot EOD Mk3, Mod 0, Remote Ordinance Neutralization System (RONS)  Advanced EOD Robotic System (AEODRS)	
기동 지원 잠재물과 위험요소 제거 • 지역/경로 소거 • 지뢰 무력화 • 급조 폭발물 대응 • 화학·생물학·방사능 핵·고성능 폭발	Defender  Mine Area Clearance Equipment (MACE) 	MV-48  Panther II 	ISR UGV (Chaos Gold) 	Local Area Network Droids (LANdroids) 
유지 정비 및 지원 • 공통 로봇 세트 • 폭발물 처리 • 호송대 • 군수지원/재보급	Immediate Visualization & Neutralization (IVAN) 	RC50/60  Mini-EOD  R-Gator  Andros HD-1  TALON IIIB  TALON IV  TALON/PackBot EOD 	SOF Beach Reconnaissance UGV 	DARPA - Legged Squad Support System  SOCOM - Autonomous Expeditionary Support Platform (AESP)

그림 5 국방부 무인지상체계

3.5. 무인해양체계

지역 경제의 번영을 위한 기회를 유지하고 창출하기 위해 90% 이상의 정보, 사람, 상품, 서비스가 해상을 통해 이동한다. 해적행위, 천연자원 분쟁, 마약 밀매, 무기 확산 등 새로운 위협에 대한 신속한 대응 능력이 모든 해양 지역에서 요구된다. 국방부는 해양에서 무인체계가 지원하는 다양한 임무를 지속적으로 확대하고 있다. 최근 한 연구는 무인 해양체계가 동맹군의 안보와 안정성을 개선하기 위해 NATO가 현재 수행하는 해양 임무에 중요한 능력을 제공할 잠재력을 갖고 있다는 결론을 내렸다.

무인항공체계와 무인지상체계처럼 무인해양체계는 생명을 구하고 인적 위험을 줄이며 지속적인 감시를 제공하고 운용비를 줄이는 잠재력을 갖고 있다. 무인해양체계의 우선순위 임무는 아래 나열되어 있다.

무인수상정(USV)은 무인잠수정(UUV)과 더불어 기뢰대항책(Mine Countermeasures, MCM)이 수반하는 ‘더럽고, 지루하고, 위험한’ 임무를 수행하는데 특히 적합하기 때문에 기뢰대항책을 수행하는데 중요한 역할을 할 것이다. 무인수상정은 집요함과 지속성으로 광범위한 기뢰탐색 및 제거 능력을 제공하고, 보조 또는 전용 플랫폼의 효과성을 증대시킴으로써, 비용이 절감될 수 있다. 또한 무인수상정은 기존에 기뢰전 임무를 수행하지 않은 플랫폼에 기뢰대항책 능력을 지원하는 잠재력을 가지고 있다.

-USV 임무기술, 해군 무인수상정 마스터플랜, 2007. 7. 23

무인해양체계 우선순위 임무
기뢰대항책
대잠전
해양영역인식
해양 안보

무인해양체계는 멈춰 있는 물의 위치를 바꾸는 무인함정으로 정의될 수 있으며, 두 가지 하위항목-무인잠수정(Unmanned Underwater Vehicles, UUV)과 무인수상정(Unmanned Surface Vehicles, USV)으로 구분될 수 있다. 무인수상정은 일반적인 선형, 수중익선, 반잠수정 등 수면과 거의 지속적으로 접촉하면서 운용되는 무인해양체계이다. 무인잠수정은 수면과 접촉이 없이 운용되도록 제작되었으며(통신 목적을 위해 수면 가까이에서 운용될 수도 있음), 일부 무인잠수정은 비밀리에 운용될 수 있다.

무인해양체계의 사용은 새로운 것이 아니다. 2차 세계대전 이후, 무인수상정은 기뢰제거 임무를 수행하고 각각의 원자 폭탄 시험 후에 해양의 방사능을 시험하기 위해 사용되었다. 또 다른 예로 베트남전 동안 사이공 남부 지역에서 원격 조종 무인수상정이 기뢰제거 작전들을 수행했다. 최근에는 무인잠수정은 2003년 이라크 자유 작전에서 기뢰제거 임무들을 수행했다. 무인해양체계의 상호보완적 조합은 연안전투함

(Littoral Combat Ship, LCS)의 기뢰대항책의 기반이 되며, 소형 무인잠수정은 항구와 천해지역에서 주요 기뢰 탐지 임무를 수행한다.

최근 해군연구소가 주최한 과학기술회의에서, Gary Roughead 해군참모총장은 해군성의 무인해양체계 목표를 표명하는 많은 발언을 했다. 해군참모총장은 해군 과학자들이 전력 소비 문제를 해결하기를 원한다. Nevin Carr 해군연구소장은 무인 해상영역에서의 필요를 충족시키기 위해 현재 이루어지고 있는 노력에 대해 설명했고, 이러한 기술이 미래에 적용될 수 있는 분야와 방법에 대해 설명했다. “탐구 중인 두 가지 옵션이 있는데 그것은 매우 장시간 동안 소량의 전력을 제공할 수 있는 연료 전지 기술과 방사성 물질을 활용한 열전기 발전기이다. 우리는 무인 급유기지를 설치하는 것을 고려할 수도 있다. 전방에 배치된 함정이 돌아와서 재충전 할 수 있도록 안전한 지역의 바닥에 원격으로 조종하는 유인 수중 발전기를 배치할 수도 있다”.

다음 그림은 무인해양체계가 오늘날 수행하는 작전과 미래에 계획된 작전을 지원하는 다양한 플랫폼과 해상 임무를 보여준다. 무인해양체계는, 특히 무인수상정은, 다음과 같이 통합 범위를 더 크게 확대시킬 잠재력을 갖추고 있다. ① 고정된 수중 센서 그리드를 대체할 경우 현재의 잠수정 및 해상함대를 지원하는 것, ② 잠수함의 영향력을 키우기 위해 무인잠수정과 분산 배치된 네트워크 센서를 사용하는 것, ③ 무인잠수정을 무기화하는 것.

그러나 현재 무인해양체계의 잠재력을 완전하게 실현시키는 데는 다음과 같은 한계가 있다.

- 내구성
- 수중 C2 및 교전 회피
- 열악한 환경에서의 생존력
- 진수 및 회수
- 동적 임무 수행, 검색(조회), 데이터 전송을 위한 통신 기술

이러한 도전과제는 기술적 탐구를 확대해야 할 분야이다. 이러한 도전에도 불구하고 무인해양체계의 미래는 매우 낙관적이다. 배치된 1세대 무인해양체계의 경험과 기여를 바탕으로 무인해양체계는 유인 함정과 잠수함의 센서 체계를 위한 단순한 연장 역할부터 자율성 확대를 통해 완전한 임무능력을 제공하는 FoS로 변화가 진행 중이다.

임무	무인 수상정	무인 잠수정
지뢰대항책	Mine Countermeasure (MCM) USV  Remote Mine-hunting System (RMS) AN/WLD-1 	Surface Mine Countermeasure (SMCM) User Operational Evaluation -System Increment 1 -System Increment 2  Battlespace Prep Autonomous Undersea Vehicle (BPAUV)  Surface Mine Countermeasure (SMCM) UUV 
대잠전	ASW USV 	 Sea Stalker  Sea Maverick Semi-Autonomous Hydrographic Recon Vehicle  Mk18 Mod1 Swordfish UUV Sys Mk 18 Mod 2 Kingfish UUV Sys Hull Underwater Vehicle / Hull Underwater Localization Sys (HULS) 
해상안보	SeaFox  Modular Unmanned Scouting Craft Littoral (MUSCL) Use Operational Evaluation 	Littoral Battlespace Sensing AUV Littoral Battlespace Sensing Glider  ECHO Ranger 

그림 6 국방부 무인해양체계

3.6. 무인체계의 도전과제

배치된 무인체계의 개수와 무인체계가 지원하는 임무 범위는 매우 빠른 속도로 계속 확대되고 있다. 국방부가 섹션 2에 기술된 비전을 추구함에 따라 무인체계의 잠재력을 완전하게 실현하기 위해 다음의 도전과제를 극복해야 한다. 다음의 하위섹션은 이러한 도전과제를 요약하고 이 문서의 나머지 부분은 세부사항과 각각의 도전요소를 다루기 위한 미래 목표를 제공한다.

도 전 과 제	
비용 적합성	상호운용성
	자율성
	공역 통합
	통 신
	훈 련
	추진 및 동력
	유인-무인 편조

3.6.1. 상호운용성

무인체계의 잠재력을 극대화하기 위해 무인체계는 서로 원활하게 공중, 지상, 해상 영역 전반에서 유인체계와 함께 운용될 수 있어야 한다. 시스템 상호운용성은 이러한 목표를 달성하는데 중요하며 강제 표준의 시행과 상호운용성 통합사업관리(Interoperability Integrated Product Team, I-IPT) 프로파일을 요구한다. 적절하게 시행이 된다면, 상호운용성은 전력승수의 역할을 수행하고 합동 전투능력을 개선시키며, 통합시간을 줄이고, 군수지원을 단순화시키며, 총소유비용(Total Ownership Costs, TOC)을 줄일 수 있다. 상호운용성을 극대화하고, 이러한 목표를 달성하는 가장 강력한 도구 중의 하나는 개방형 시스템 아키텍처 개념을 도입하는 것이다.

3.6.2. 자율성

무인체계의 신속한 확산과 무인시스템으로서 유인 및 무인체계의 동시 운용은 군의 인적 부담을 초래했다. 제한된 인력 문제 때문에 군은 운용 효율성을 개선하기 위한 방법을 찾고 있다. 예를 들어 시스템의 자율성을 증대시키는 것은 한 명의 운용자가 한 개 이상의 무인체계를 더욱 잘 통제하도록 할 것이며, 인력 부담을 크게 줄일 수 있는 잠재력을 갖는다. 추가적인 이점은 고대역폭 통신에 대한 수요를 크게 감소시키며, 결정 시간을 줄이는 것을 포함한다. 무인체계가 수집한 데이터의 Tasking,

Processing, Exploitation, and Distribution를 자동화시킴으로써 이와 유사한 효율성이 획득될 수 있다. 자율성은 주변 환경 조건들에 지능적으로 반응(예: 기류 활용/회피)하고 탑재 센서를 적절하게 관리하고, 처리함(예: 불 필요시 센서 끄기)으로써 무인체계의 내구성을 강화하는 것을 도울 수 있다. 자율성을 강화하는 것은 다음의 도전과제를 수반한다.

- 보다 유능한 자율 운용이 가능하도록 과학과 기술에 투자
- 어떤 결정이 어떠한 조건 하에서 안전하고 윤리적으로 위임될 수 있는지에 대한 정책과 지침 개발
- 자율성에 대한 “신뢰”를 입증 가능하도록 새로운 검증과 확인(Verification and Validation, V&V) 및 T&E 개발

3.6.3. 공역 통합

배치된 무인기 수의 급속한 증가는 NAS 내 접근과 국제 영공 내에서의 접근에 대한 큰 수요를 창출했다. 새로운 시스템을 시험하고 무인기 운용자를 훈련시키기 위한 영공에 대한 수요는 군 작전에 현재 이용 가능한 영공의 범위를 빠르게 초과했다. 그림 7은 향후 6년 동안 국방부 무인기가 배치될 장소에 대한 예상되는 숫자를 보여주며, 현재의 규제 환경 하에서는 많은 장소가 군 작전에 적합한 영공에 대한 접근을 갖지 못한다.

무인기의 NAS 접근은 현재는 주로 규제 준수 이슈와 임시 정책 때문에 제한되어 있다. 제한, 경고, 금지 지역 밖에서 실시되는 국방부 무인기 작전은 미 연방항공국(Federal Aviation Administration, FAA)의 (일시적인) 면제 또는 허가 인증(Certificate of Waiver or Authorization, COA)이 있을 때에만 공인된다. 면제 또는 허가 인증 절차는 낮은 빈도의 비행에는 적합하지만 현재와 미래의 작전 속도를 감안할 때 국방부의 광범위한 무인체계 임무를 달성하기 위해 필요한 영공에 대한 접근을 제공하지 못한다. 서남아시아에서의 전투 작전 감소로 인해 무기체계가 미국으로 돌아옴에 따라 이러한 제약사항은 더 커질 것이다.

미국의 무인체계 통합 로드맵

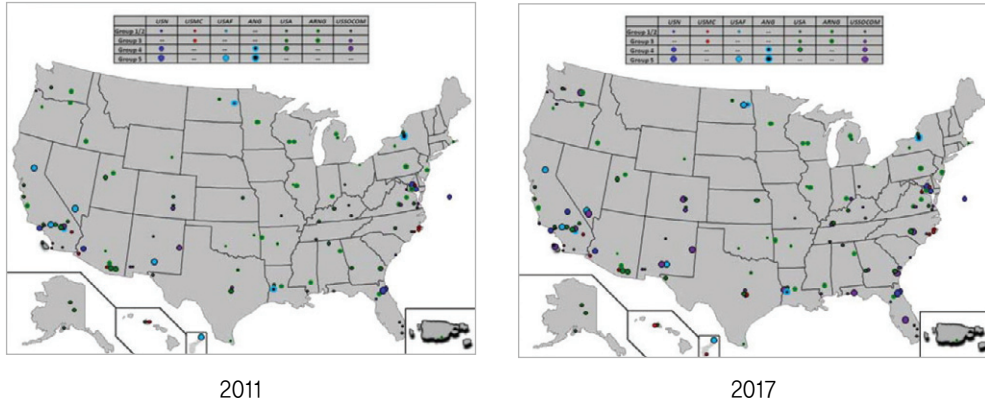


그림 7 2011~2017년까지 국방부의 대표적인 무인기 위치

3.6.4. 통신

현재의 무인체계 작전은 C2와 작전 데이터 전송을 위한 다양한 수단을 통해 무인체계와 사람간의 많은 상호작용을 수반한다. 이러한 통신 링크와 이를 통해 전달되는 정보 보호는 작전에 중요하다. 배치된 무인체계의 수가 증가함에 따라 통신 기획자들은 통신 링크 보안, 무선 주파수대역 가용성, 주파수와 대역폭의 충돌 회피, 네트워크 기반, 링크 범위 등의 도전과제에 직면한다. Tasking, Processing, Exploitation, and Distribution과 통신 도전과제를 다루기 위해 데이터 분석을 위한 지적 수단이 필요하다.

3.6.5. 훈련

전시 수요로 인한 무인기 수와 종류의 급속한 확대가 평시 체제로 전환되면 과거보다 더 지속적인 훈련이 필요할 것이다. 이것은 무인기 훈련 검토와 전반적인 전략 개발의 필요성을 초래했다. 현재, 실제 긴급 상황에서 무인 자산에 대한 수요가 높기 때문

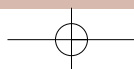
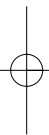
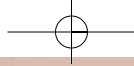
에 대부분의 일상적인 연속 훈련은 전장 전투 환경에서만 이루어진다. 동시에 국방부의 많은 조직은 무인기 훈련 요구조건을 처리하기 위해 다양한 노력을 쏟고 있다. 무인기 병력이 전장에서 철수하여 재배치됨에 따라 군은 무인항공체계 기지와 선별된 여러 합동 훈련장에서 평시 환경 하에 종합적이고, 지속적인 합동부대 훈련을 필요로 할 것이다.

3.6.6. 추진 및 동력

항공, 지상, 해양 임무 전반에서 무인기의 개발과 배치의 급격한 증가는 무인체계 추진 및 동력 요구조건에 대해 효과적이고, 강력하며, 종종 휴대가능하고, 군수지원이 가능한 설루션의 수요를 동시에 증가시켰다. 무인체계가 가치를 지속적으로 보여줌에 따라 운용자는 무인체계가 재급유를 하지 않고, 더 오래 작동하고 더 많은 임무를 수행하기를 원한다. 이러한 수요는 내부 전력원에 부담을 준다. 군과 업계 연구소는 추진 및 동력 장치의 개선 수요에 대해 효과적인 설루션을 찾기 위한 노력에 집중하고 있다. 에너지원과 상관없이 자율 반응에 사용되는 물질로부터 물리적 환경까지 무인체계의 총체적인 설계는 지속성(내구성)을 극대화하도록 최우선 고려가 필요하다.

3.6.7. 유인-무인 편조

유인-무인 편조는 통합된 팀으로 공동 임무를 수행하는 유인-무인체계 간 구축된 관계를 지칭한다. 미군은 기존의 유인 전력 구조 내에 무인체계를 통합하는데 있어 이른 진보를 보여 주었지만, 무인기술이 제공하는 잠재력을 완전하게 실현하기 위해서는 더 많은 노력이 필요하다. 유인-무인 편조의 개선은 기술적 도전과제(예: 시스템 연결)와 정책적 도전과제(예: 반자율 무인체계를 유인체계와 운용하기 위한 교전 규칙 설정)를 수반한다.





4. 상호운용성

- 4.1. 개요
- 4.2. 기능 설명
- 4.3. 현 상황
- 4.4. 문제점
- 4.5. 발전 방향
- 4.6. 요약

4. 상호운용성

4.1. 개요

여러 영역에 걸쳐 전투원들이 끊임없이 지휘·통제·통신하고, 무인체계로부터의 센서정보를 이용하고, 공유할 수 있는 것은 분명한 이점을 가지고 있다. 미국 국방부 무인항공체계(UAS) TF가 주도하는 무인체계 상호운용성 이니셔티브(UI2)에 따라 유인 및 무인체계의 전 영역에 걸쳐 활용할 수 있는 전략을 수립하는 장기 비전을 가지고 무인체계의 상호운용성을 높이기 위한 중요한 전략을 개발하고 있다. 국방부의 목표는 협력적 작전 환경을 이끌어내기 위해 독자적인 각 군/기관만의 방식에서 상호운용성 표준을 실질적으로 개선시키는 방향으로 나아가는 것이다.

무인항공기(UAV)의 상호운용성의 부족은 미군의 작전운동에 실제로 영향을 가져왔다. 어느 한 군의 무인항공기가 수집한 정보를 다른 군 및 구성군과 공유할 수 있었더라면, 특정지역의 특정위협에 대해 더 나은 상황인식을 할 수 있게 되어 다른 조치를 취할 수 있었을지도 모르는 사례들이 있었다.

– Dyke Weatherington (PSA/UW)

4.2. 기능 설명

상호운용성은 주어진 임무를 수행할 때 시너지를 발생시키는 능력이다. 상호운용성이 적절히 활용된다면, 전력승수로서 역할을 수행하여 전투원의 능력을 향상시키고, 통합스케줄을 감소시키며, 군수(지원)을 단순화시키고, 총 소요비용을 줄여 줄 수 있다. 미 국방부 훈령 DoD Directive 5000.1은 상호 운용 가능한 시스템과 FoS를 획득하도록 요건을 설정하고 있다. 국방부의 무인체계는 다양한 분야에서 상호운용성을 입증하지 않으면 안 될 것이다.

- 같은 혹은 다른 시스템의 유사한 구성품들 간 상호운용. 무인체계상의 다른 센서들의 플러그 앤드 플레이 사용
- 같은 방식(modularity)의 다른 시스템 간 상호운용. 다수의 이기종 무인체계에 대한 개방형 공통 지상통제소(GCS)
- 각기 다른 방식의 시스템 간 상호운용. 항공, 지상, 해양용 체계들이 상호 협력적으로 임무 수행하는 능력
- 다양한 CONOPS(작전개념) 및 TTP(전술, 전기, 절차)하에(즉, 합동 작전시) 각기 다른 군 기관들이 운영하는 시스템 간 상호운용. 공동의 과업이나 임무를 수행하기 위해 협력하여 운영하는 합동군무 시스템
- 다양한 CONEMP(운용개념)과 전술, 전기, 절차 하에서(즉, 다국적 연합작전 또는 NATO 표준화협정에서) 연합군 및 동맹군이 운영하는 시스템 간 상호운용. 미리 정해진 역할 및 책임에 입각하여 공동의 과업 및 임무를 협력하여 실행할 수 있는 연합군 및 동맹군의 시스템 능력
- 공통 환경에서 군 시스템과 다른 독립기관이 운영하는 시스템 간 상호운용. 군의 무인항공체계가 민항기 및 범용항공기와 NAS(국가공역체계) 및 국제공역을 공유할 수 있는 능력

미국의 무인체계 통합 로드맵

- 비 국방부 조직, 동맹국 및 다국적 연합국 파트너가 운영하는 시스템 간 상호작용(즉, 연합작전시), 세관국경보호국(CBP), 국토안보부(DHS)와 같은 조직이 보유한 자산이 같은 방식과 모델로 된 국방부 자산과 협조하고 상호운용하며 정보를 교환할 수 있는 능력

무인시스템의 상호운용성 목표는 데이터, 정보, 물자, 서비스를 다른 시스템, 단위부대, 군부대에 제공하고 그들부터 동일한 것을 받을 수 있는 능력이며, 교환된 데이터, 정보, 물자, 서비스를 사용하여 효과적으로 협력적인 작전을 운용하는 능력이다.

합동무인항공기시스템(JUAS COE) 연구소는 UAS에 대한 합동 작전개념을 책임지고 있는데, 이것은 무인항공체계의 운용, 통합, 상호운용성에 대한 합동 비전을 제시하고 위에서 언급한 분야를 다룬다. 다음 그림은 영역 간 합동 상호운용성을 보여준다.

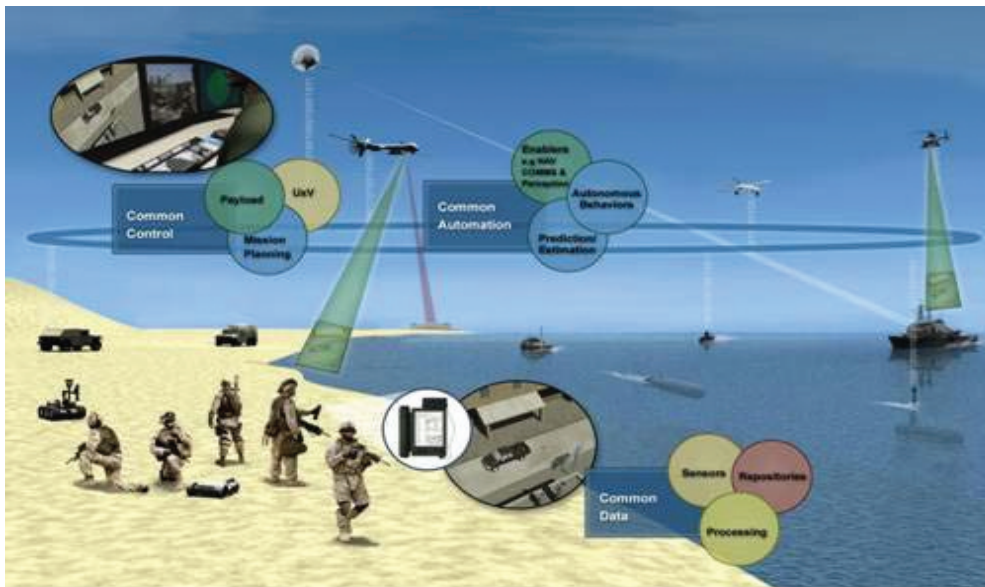


그림 8 합동 공통작전환경(JCOE)

4.3. 현 상황

소프트웨어와 하드웨어 획득에 대한 과거의 접근방식은 각 시스템이 특정한 임무와 능력을 수행할 수 있도록 전용 설계에 의존하였다. 이러한 접근방식은 단일 시스템에는 최적일수도 있지만, 불행하게도 기능이 상당히 중복되면서 통합되지 않고 분절된 설루션들의 집합만을 만들어내고 각 시스템의 공통 컴포넌트를 사용할 수 있는 방법도 없다.

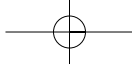
개방형 아키텍처(OA)는 다음 개념들을 효과적으로 활용하여 시스템 간 상호운용성을 촉진시킨다.

- 시스템 요구사항에 공통 능력 서술
- 시스템 설계시 공통의 공개된 데이터 모델, 표준, 연동, 아키텍처 사용
- 시스템 획득 전략으로 공통 컴포넌트 활용

미 국방장관실은 개방형 시스템설계 원리와 아키텍처를 적용시키고 활용하는 합동 상호운용 시스템을 개발하기 위한 프레임워크를 제공하는 다면적인 전략이라고 개방형 아키텍처를 정의한다.

이러한 프레임워크는 다음과 같은 역할을 하는 일련의 원리, 절차, 모범적 실무를 포함한다.

- 경쟁과 혁신의 기회를 더 많이 제공한다.
- 저렴하고 호환성 있는 시스템을 신속하게 배치한다.
- 총 소요비용을 최소화한다.
- 전체적인 시스템의 성능을 최적화한다.
- 쉽게 개발하고, 개선할 수 있는 시스템을 생산한다.
- 컴포넌트 소프트웨어 재활용을 달성한다.



미국의 무인체계 통합 로드맵

소프트웨어, 구성품, 시스템 상호운용성에 대한 견고한 프레임워크는 이러한 대부분의 획득 이슈의 해결을 도와준다.

전통적으로 체계 기능 명세에 노력을 집중해 왔고, 표준 기반 상호운용성을 달성하기 위해 메시지 계층(즉, 무인체계합동아키텍처(JAUS) 및 표준화협정 4586)에 중점을 두었다.

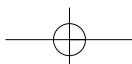
Plug-and-Play 상호운용성 일반 정의의 3원칙
시스템 기능 명세와 아키텍처
메시징 표준(예 STANAG4586, JUAS, USMTF)
데이터 모델(포맷, 정의, 의미, 분류 등을 포함)

그러나 위에 나열된 일반 정의의 원칙과 이해는 참된 플러그 앤 플레이 수준의 상호운용성을 달성하는데 요구되는데, 이러한 상호운용성을 통하여 여러 공급업체로부터의 소프트웨어 제품 성능이 단일 체계로 통합될 수 있고, 또 다른 시스템과의 데이터 교환, 해석, 실행이 가능하다.

상기 3개 원칙의 실행과 프로그램 수준의 채택을 통해 국방부는 획득시스템에서 독점적 공급업자에 의존하는 이슈를 해결하고, 완전경쟁을 허용하는 여건을 조성하고자 한다.

4.4. 문제점

지난 10년 동안 미 국방부는 평시 및 전시 작전시 무인체계 사용을 통해 상당한 성과를 달성했다. 이러한 성과는 무인체계의 획득 증가로 이어졌고, 향후에는 무인체계 응용제품의 수량과 다양성도 대폭 늘어나게 될 것이다. 전통적으로 각 무인체계는 차량체계, 관제소, 통신 채널과 암호화 기술로 구성되는 수직 통합 독점 설루션으로서 조



현 접근방식의 문제점
• 활용성 부족으로 다른 플랫폼에 대해 유사 기술을 반복 개발 하는데 연구개발 시험평가 예산을 비효율적으로 사용하는 결과를 초래
• 무인체계의 특허에 따른 성능 개량 및 업그레이드의 어려움
• 소기업에서 수행되는 연구개발을 활용할 수 없음
• 일정을 통제하고 관리하려는 동기가 거의 없는 대형 벤더회사들과 수직적 통합업체들에 대한 의존

- 활용성 부족으로 다른 플랫폼에 대해 유사 기술을 반복 개발 하는데 연구개발 시험평가 예산을 비효율적으로 사용하는 결과를 초래
- 무인체계의 특허에 따른 성능 개량 및 업그레이드의 어려움
- 소기업에서 수행되는 연구개발을 활용할 수 없음
- 일정을 통제하고 관리하려는 동기가 거의 없는 대형 벤더회사들과 수직적 통합업체들에 대한 의존

달되었다. 이 단일 시스템에서 파생된 제품은 전형적으로 독점 연동 방식을 활용한 ‘폐쇄된’ 시스템이었다. 플랫폼 주요 계약자를 거쳐 부품과 전체로 획득된 것의 상호 긴밀한 연계를 통해 전체 시스템 개발이 이루어졌다. 군 예산 내에서 계획된 신형 무인 체계의 수가 증가하면서, 개발시 연구개발 및 시험평가 요구사항에 대한 중요도는 대 폭 높아졌다. 비용뿐 아니라 이러한 접근법은 불합리한 획득이 발생하고, 위에서 언급 했듯이 개선을 저해하는 경우가 많이 생긴다. 호환성 및 표준이 부족하다는 점을 목인 한 결과, 이를 극복하기 위한 의사소통이 원활하지 못했다. 시간이 흐른 뒤 이는 혁신 을 저해하는 요소로 자리잡았고, 공통된 특징에 발생하는 문제점이 여러 체계에 영향 을 주는 위협이 될 경우에는 취약성이 증가했고, 시스템 엔지니어링 개발, 테스트에 대 한 복잡성이 증가하였으며, 관리비용이 늘어나고, 다수 시스템의 상호운용 의존도가 변화하지 않는다면 개선될 수 없는 시스템에 대한 비용이 증가하였으며, 예산이 교차 될 수 있는 부분으로서 각 부문 간 통합 및 호환성에 위협을 주는 예산 규정이 만들어 졌다.

이러한 이슈들은 무인체계 획득에 심각한 피해를 가져왔다. 하지만 전시에는 빠른 전개를 위하여 이러한 우려를 뒤로 하려는 지시가 필요하다. 하지만 무인체계 산업이 발전됨에 따라, 획득절차도 동시에 진화될 수 있다. 무인체계 내에서 호환성을 확보하 는 것은 이러한 목표를 달성하는데 도움이 될 것이다.

4.5. 발전 방향

상호운용성 목표를 달성하려는 기술적 접근은 상호운용성과 개방형 아키텍처 간 긴밀한 연계성을 활용하는 것이며, 이는 여러 요소로 구성되어 있다. 다음에 제시된 각각의 사항이 요구되며, 그 어떤 것도 그 자체만으로는 개방형 아키텍처를 실행하기에는 어려움이 따른다.

- 개방형 아키텍처 개념을 지원하는 표준 데이터 모델과 서비스 정의 개발
- 무인시스템을 걸쳐 확장하고 개조하며 제작하기 위해, 그리고 소프트웨어 컴포넌트 재활용을 지원하기 위해 전군에 걸쳐 사용할 수 있는 모델, 소프트웨어 컴포넌트, 인터페이스 표준, 인프라 서비스를 저장, 관리하는 여러 리포지터리의 개발. 이러한 리포지터리들은 COTS(상업적 기성품) 솔루션이 가용하다면, 상업적 기성품 사용을 권장해야 하며, 이전의 노력이 문제가 됐던 것처럼 ‘한 곳에 집중된 병목(독점을 의미)’이 되도록 하기 위해 만든 것이 아님. 목적은 최상의 수행방법과 인터페이스, 구현 내용에 대해 전군에 여러 데이터 수집소를 제공하는 것이 목적임.
- 리포지터리를 확장하고 관리하며, 컴포넌트를 검증해 주기 위한 정부, 업계, 학계간 협력
- 기 개발 시스템과 현재 개발 중인 시스템을 개방형 아키텍처로 전환

현재의 상호운용성 표준을 준수하기 위해서 국방부는 서비스가 표준에 부합하는 것을 보장하는 나선형 및 점증적 개발 계획에 더 의존하게 될 것이다.

4.5.1. 개방형 아키텍처(OA)

개방형 아키텍처는 공통적인 일련의 인터페이스와 서비스; 관련된 데이터 모델; 건설한 표준 데이터 버스, 개발을 촉진하기 위한 정보 공유 방법을 활용한다. 개방형 아키텍처는 모든 단계의 시스템 설계에서 구현 가능한 공개된 표준 인터페이스와 함께

상업적 기성품 컴포넌트를 사용한다. 이러한 접근방식은 벤더에 특화된 독점적 스토브 파이프형 설루션을 피하고 혁신을 잘 포착하여 시스템 설계와 잘 통합될 수 있도록 한다. 개방형 아키텍처 접근은 시장 기회 확대와 시험과 통합의 단순화, 프로그램 수명 주기 동안 재활용 제고를 고려한다. 해군 함정 현대화 프로그램은 이러한 노력의 일환이다.

개방형 아키텍처 프로세스는 혁신을 장려하고 경쟁자 간 정보 공유를 허용하고, 이러한 협력에 대해 정부와 업계에 보상을 가져다 줄 것이다. 또한 가치 있고, 저렴하며, 혁신적인 기술 및 기능의 원천으로서 체계 획득 활동에 소기업을 포함시키도록 허용한다. 그 결과로 더 좋은 제품이 산출된다.



국방부 무인체계는 다양한 프로그램, 아키텍처, 획득 접근방식으로 구성된다. 개발 및 획득의 공통 프레임워크를 만들기 위해서 국방부는 개방형 아키텍처와 서비스지향 아키텍처(SOA) 원리를 도입했다. 개방형 아키텍처는 시스템 개발 및 획득에 사용되는 계약, 아키텍처, 비즈니스 프로세스 방법론인 반면, 서비스지향 아키텍처는 '서비스'라 불리는 호환되고 상호운용 가능한 소프트웨어 컴퍼넌트를 사용하여 표준화된 아키텍처로 소프트웨어를 설계하는 특정 방식이다. 이 두 방법을 병행하면, 그 결과는 공통의 엔지니어링 구축 개념 안에서 소프트웨어를 획득하는 비즈니스적 접근법이 되어 재활용, 비용절감, 경쟁, 기회증대, 확장성, 혁신, 유사시스템 간의 상호운용성을 촉진하게 된다.

서비스지향 아키텍처는 시스템 개발 및 통합 단계 동안 사용되는 일련의 원리 또는 관리 개념을 제공한다. 이러한 형태의 아키텍처는 그것을 사용하는 다양한 비즈니스

미국의 무인체계 통합 로드맵

영역의 맥락 내에서 상호운용 가능한 서비스를 하나로 묶어 기능으로 처리한다. 서비스지향 아키텍처는 새로운 서비스를 결합하여 기능을 확장시키며, 이 새로운 서비스는 별도로 개발되었지만, 시스템의 공통 프레임워크 내에서 새로운 능력으로서 통합된다. 새로운 서비스를 결합하여 기능을 확장시키며, 그들 간 인터페이스는 어플리케이션 특성이나 비즈니스 논리와는 독립적이고, 이러한 독립성 덕분에 인터페이스가 어플리케이션 변경을 민첩하게 지원하고 서로 다른 종류의 소프트웨어와 하드웨어 환경에서도 원활하게 작동할 수 있다.

프로그램과 지금까지의 노력은 토대가 되는 선정된 기술과 함께 무인체계의 성능 요구사항과 정의를 밀접하게 연계시킨다. 빠르게 변화하는 기술을 고려하여 무인체계 아키텍처는 기술종속이 전혀 없는 플랫폼 독립 모델(PIM)수준에서 정의됨으로써 큰 이점을 확보할 수 있게 될 것이다.

플랫폼 독립 모델 수준은 도메인, 소프트웨어 컴포넌트, 인터페이스, 상호작용 패턴, 데이터 요소의 정의를 고려하여, 이들을 일련의 특수한 컴퓨팅, 통신, 미들웨어 기술에 맞추어 평탄화하지 않는다. 이러한 접근 방법은 기술 독립적 설계를 가능케 할 뿐 아니라, 모델 주도형 엔지니어링 원칙으로 공식화되어 상호운용성을 촉진시킨다.

최소한 일련의 공통 인터페이스와 메시징 표준이 상호운용성을 위해 필요하다. 메시징 구문이 정확히 분석되고 연동되었을지라도 데이터가 무엇을 뜻하는지에 대한 공통의 의미론적 이해 없이는 상호운용성이 결여될 가능성이 높다. 따라서 데이터 모델링이 상호운용 가능한 시스템을 정의함에 있어 독립적이고 핵심적인 면을 갖는다는 점을 인지하는 것이 아주 중요하다. 이러한 측면은 특정 데이터 아이템이 어떤 정보를 주는지에 대해 공통된 이해가 있다는 것을 보장하기 위해 정의, 분류, 그리고 기타 의미론적 정보를 구체적으로 명시하는 것을 포함한다.

이러한 접근방법은 다양한 조직체가 1개 이상의 서비스를 개발하는 과정에 참여하도록 지원하며, 혁신, 유연성, 성능을 높여준다. 하지만 서비스지향 아키텍처는 개방형 아키텍처 실행에 있어 오직 1개의 접근방법을 제시한다. 어떤 프로그램에서는 서비스지향 아키텍처가 필요하지 않는다. 프로그램 매니저는 실행하기 위한 적합한 아키텍처를 결정해야할 것이다. 서비스지향 아키텍처 접근법이 사용되는지 여부와 관계없이 국방부는 소프트웨어 개발 시, 개방형 아키텍처 접근법을 강제화하였다. 프로그램 매니저는 프로그램 및 기술적 분야에서 모두 개방형 아키텍처를 지원하는 환경을 시행하는 책임이 부여될 것이다.

4.5.2. 서비스 리포지터리

국방부는 소프트웨어 및 서비스 재활용 과제와 관련하여 만병통치약과 같은 설루션이 없다는 것을 알고 있다. 하지만 서비스 리포지터리는 국방부 내에서 공통성, 재활용, 노력의 중복 감소에 대해 늘어나는 요구를 충족시키고 있으며, 이러한 것들이 통합되어 공통 인터페이스를 활용함으로써 상호운용성을 돕는다. 프로그램들은 기획 및 실행시 서비스 리포지터리를 사용하기 위해 거기에 접근할 수 있게 된다. 게다가 프로그램들은 향후 재사용을 위해 서비스를 리포지터리에 제공하도록(정부 데이터 권한

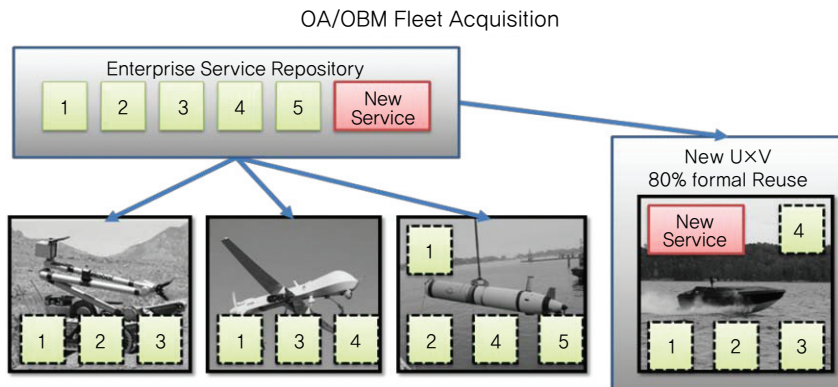


그림 9 엔터프라이즈 서비스 리포지터리를 통한 크로스 도메인 서비스 재사용

미국의 무인체계 통합 로드맵

계약 조건 내에서) 권장하고 있다. 리포지터리 내에서 소프트웨어로 충족될 수 없는 요구사항들을 가지고 있는 프로그램의 경우에는 기능을 추가하기 위해 현 서비스를 확장할 수 있으며, 이러한 접근방법은 아주 새로운 기능을 창출해 내는 것보다 비용을 절감시켜 줄 것이다.

이러한 리포지터리를 구축하는 것은 공통 프레임워크로 서비스를 개발하도록 현존하는 그리고 다음번 표준의 채택과 함께 개방형 아키텍처에 대한 헌신적 노력을 필요로 한다.(예: 자동차공업협회 무인체계형 합동아키텍처, 표준화협정 4586, UCS) 또한 도구들은 채택을 용이하게 하고 학습 곡선을 줄이고 확인과 입증 능력을 제공하기 위해 필요하다. (그림 참조)

개방형 아키텍처는 컴포넌트들이 각각의 전쟁 영역이나 임무에 대해 재개발되는 것보다는 한 번에 개발되도록 허용한다. 개방형 아키텍처는 소프트웨어의 재활용과 개방형 인터페이스를 활용하여 핵심 소프트웨어의 재개발로 불필요한 비용이 발생하지 않도록 한다. 이 섹션에서 기술된 개방형 아키텍처 접근법은 재사용가능한 제품을 개발하기 위한 목적에서 모듈방식, 재활용성, 상호운용성, 가격적합성, 경쟁의 원칙을 준수하도록 정부, 업계, 학계 간 협력을 활용한다.

개방형 아키텍처 접근법의 시행을 통해 국방부는 새로운 획득프로그램과 사용 중인 프로그램에 대해 도메인서비스포트폴리오(DSPM)관리 리포지터리를 개발하고 구축할 것이다. 이 리포지터리는 새로운 시스템을 설계하거나, 기존 시스템을 수정하기 위해 표준 아키텍처, 설계 가이드라인, 서비스 인터페이스, 명세사항 등 프로그램 관련 소프트웨어 서비스정보를 포함하게 될 것이다. 프로그램들은 소프트웨어 재사용이 가능할 경우, 도메인서비스포트폴리오 리포지터리를 참조하도록 요구될 것이다. 프로그램은 새롭고 독특한 소프트웨어와 서비스를 설계할 때, 정부 데이터 권한(Government Data Rights)의 제약 내에서 도메인서비스포트폴리오 리포지터리에 새로운 정보를 입력하고, 해당 서비스가 재활용이 되도록 해야 한다.

4.5.3. 협력 커뮤니티

국방부는 상호운용성과 공동표준을 다루기 위해, 공개 포럼에서 정부, 업계, 학계 간 협력을 촉진하는 중요성을 오랫동안 인식해왔다. 이를 위해 상호운용성과 관련된 도전과제에 대응하기 위해 여러 통합된 제품팀, 실무그룹, 그리고 기타 단체들이 국방차관실의 지원 하에 구축되어 왔다. 이러한 포럼은 정부가 업계의 말단직원에서부터 중역까지 모든 직급의 사람들과 협력해 왔으며, 국방부 직원이 단순히 고객만이 아니라, 시스템과 아키텍처 설계 과정에서 지원을 제공하도록 해왔다. 이러한 협력 커뮤니티는 다양한 국가 및 국제 표준 기관 내에 존재하며 무인체계 영역(예: 무인항공체계, 무인지상체계, 무인해양체계)에 적용되고, 주요 교차 영역뿐만 아니라 영역에 특유의 능력도 다룬다. 국방부는 개방형 아키텍처의 개발을 촉진시키기 위해 이러한 타입의 협력을 지속적으로 지원하고자 한다. 현존하는 이러한 커뮤니티는 다음과 같다.

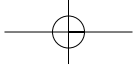
- 국방차관실의 공인된 무인항공기 태스크포스는 국방부의 주요 무인항공기 이슈를 조율하고 작전을 향상시키며 상호의존을 가능하게 하고, 상호운용성을 촉진시키며 무인항공기의 획득절차를 간소화하는 방법을 개발한다. 무인항공기 태스크포스 내에서 IPT는 전 군의 무인항공기 상호운용성을 촉진시키는 역할을 한다. IPT는 주요한 조율 포럼을 조성함으로써 군의 획득조직과 업계 파트너들이 배치된 무인기 기반구조, 개별 시스템, 적합한 유인 무기시스템과 C2 기능을 갖춘 인터페이스 내에 상호운용성을 구축하게 할 아이디어를 공유하도록 한다.
- 국방과학기술감독그룹(AS&TAG) 지침에 따라 Autonomy Systems Community of Interest (Col)는 자율시스템개발을 위한 국방부의 S&T 투자를 면밀하게 조사한다. 특히, Autonomy Systems Community of Interest는 주요 기술 개발을 선도하고 착수하기 위한 잠재적인 투자처를 규정하고, 자율 시스템을 개발하고, 발전시키기 위한 도전과제, 격차, 기회를 전략적으로 평가한다.

미국의 무인체계 통합 로드맵

- 미국 국립지리정보국(NGA)은 미국 정보기관과 국방부 전투지원단에 소속되어 있다. 미국 국립지리정보국은 민간 및 군 관계자를 지원하고, 지형공간정보 이미지와 이미지정보, 지형자료(지도, 차트, 측지학) 및 기획, 의사결정, 실천을 위한 지식기반을 보장하는 정보를 제공함으로써 미군의 준비태세에 기여하도록 한다. 또한 미국 국립지리정보국은 홍수 예방, 자연재해 복구 및 평화유지 활동과 같은 인도주의적 활동에도 기여하고 있다. 미국 국립지리정보국은 무인체계 임무기획 및 무인항공기 비행운용을 위해 무인체계, 측지학 및 지구물리학적 데이터, 이미지와 정확한 위치 및 표적 데이터를 제공한다. 지형공간정보는 항공 항법데이터와 항행안전 정보, 수직 장애요소, 디지털 지표 양각 데이터와 수로 데이터를 포함한다.
- NATO 무인항공기 합동능력그룹(JCGUAV)은 무인 항공기의 상호운용성을 지휘한다. 무인항공기 합동능력그룹은 2006년 3개의 NATO 무인항공체계 관련 그룹(PG-35, Air Group 7, and Task Group 2)을 포함시켰다. 지금까지 달성한 주요 성과로는 무인기 메시지 포맷 및 데이터 프로토콜에 대한 표준화협정 4586, 무인기 감항성 표준에 대한 표준화협정 4671, 1991년 이후 미 국방장관실이 의무화하고 있는 공통 데이터 링크 통신체계에 대한 표준화협정 7085이 있다.
- NATO의 정보수집, 감시, 정찰 합동능력그룹(JSGISR)은 NATO와 다국적 연합군 ISR 시스템간의 상호운용성을 제공하며, 이미지 포맷, 인터페이스, 데이터저장 인터페이스, 동작화면, 전자정보수집 보고와 영상 시스템 데이터링크와 관련된 표준을 포함한다.
- I-IPT에 의해 제작된 현 무인항공체계 상호운용성 프로파일(UAS System Interoperability Profiles, USIPs)은 관제소와 가시선 및 가시선 초월 시나리오용 항공기 사이의 탑재체 제품들과 데이터 링크에 대한 표준 인터페이스를 규정한다. 미래형 무인체계 상호운용성 프로파일은 상호운용성이 데이터 암호화, Bandwidth Efficient Common Data Link(BE-CDL) 등의 추가적인 데이터 링

크 기술, 미래형 센서에 의해 제공되는 향상된 성능기술과 같은 다른 양상들을 포함하도록 할 것이다.

- 무인체계 합동아키텍처(JAUS)는 무인지상차량용 공통 메시지 포맷 및 데이터 프로토콜 세트를 구축하기 위해서 Redstone Arsenal에 있는 항공, 미사일, 연구 개발 엔지니어링 센터의 육군 무인지상차량 프로그램 본부에 의해 1995년에 만들어졌다. 무인체계용 합동아키텍처를 국제산업기준으로 바꾸기로 결정한 후에 프로그램 본부는 2004년 8월 AS-4 무인시스템위원회를 설립했으며, 로봇공학 경험을 보유한 표준개발기구인 자동차공학협회(Society of Automotives Engineers, SAE)를 접촉했다. AS-4는 공식적 실행 이전에 추천 포맷 및 프로토콜을 테스트하기 위해 요구사항, 능력, 인터페이스, 실험 태스크포스에 초점을 맞춘 3개의 하부위원회를 두고 있다. 자동차공학협회로의 이동이 완료된 후 무인체계용 합동 구조 인터페이스 정의 용어(JSIDL), 핵심서비스, 이동성서비스, 조작서비스, 환경감지 서비스에 초점을 맞춘 자동차공학협회 무인체계 합동아키텍처 표준의 첫번째 세트에 관한 투표와 그에 따른 출시가 진행되었다. AS-4가 무인지상차량의 메시지 포맷과 데이터 프로토콜 외에 무인체계의 다른 양상에 대한 표준을 만드는 멤버들에게 공개되지만, 이 폭넓은 작업의 상당 부분은 현재 무인항공체계와 관련된 다른 표준개발 조직들이 담당하고 있다. 표준화협정 4586은 무인체계 합동아키텍처의 무인항공 조직이다.
- 연안 어뢰전의 해군 프로그램 상급참모는 2005년에 무인잠수정, 무인수상정, 무인지상차량에 사용하기 위한 무인체계형합동아키텍처 메시지 포맷과 데이터 프로토콜을 공식적으로 승인했다. SAE AS-4를 다루면서 해군수중전센터는 무인해양체계 커뮤니티를 지원하기 위해 무인체계형 합동아키텍처를 확장하게 되었다. 무인체계형 합동아키텍처 포맷과 직접적으로 호환되는 무인해양체계 메시지 포맷의 비율은 21%밖에 되지 않지만, 무인체계형 합동아키텍처 개발의 기반이 되었던 2D 무인지상차량과 비교해 3D 무인지상차량에서는 무인해양체계 작전 때문



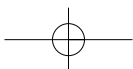
미국의 무인체계 통합 로드맵

에 필요한 새로운 포맷의 비율이 높게 나타났다. 무인체계형 합동아키텍처 서비스의 무인잠수정 변형기종이 활발히 개발되고 있으며, 표준개발조직의 AS-4 위원회에 소개되었다.

- 국방차관실의 지침에 따라 무인항공체계 태스크포스는 UAS Groups 2에서 5까지 (DoD UAS for Grouping 그림 2 참조) 지원하는 공통의, 확장 가능한 개방형 무인항공체계 아키텍처를 개발하고 시연하는 업무를 담당하는 UAS Control Segment(UCS) 실무 팀을 공인했다. UAS Control Segment 실무그룹은 정부와 업계 대표로 구성되어 있으며, 모든 참여자가 특정 관심 영역에서 기여하도록 격려되는 기술 사회모델을 사용하여 운영된다. 이러한 노력은 현재의 육군, 공군, 해군의 최선의 개발 방안들을 반영하지만, 다음의 요소들을 포함하며, 이러한 것들로만 한정되지는 않는다.
 - 공통 기능 아키텍처, 인터페이스 표준, 비즈니스 규칙에 대한 정의
 - 공개소스 및 정부소유 소프트웨어의 적절한 사용
 - 경쟁력 있는 획득 방법
 - 이전에 정의된 체계 틀의 모든 운용 요구조건을 지원하는 메시지 세트의 개선

공통 능력 명세, 표준, 데이터모델, 아키텍처에 대한 정의와 함께 국방부는 개방형 아키텍처 도구 개발을 지속적으로 장려하고 개방형 아키텍처 개념을 수용하는데 있어 체계 획득과 개발을 지원한다. 이러한 노력들은 소프트웨어 개발부터 아키텍처 완성까지 기술 및 무인체계 영역 전반에 적용되며 모든 군의 무인지상차량, 무인해양정, 무인항공기들을 다룬다. 이러한 장비의 예는 다음과 같다.

1. 무인체계형 합동구조 도구세트는 개발자들이 무인체계형 합동아키텍처의 세부사항들을 익힐 필요 없이 무인체계형 합동아키텍처용 소프트웨어 컴포넌트를 조립하는 것을 돕는 도구이다. 무인체계형 합동구조 도구세트는 무인체계 설계자가 Graphical User Interface(GUI) Service Editor, 검사기, 내부 저장소, C++ 코드 생성, 하이퍼



텍스트 기술용 용어 문서 생성을 제공함으로써 메시지, 프로토콜 및 기타 고려사항들 보다는 행위에 초점을 맞추도록 한다.

해군과 국방차관실은 무인체계형 합동구조 도구세트 사용을 지원하고 장려하며, 개발 및 획득시 이를 성공적으로 반영시킨 바 있다. 프로그램에서 무인체계형 합동구조 도구세트를 사용하는 것은 획득 공급망과 연구개발 시험평가 커뮤니티의 많은 이해 관계자들이 상당한 혜택을 볼 수 있도록 한다. 이러한 혜택은 능력의 실질적 평가를 위해 판매 업체들 간의 공정한 경쟁의 토대를 형성하고, 무인체계에 대한 업체의 독점적 거래를 줄이며, 재활용을 위해 개발되어 왔고, 가용한 무인체계형 합동아키텍처 서비스 리포지터리의 개발을 도모하는 것을 포함한다. 무인체계 합동아키텍처는 무인체계 합동아키텍처를 준수하는 시스템을 개발할 때 진입장벽을 낮추고 시장을 중소기업에 개방하며, 핵심기술에 초점을 맞춘 경쟁과 혁신을 유도한다. 게다가 무인체계형 합동아키텍처는 승인된 공통 평가 능력을 제공하는데, 이는 시스템이 무인체계형 합동아키텍처를 지속적으로 따르는 것을 보장하는데 있어 매우 중요하다.

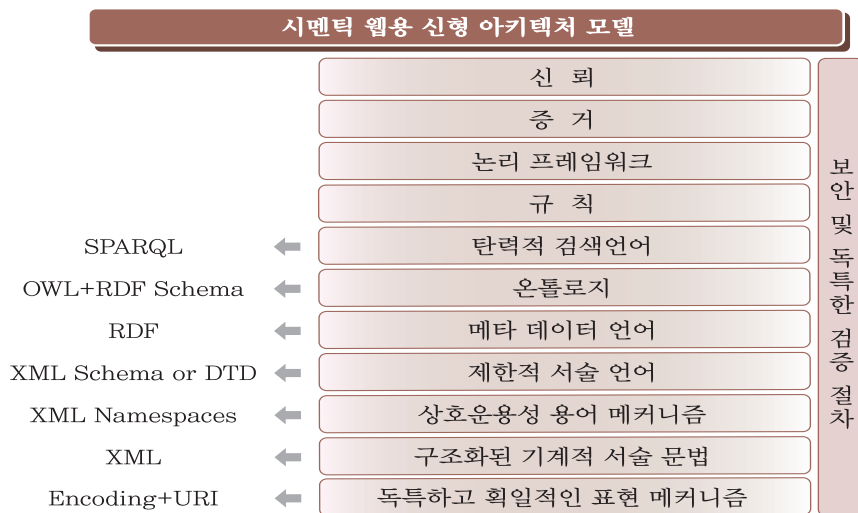


그림 10 시멘틱 웹용 신형 아키텍처 모델

2. 표준화협정 4586 Compliance Toolkit(4586CT)은 수동형 쌍방향 자동화 테스트 능력을 갖춘 통합 소프트웨어 도구 세트이다. 주요기능은 표준화협정 4586과 ‘사적’ 메시지(서비스나 임무 또는 플랫폼에 특정한 요구사항을 지원하기 위해 정의됨)에 대해 데이터 링크 인터페이스 메시지의 구조와 내용을 점검하는 것이다. 이러한 비침입식 기능은 실시간 또는 작동 후 분석시 제공된다. 추가적으로 4586CT는 수동 모드(엔지니어가 자료 링크 인터페이스 메시지를 모니터하고 네트워크에 입력하는 곳) 또는 자동화 모드(사용자가 정의한 스크립트와 절차에 따라 4586CT가 직접적으로 다른 자료 링크 인터페이스시스템과 상호작용하는 곳)에서 다른 자료 링크 인터페이스 호환시스템과 상호운용 가능하다.

이러한 기능들은 4586CT가 STANAG 4586과 관련된 무인체계의 메시지 수준과 더 높은 프로토콜 세션 수준에서, 그리고 다른 특정 상호운용성 프로파일에서 규정 준수 테스트를 수행할 수 있도록 한다. 복잡한 자료 링크 인터페이스 메시지 다이얼로그는 점검될 수 있으며 4586CT로 확인되는 체계 상호작용 순서가 사용자 정의 시험 프로그램 후에 나타난다. 4586CT는 다른 무인체계 구성요소들의 대응으로 기능할 수 있기 때문에 체계 개발과 특정 임무 통합 시험시 무인체계 상호 작용 및 성능에 대한 통찰력을 제공하기 위해 사용된다. 4586CT와 관련된 여러 사례들은 프로파일 설계시 상호운용 프로토콜의 신속한 시제품 제작을 수행하는데 활용될 수 있다. 그 결과 4586CT는 상호운용 표준이 개발되는 동안 유용한 도구가 될 수 있다.

상호운용성 T&E는 무인체계의 발전과 함께 지속적으로 진화하고 있다. 자율 가능성이 무선 링크를 통해 복합장비를 운영하는 데까지 확장되고 있기 때문에 이러한 시스템들의 C2는 난제인 독특한 시험을 요구한다. 시험의 범위는 표준 준수 평가, 전자기 주파 시험, 센서표준, 탑재체 표준, 체계 상호운용성, 정량화할 수 있는 임무평가, 성능측정, 미터법 개발, 충돌관리, 성능기반측정을 포함하고 있다. 운용 범위는 운용자, 플랫폼, 통신 그리드, C2팀, 기지국, 센서 팀과 협조 체계를 포함한다. 현재 진행되는 테스트가 서비스 지향 아키텍처 교환을 위한(위치 이동) 독점적 데이터 교환 및 데

이터 포맷을 수반하는 시험 도전과제의 이동을 보여주지만, 무인체계 알고리즘 개발의 인지적 특성은 의미적 지식 교환 T&E의 필요성을 실제로 확대시킬 수 있을 것이라고 생각할 수 있다. 빠르게 변화하는 무인체계의 신속한 획득은 이러한 혁신을 초월하는 속도로 발전하는 무인시스템 T&E 능력을 요구한다. 무인체계 상호운용성 T&E는 정보아키텍처, 방법론, 시험 시나리오 통합, 모델기반 T&E, Cross-UAS 사용 사례 리포지터리들에 대한 투자를 요구한다.

4.5.4. 체계 변환

국방차관실과 일하고 있는 군은 기존의 그리고 개발되고 있는 시스템용 개방형 아키텍처 접근법을 도입하기 위한 비즈니스 사례를 조사하고 있다. 개방형 아키텍처 도입에 있어 여러 가지 도전과제들이 남아있지만, 향후 12개월 동안의 목표는 현재의 모든 기록 프로그램에 대한 (다음 그림 참조) 변환 방향을 확인하는 것이다.

변환에 대해 정량화할 수 있는 발전은 이미 이루어졌다. 미 공군 Advanced Cockpit Block 50 (General Atomics사에 의해 개발 중임)은 UCS 서비스와 공통 데이터 장치를 도입하였다. 2010년 7월 모의비행환경에서 UCS 기반 소프트웨어를 활용한 이륙, 비행, 탑재체 C2, 착륙 시행은 이 아키텍처의 유용성을 입증했다. 또한 Northrop Grumman은 광역 해상감시(Broad Area Maritime Surveillance, BAMS)와 Global Hawk 무인체계간 통합 및 협력을 위해 합동임무-기획임무-통제 시스템 문서에 서명하고 제품 라인을 공통의 개방된 상품라인으로 결합시킨다는 데에 합의했다.

하드웨어와 소프트웨어에 개방형 아키텍처 접근법을 활용하는 고급 폭발물 처리 로봇 체계는(AEODRS) 메시지를 보내기 위해 자동차공학협회 무인체계 합동아키텍처를 채택하고 있으며 공통 시스템 기능 설명, 아키텍처, 데이터 모델을 확실히 제공하기 위해 상호운용성 프로파일을 개발하고 있다. 고급 폭발물 처리 로봇 체계는 FoS를 아우르는

진화적 접근방법

목적 : 현 시스템에 공통서비스의 빠른 도입



그림 11 개방형 아키텍처 마이그레이션 접근방식

공통 아키텍처 및 기능모듈을 가진 3종류의 체계(하차작전, 전술작전, 기지/시설 작전)를 개발하고 있다. 고급 폭발물 처리 로봇 체계 구조는 아키텍처는 통합시스템군(FoS)에 대한 논리적 기계적 전자적 인터페이스를 정의한다. 고급 폭발물 처리 로봇 체계는 Milestone B로 진입하고 있으며 Increment 1(하차작전) 개발이 지금 시작단계에 있다.

지상시스템 상호운용성을 다룰 때 Robotic Systems Joint Project Office(RS-JPO)는 메시지를 받는데 자동차공업협회 무인체계합동아키텍처를 사용하고 있으며 주로 통신, 탑재체, 동력, 아키텍처, 통제장치에 초점을 맞추고 있다. 2012년에 계획된 모델링과 시뮬레이션 시연, Input/Output(IO) Specification Build V1과 함께 진전이 이미 이루어졌다

4.6. 요약

우리는 상호운용성을 활용하지 않는 독립적이며 독점적인 무인체계를 더 이상 획득할 여유가 없다. 전장의 상황은 불확실하며 정보, 센서, 탑재체, 플랫폼을 공유해야 하는 필요성이 절실하다. 재정적 전장 또한 불확실하기 때문에 업체들도 표준을 준수하고, OA를 지향하며, 소프트웨어를 재사용하고, 견실한 리포지터리를 개발하기 위해 전략을 바꿔야 한다. 적시에 성능이 뛰어난 무인체계를 제공하는 것이 목표이며, 상호운용성은 좀 더 빠른 속도로 새로운 시스템 능력을 구현해냄으로써 그러한 노력에 있어 궁극적으로 중요한 역할을 수행할 것이다. 다음 그림은 업계와 국방부의 효율성을 높이기 위한 노력에 따른 향후 상호운용성의 흐름을 나타내고 있다.

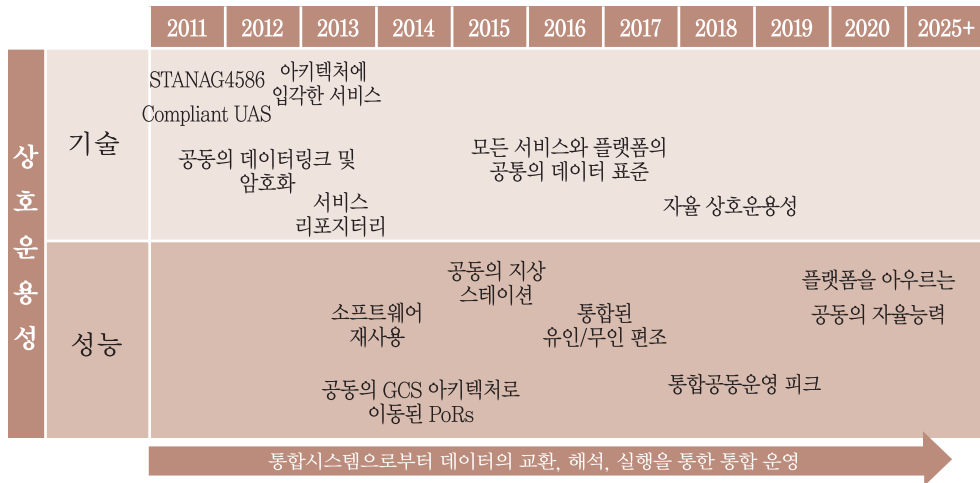
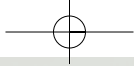
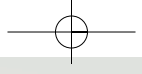


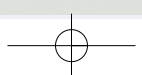
그림 12 상호운용성 로드맵

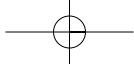




5. 자율성

- 5.1. 기능 설명
- 5.2. 현 상황
- 5.3. 문제점
- 5.4. 발전 방향
- 5.5. 요약





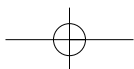
5. 자율성

기술 지원의 눈부신 발전은 현재와 미래의 무인체계 자율성을 전례 없는 수준으로 향상시킬 뿐만 아니라 군의 능력과 전력조직 측면에서도 ‘망 중심화(net-centricity)’ 도입과 비교할 만한 놀라운 변화를 예측할 수 있게 해준다. 미 국방부는 이 분야에서의 발전을 최대한 실질적으로 이용할 수 있도록 이해하고 준비해야 한다.¹⁾

5.1. 기능 설명

자동체계란 사전에 프로그램되어 반복적으로 작동하고 외부의 영향과 통제를 받지 않는 것을 말한다. 자동체계는 자동조종 또는 자동제어로 묘사될 수 있으며, 외부 교란에 의해 발생하는 작은 오차를 보상해주면서 주어진 경로를 따라갈 수 있다. 그러나 자동체계는 어떤 주어진 목표로 가는 경로를 정의할 수 없으며, 경로가 정해진 목표를 선택할 수도 없다. 이와 대조적으로, 자율체계는 목표에 대해 자체 지향적이며, 외부 통제가 필요하지 않고 자신의 행동을 지시하는 규칙과 전략에 의해 제어된다. 초기에는 운용자와 소프트웨어 개발자가 팀을 구성하여 이러한 제어 알고리즘을 만들고 시험한다. 그러나 기계학습(Machine Learning)을 활용하면 자율체계는 자신의 행동을 자체적으로 선택하여 수정하는 전략을 발전시킬 수 있다. 자율체계의 자율성은 인간이 지향하는 목표에 도달하기 위해 따라야 할 행동을 선택하는 것이다. 어떤 체계에서의 다양한 수준의 자율성은 인간이 자율체계에 얼마나 많이, 얼마나 자주 교류하거나 개

1) USD AT&L Memo to Chairman, Defense Science Board, Subj Terms of Reference, 29 March 2010.



입할 필요가 있는지를 보여주며, 이러한 수준은 뒤에서 간략하게 논의될 것이다. 또한 자율체계는 예측 불가능한 상황에서도 목표 지향적인 방법으로 자신의 행동을 최적화시킬 수도 있다.(예를 들어, 주어진 상황에서 자율체계는 최적의 설루션을 찾는다.)

자율체계의 특징은 예측 불가능한 상황에서 목표 지향적인 행동을 할 수 있는 능력을 갖췄다는 것이다. 이러한 능력은 자동체계가 갖는 능력보다 상당한 수준으로 향상된 것이다. 자율체계는 일련의 규칙이나 제한사항을 기초로 결정을 내리며, 결정을 내릴 경우 어떤 정보가 중요한지를 판단할 수 있다. 자율체계는 사전에 정해진 방법대로 작동하는 체계의 능력에 비해서 더 높은 수준의 능력을 발휘할 수 있다.²⁾

5.2. 현 상황

2010년 미 공군은 현재의 무기체계, 특히 급속히 도입된 무인항공체계(Unmanned Aircraft System, UAS)에서의 자율성 증대 요구를 집중 조명한 1년 간의 연구결과를 발표하였다. 기술적 범위(Technology Horizon)에 관한 이 연구가 밝힌 것은 체계의 자율성을 키우는 것이 미래 미 공군의 S&T 투자를 위한 가장 가치 있는 주제라는 것이다. 이 연구는 자율성 증대가 갖는 잠재력이 의사결정 주기를 감소시키면서 인력에 대한 효율성을 높이고 비용을 감소시킴으로써 체계 효율성을 향상시키는 것이라고 언급하였다.

자율 능력은 컴퓨터 과학(디지털, 아날로그), 인공지능, 인지행동 과학, 기계 훈련 및 교육, 통신 기술의 향상에 의해 발전해왔다. 고도로 동적인 무인체계 환경에서 이러한 자율 능력을 운용하고 신뢰할 수 있는 수준에 도달시키기 위해서는, 강인한 의사결

2) NATO Industrial Advisory Group, Study Group 75, Annex C – Autonomous Operations, 2004.

정 능력(기계적 추론 및 지능), 매우 이질적인 정보의 자동 통합, 부정확 및 불완전, 모순, 불확실성을 가진 데이터를 처리하기 위한 계산 구조를 제공하는 고도의 알고리즘이 필수적이다. 전투부대 지휘관의 요구에 대한 응답으로, 미 공군은 65대의 전투초계비행을 목표로 하는 수준까지 무인항공체계 능력을 공격적으로 확장해 왔다. 미 공군에 따르면, 전(全) 군(전투부대, 방어부대, 예비부대)의 조종사 1,750명은 24시간 수행하는 전투초계비행을 유지해야 한다. 이러한 인력 수요의 증가는 군의 인력운용에 대한 권한이 제한된 예산으로 인해 축소될 때 발생한다. 이러한 문제는 미 공군에 국한되지 않고 전 군이 직면하고 있다. 오늘날 무인체계 운용은 인간과 상당한 수준의 상호작용을 요구하고 있다. 무인체계는 자신의 군사적 유용성을 입증하고 훨씬 질 높은 정보를 지속적으로 이용함으로써, 많은 수의 무인체계가 전장에 배치되었다. 이로 인한 인력 수요 증가도 앞으로 계속 늘어날 것이다. 따라서 자율성을 적절히 이용하는 방법이 이러한 부담을 줄이는 가장 중요한 요소다.

과제 책임자는 사업 비용의 모든 요소를 세심히 조사하고, 각 요소를 전년보다 상대적으로 감소시킬 수 있는지, 학습 곡선에 따른 가격 절감이 가능한지, 총 경비와 간접 비용을 줄일 수 있는지, 이윤 인센티브로 비용 절감 목표를 달성할 수 있는지를 평가해야 한다.

- 획득 전문가를 위한 국방차관 메모랜덤, 구매력 개선, 2010년 9월

5.3. 문제점

무인체계를 운용하기 위한 인력 수요의 증가로 군의 업무량이 전반적으로 증가하고 있다. 이러한 부담으로 인해 더 자율적이고 현대적인 전투체계로의 전환이 더욱 강조되고 있다. Norton Schwartz 미 공군 참모총장은 아래 내용처럼 자동화에 대한 수요가 더 많아지고 있다고 강조했다.³⁾

이러한 추세가 언제까지나 지속될 수는 없다. 인력 수요를 감소시키는 자동화 방법이 있다. 바로 백엔드(backend) 데이터를 운용하고 처리하는 것이다.

- Norton Schwartz 미 공군 참모총장

무인체계가 자신의 잠재능력을 완전히 실현하기 위해서는 고도로 자율적인 상태의 행동을 수행할 수 있어야 할 뿐만 아니라 주변 환경과도 상호작용할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 주변 환경을 이해하고 적응하는 능력과 다른 자율체계와 협력하는 능력이 필요하다. 또한 신기술의 역할을 입증하는 새로운 검증 및 실증 기술의 개발이 뒤따라야 한다. 이에 대한 각각의 주제는 아래에 더 자세하게 논의될 것이다. 무인체계 수준에서의 자율성 향상은 잠재적 불이익에 대한 인식과 의도하지 않았던 결과에 대한 유의와 함께 이루어져야 한다. 의도하지 않았던 결과에는 일부 전력 구조에 대한 지휘가 축소되는 일이 포함될 수 있다. 모든 작전은 교전 규칙, 항공임무명령/특별 지시사항, 지휘 방향의 극적인 변화에 대한 선택사항을 포함하고 있다. 그러나 이런 목적들이 서로 맞바뀌어서는 안 되며, 예상하지 못한 일에 반응하는 능력이 줄어들어서도 안 된다. 예를 들어, 대기 중의 화산재를 처리하는 문제는 분화 초기에는 안정적으로 예측할 수 없다. 항공기가 이에 반응하여 영향을 회피하는 능력은 자율성으로 처리하기에는 어렵다. 자율성은 잠재적으로 위험하거나 치명적인 결과를 초래하는 문제에 대해 인

3) Fontaine, Scott, "Schwartz outlines possible future changes," Air Force Times, 30 August 2010.

간의 주의력을 떨어뜨릴 수 있다. 경고는 복합체계(system-of systems) 수준에서만 사용되어야 하고, 제한은 자율성을 허용하는 일부 작전에서만 적용되어야 한다. 결국 특수작전의 범위를 넘어서는 상황을 소프트웨어에 기반한 자체학습 설계로 하여금 처리하게 하는 것은 매우 위험할 수 있다. 따라서 편제상 단위 부대와 군 작전개념 영역의 상황 정보 내에서 검토되어야 한다.

5.4. 발전 방향

비록 자율성 분야에서의 많은 진전에도 불구하고, 여전히 많은 어려움이 남아 있다. 비교적 정적인 환경과 단순 임무와 목표에 대해서는, 규칙에 기반한 자율체계가 매우 효율적이다. 그러나 미 국방부의 임무과제 대부분은 매우 복잡하고 불확실한 환경에서 수행된다. 이러한 악조건에서 무인체계는 운용자와 관련 인원으로 구성된 팀과 교류하고 협력해야 하는 능력도 갖춰야 한다. 아울러 자율체계는 환경과 임무의 변화에 적응하고, 변화로부터 배우며 안전하고 신뢰성 있게 작동하기 위하여 다른 자율체계와도 교류하고 협력하는 능력을 필요로 한다. 자동화의 한 가지 목표는 인원 수 증가에 따라 야기되는 능력을 뛰어넘는 것이다. 어떤 종류의 자동화 지원도 단순히 임무를 수행하는 우리의 능력을 향상시키지는 않는다. 그것은 임무 자체의 성격을 바꿀 뿐이다.⁴⁾

5.4.1. 고도의 자율성 수준으로 도약

자율성은 체계를 운용하기 위해 필요한 인간의 작업 부담을 경감시키고, 그 체계에서 인간의 역할을 최적화시킨다. 또한 인간의 의사결정이 가장 필요로 하는 곳에 집중

4) Norman, D. A., "How might people interact with agents?" Software Agents, J. M. Bradshaw, Ed. Cambridge, MA: The AAAI Press/The MIT Press, 1997, pp. 49-55.

할 수 있게 한다. 이러한 장점은 인력 자원의 효율을 높이고 비용을 절감시킬 뿐만 아니라 의사결정 속도도 빠르게 만든다. 자율성은 또한 외부 제어가 미치지 못하거나 지극히 제한적인 곳(동굴 속, 수중 혹은 적군의 전파방해로 통신이 원활하지 않은 지역)에서의 임무 수행을 가능하게 한다. 자율성이 발전하면 작전 능력과 인력 효율이 더 높아지고 더 많은 비용을 절감할 수 있다.

… 과제 시작 단계부터 미래 비용을 이해하고 통제하는 능력은 소요되는 비용을 낮추는 데 매우 중요하다.

- 획득 전문가를 위한 국방차관 메모랜덤, 구매력 개선, 2010년 9월

다른 운용자들과 분석가에 대한 의존성을 줄이는 것이 자율성의 목적이다. 중요한 도전 과제 중의 하나는 어떻게 운용자들과 다른 인간 에이전트와의 교류를 유지하고 촉진하느냐 하는 것이다. 자율성의 목적에 대한 대안은 운용자가 임무를 수행하도록 하는 것이지 그 체계를 작동하도록 하는 것이 아니다. 다시 말해서, 자율성은 운용자와의 자연스러운 교류를 지원하도록 개발되어야 한다. 이러한 의사결정 체계는 정보를 공유하여 운용자와 자율체계가 효과적이고 효율적으로 교류하도록 하기 위해 인간과 인지적으로 호환될 수 있어야 한다. 자율성 수준은 운용자의 작업량과 인지한 의도에 근거해서 동적으로 조절되어야 한다. 이러한 개념에 사용하는 일반적인 용어는 슬라이딩 자율(Sliding Autonomy) 혹은 플렉시블 자율(Flexible Autonomy)이다. 그 목표는 더 나은 인터페이스를 설계하는 것이 아니라 병사의 역할을 지원하고, 자율 알고리즘 및 그 체계 자체의 신뢰를 보장하기 위한 완전한 자율체계를 설계하는 것이다. 다음 표는 인간 제어와 기계 동작 사이의 상호작용을 고려한 가장 일반적으로 언급되는 자율성 수준을 기술하고 있다.

미국의 무인체계 통합 로드맵

표 5 4가지 자율성 수준

수준	명 칭	설 명
1	인간운용 (Human Operated)	운용자가 모든 결정을 내린다. 이 체계는 인지한 데이터에 단순히 반응하는 정보를 가질 수는 있지만 주위환경에 대한 어떤 자율적인 제어 요소를 가지고 있지 않다.
2	인간대리 (Human Delegated)	이런 방식으로 권한이 위임될 때 차량은 인간의 제어와 관계없이 많은 기능을 수행할 수 있다. 이 등급은 인간의 개입에 의해 활성화 혹은 비활성화 되어야 하는 자동 제어, 엔진 제어, 다른 낮은 등급의 자동화에 비해 앞서는 수준이며, 인간의 개입을 배제한 상황에서 운용되어야 한다.
3	인간감독 (Human Supervised)	이 체계는 인간이 최고 수준의 인가나 지시를 내릴 때, 광범위한 활동을 수행할 수 있다. 인간과 체계 둘 다 인지한 데이터에 근거하여 체계를 작동할 수 있지만, 현재 지시한 과제의 범위 내에서만 작동할 수 있다.
4	완전자율 (Fully Autonomous)	이 체계는 인간으로부터 목표를 받아서 이를 인간과의 교류 없이 수행할 수 있는 임무로 변환한다. 비록 실행 과정에서 인간이 개입하기 전에 중요한 시간 지체가 있을 수도 있지만, 인간이 비상시에도 여전히 루프(Loop)에 들어갈 수 있으며 목표를 바꿀 수도 있다.

‘기술적 범위(Technology Horizons)’에서 나오는 가장 중요한 유일한 주제는 필요성과 기회, 잠재성이다. 이것들은 모든 공군 작전에서 더 나은 자율체계를 이용함으로써 공군이 성능 향상, 인력자원의 효율제고, 비용감소를 실현할 수 있는 기술을 획기적으로 발전시키게 만든다. 인력효율을 제고시키고 비용을 감소시키는 방법으로 올바르게 실천한다면, 공군 전력은 자율체계 사용의 증가(자율 제어와 추론이 적용될 수 있는 체계와 과정의 수량뿐만 아니라 특히 체계와 과정에서 반영될 수 있는 자율성의 정도에 있어서)를 통해 잠재적으로 엄청나게 증강될 수 있다.

- 기술적 범위(Technology Horizons)에 관한 미 공군 보고서 :
2010~2030년 기간의 공군 과학 및 기술에 대한 비전, 2010년 5월 15일

5.4.2. 환경에 대한 이해와 적응 능력

불확실성이 높은 복잡한 환경에서 자율체계를 운용하기 위해서는 환경을 인지하고 이해할 수 있는 능력이 필요하다. 이러한 능력을 통해 자율체계는 여러 센서를 통해 데이터를 융합(Multisensory Data Fusion, MDF)하고, 이러한 데이터를 다양한 의사결정과정을 지원하는 의미 있는 정보로 전환함으로써 주변 환경을 모델링할 수 있어야 한다. 인지체계는 제한된 정보로부터 환경 상황을 인지하고 추론할 수 있어야 할 뿐만 아니라, 환경 내부의 다른 에이전트의 의도도 평가할 수 있어야 한다. 미래 자율체계가 복잡하고 동적인 세계에서 임무를 계획하고 실행하기 위해서는 유연성과 적응성을 갖춰야 한다는 사실을 이해할 필요가 있다. 현재 이런 능력을 발휘할 수 없다고 하더라도, 최근 계산지능(특히 신경·퍼지 체계), 신경과학, 인지과학 분야에서의 진전을 통해 몇몇 가장 중요한 이종(異種)의 상관성과 융합 체계에 기반한 센서망이 실현되었다. 아래의 기술 발전을 통해 앞에서 언급한 항목들의 처리능력이 제고될 것이다.

1. 센서 무게 재구성 : 이종(異種) 센서망을 융합 체계에서 사용할 때, 각 센서는 적용할 때마다 무게가 달라진다. 예를 들어, 대상을 인식하기 위해 상이한 융합 체계를 사용하는지와 관계없이, 이미지 센서는 레이더 센서보다 중량이 훨씬 크다. 이와는 달리, 센서에서 대상까지의 거리를 측정하기 위해 융합 체계를 사용할 때, 거리측정기 센서 혹은 레이더 센서는 이미지 센서보다 중량이 훨씬 더 크다.

2. 센서 오동작/오류 데이터의 적응성 : 물체를 인식하기 위하여 융합 체계를 이용할지라도, 이미지 센서는 햇빛이 비치면 사용할 수 없다. 이미지 센서에서 얻은 데이터는 포화 상태에 있거나 수치를 조정할 필요가 있다. 더욱이 날씨가 흐리고 번덕스러울 때는 측정 데이터가 그림자와 음영에 따라 달라지기 때문에 계속해서 조정해주어야 한다. 그러므로 융합 체계를 설계하고 실행할 때는 이종(異種) 센서망의 환경을 고려하는 일이 가장 중요하다.

3. 정확하고 적응성 있는 이종(異種) 데이터 조합 : 이종(異種) 센서망에 근거한 융합 체계는 1차원 레이더 신호, 2차원 영상 센서 데이터 같은 다른 자료를 동시에 처리해야 한다. 왜냐하면 이종(異種) 센서 조합이 변화하면서 데이터 조합이 달라지기 때문이다. 그러므로 의사결정 모듈에 융합과 데이터 입력을 실행하기 전에 적응성 있는 데이터를 먼저 조합해야 한다.

4. 자체적으로 재설정할 수 있는 퓨전 클러스터(Fusion Cluster)의 확장성 및 리소스 최적화 : 융합 체계를 제한하는 요소는 변화하는 전장과 하나 또는 그 이상의 센서 오작동에 적응하기 위해 자체적으로 재구성할 수 있는 퓨전 클러스터의 확장성이다. 센서망을 위해 사용하는 센서의 수가 증가하면, 재설정하는 조합 수는 지수적으로 증가한다. 그런 복잡성을 관리하기 위해 융합 체계는 센서 리소스 관리 및 최적화 등을 위한 고지능, 완전자율, 매우 다양한 재설정 알고리즘을 필요로 한다. 센서 관리 알고리즘과 크로스 큐드(Cross-Cued) 센서 체계에 매우 큰 발전이 있었지만, 실제 최적화 실현은 아직 달성하기 힘든 목표이다. 그런 능력은 오직 현재 시작 단계에 있는 지능계산기술에 의해서만 실현이 가능하다.

현재는 환경 변화에 적응하는 것이 필요하지만, 미래에는 발생 가능한 모든 긴급 사건이 사전에 프로그래밍 될 수 없기 때문에 작전 환경에서 적응하고 배울 수 있는 능력이 필요하다. 이러한 적응 속도는 적의 결정 루프(Loop) 시간 이내에 도움을 줄 수 있을 만큼 충분히 빨라야 한다. 그러한 상황에 아직 직면하지 못한 다른 자율체계와 이런 교훈을 공유할 수 있도록 자율체계를 구축해야 한다. 적대적이고 동적이며, 구조화되지 않고 불확실한 환경속에서 이런 교훈이 안전성과 신뢰성, 혹은 운용자나 다른 자율체계와의 협력 능력에 불리한 영향을 끼쳐서는 안 된다. 동적이고 구조화되지 않은 환경속에서 자율체계가 필요로 하는 유연성은 미 지휘관들이 이 자율체계를 신뢰하는데 필요한 예측 가능성을 복잡하게 만든다.

이러한 신뢰성은 적합한 행동을 보장하는 안전성과 안전장치, 완벽한 작전적인 시

협평가를 통해서 구축될 것이다. 복잡한 자율체계는 실세계를 묘사하는 환경에서 나타날 수 있는 모든 범위의 동작을 평가하기 위하여 철저한 ‘Red Team’ 분석을 받아야 한다. 안전성과 안전장치는 실패로 인해 발생하는 부정적 결과를 완화하기 위해 필요하다. 인공체계는 문제에서 벗어나는 능력과 지휘자의 의도에 따라 새로운 상황을 독립적으로 재평가하는 능력이 인간보다 부족하다. 이 때문에 인공체계가 자신에게 프로그래밍 되어 있는 상황과 다른 상황에 직면했을 경우에는, 상당히 우수한 알고리즘이 특수한 문제에 대한 최적 설루션을 발견하는 데 실패하거나 나쁜 영향을 초래할 수 있다. 지휘자로 하여금 자율체계가 전장에서 의도한 대로 작동할 것이라는 신뢰를 가질 수 있게 하기 위해서는 강건한 안전성과 통제조치가 필요하다.

5.4.3. 임무부여, 처리, 이용, 분배 과정에서 우수한 자율성 구현

C2 과정 외에도 전통적인 임무부여, 처리, 이용, 분배(Tasking, Processing, Exploitation, and Distribution, TPED) 과정은 인간의 참여 정도를 줄이기 위해 매우 많은 기회를 제공한다. 단기 개발 목표는 더 우수한 자동화 실현이지만 궁극적 목표는 자율체계로 진화하는 것이다. 현재의 임무부여, 처리, 이용, 분배 과정은 인력자원이 집중되는 형태로 구성되어 있다. 오늘날의 전투 환경에서 대부분의 동적영상장치(Full-Motion Video, FMV)와 정지동작은 실시간으로 모니터링 되고 사용된다. 하지만 적에 대한 모든 정보를 이용하기 위하여 완전히 분석되지 않은 채 저장되는 문제가 무인 환경에서만 일어나는 문제는 아니다. 그러나 이러한 문제점은 야전에 배치된 상당한 수의 정보, 감시, 정찰이 가능하고 지속시간이 긴 무인체계에 의해 악화되고 있다. 무인체계는 상당한 양의 정보를 수집하여 현재의 임무부여, 처리, 이용, 분배 과정을 어렵게 만들고 있다. 단기적 조치로는 잠재위협을 식별하고 주의를 환기시키는 신호를 자동 처리해주는 변화감지 및 자동표적인식 소프트웨어를 구현하는 일이다. 안면인식 소프트웨어를 적용함으로써 동적영상장치는 높은 정확도로 관심 있는 인물을 식별할 수 있을 것이다. 자동화 성능이 더욱 우수해진 통신정보센서는 운용자가 관심

있는 표적에 신속히 주의할 수 있도록 핵심단어와 특수 목소리를 식별할 수 있는 능력을 가지고 있다. 궁극적으로, 네트워킹된 환경에서 자동으로 신호를 교환(Cross-Cueing)하는 각각의 센서들은 임무체계에서 더 우수한 자율성을 구현하게 하여 위협을 더 신속히 식별하고 추적할 수 있게 될 것이다.

정보 처리와 저장 능력이 확대됨에 따라 무인체계 운용 방법을 변경할 수 있는 가능성도 생겼다. 예를 들자면 현재 많은 미 공군들은 사용하는 정보, 정찰, 감시(Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance, ISR) 데이터를 지상 기지에서 전송한다. 더 많은 처리 및 이용 과정을 미 공군 내부에서 실행한다면(앞에서 논의한 자동표적식별 혹은 통신정보 등), 이 체계는 즉각 실행 가능한 정보를 전송할 수 있으며 대역폭 소요량을 줄일 수 있다. 예를 들어, 동적영상장치 정보, 정찰, 감시 데이터는 무인기(Unmanned Aircraft, UA)용 C2 데이터보다 더 큰 자리 수의 대역폭을 주로 사용한다. 무인체계 내부에 임무부여, 처리, 이용, 분배 과정을 더 많이 적용하면 링크 대역폭은 단지 필요한 데이터를 전송하는 데에만 집중될 수 있으므로, 전체 대역폭 소요량은 줄어들 수 있다.

오늘날 분석가는 가만히 앉아서 여러 시간 동안 계속해서 Death TV를 보면서 단일 표적을 찾으려고 시도하거나, 이동 중인 표적을 보거나 하면서 유효한 표적을 처리한다. 이는 인력자원의 낭비로써 아주 비효율적인 것이다.

– James Cartwright, Vice Chairman of the Joint Chiefs of Staff,
during remarks to the U.S. 미 합참 부의장,
미국 Geospatial Intelligence Foundation 연설 중, 2010년 11월 4일

5.4.4. 다른 자율체계와의 협력 능력

환경을 이해하는 것 외에도, 무인체계는 임무에 대한 정보 공유를 통해 협력할 수 있는 능력도 구비해야 한다. 협력 가능한 자율체계는 일종의 자율성의 확장으로서, 팀으로 구성된 자율체계가 서로 협력하여 인간의 지나친 개입 없이 일반적인 목표를 수행할 수 있게 한다. 자율체계에서의 이러한 발전 추세는 자율체계에서 인간의 역할을 계속 감소시킬 것이다. 자율적으로 협력하는 무인체계는 원격으로 통제되는 것보다 더 신속하게 사격과 기동을 수행할 것이다. 이러한 발전 추세를 통해 팀으로 구성된 차량에 대한 전략적 의사결정에 변화가 생길 것이며, 단일 차량에 대한 직접 제어도 점차 줄어들 것이다.

협력 능력은 군의 소요량을 체계적으로 줄이는 중요한 요소 중의 하나이다. 개발 중인 협력 가능한 자율체계는 더 많은 수의 이종(異種) 체계뿐만 아니라 임무 증가와 복잡한 환경에도 적용할 수 있도록 확장성을 갖춰야 한다. 협력 가능한 자율체계는 공군, 지상군, 해군 수송 환경뿐만 아니라 팀 구성원, 운용자, 작전 환경의 변화에도 적용할 수 있어야 한다.



5.4.5. 새로운 검증 및 실증 방법 개발

자율체계의 안전성과 신뢰성을 보장하고 이 체계의 장점을 철저히 인식하기 위해서는 새로운 검증 및 실증 방법이 필요하다. 검증 및 실증은 제품, 서비스 혹은 체계가 표준 규격을 충족시키고 의도한 목표를 수행하는지를 확인하는 과정이다. 이러한 구성요소는 ISO 9000 같은 품질관리체계에 있어 매우 중요하다. 오늘날의 검증 및 실증 과정은 평가할 소프트웨어의 수량과 복잡성 증가로 인해 매우 강조되고 있다. 이를 위해 유인체계를 대체하는 기존의 소프트웨어 인증용 산업 표준규격을 사용하고 있다. (예: DO-178B) 자율체계용 고신뢰감사추적법 같은 새로운 검증 및 실증 과정이 없다면, 비용이 엄청나게 상승하거나 야전 성능이 제한될 것이다.

계산적인 정보뿐만 아니라 적합한 검증 및 실증 과정을 발전시키기 위한 노력이 필요하다. 검증 및 실증 기술의 향상은 단기 비용을 절감하고 현재의 자율체계 성능을 제고시킬 것이다. 이런 기술의 발전이 없다면 앞으로 자율체계 비용은 상당히 증가할 것이다. 새로운 자율체계 시험 및 분석 능력도 정보 처리 기능을 갖춘 단일차량 및 단체 행동을 평가하기 위해 필요하다. 이러한 기술의 발전과 정책 지원을 통해 현재와 미래의 자율체계는 더 효과적으로 개발되어 시험을 거친 뒤 운용될 것이다.

5.4.6. 안전한 운용을 위한 정책 지침

자율체계의 안정적인 운용을 위해 검증 및 실증 이상의 추가 조치가 필요하다. 검증 및 실증 과정을 이용하더라도 복잡한 체계를 아무 결점 없이 완벽하게 운용할 수 있다고 보장할 수는 없다. 소프트웨어가 점차 복잡해지면서 실제 세계 환경에서 자율체계의 정확한 동작을 예측하는 것은 매우 어려워지게 되었다. 동작 실패나 오동작 발생 혹은 무인체계가 예측 밖의 상황에 직면했을 때 이 체계가 계속해서 적절하게 동작하도록 보장하기 위해서는 정책 지침이 필요하다. 정책 지침은 본질적으로 군에서 사용하는 자율체계를 위해 필요하다. 현재 무장된 무인체계는 교전 상황에 대한 의사결정 시 인간에 의해 완벽하게 조종(Level 1)되는 상황에서만 살상 무기를 사용한다. 이 체계들이 무기를

사용하고 어떤 특수 표적에 사격하는 지에 대한 결정은 모두 인간에 의해 이루어진다. 미국은 인간에 의해 제어되는 자율 모드(Level 3)를 갖춘 유인함정용 방어 체계를 구축하여 수십 년 동안 운용해왔다. 예측 가능한 미래에도, 무인체계에서의 군사력 사용 및 적과 교전하기 위한 각자 표적의 선택에 대한 결정은 인간의 통제 아래 이루어진다.

5.5. 요약

더 많은 수의 무인체계를 야전에 배치시키는 일은 가용 운용자 수가 제한돼 있다는 사실과 밀접하게 연관되어 있기 때문에 자율체계에서의 기술 발전은 매우 중요하다. 자율성 분야에서의 향후 과제는 기능성뿐만 아니라 운용자, 안전성, 신뢰성에 대한 명확성이 강조된다. 다음 그림은 군 체계를 적당한 비용으로 유지시키고 갈수록 복잡해지는 환경 속에서 무인체계를 적극적으로 운용하는 데 필요한 자율성의 미래에 대한 발전 목표를 나타낸다. 우선 자율성은 갈수록 복잡해지는 군사작전환경 속에서 체계의 안전 운용 능력을 향상시킬 뿐만 아니라 일반적이고 중요하지 않은 과정과 관계된 운용자의 업무 부담을 감소시킬 수 있을 것이다. 궁극적으로 자율성은 무인체계 능력과, 전장의 결과에 영향을 끼치는 무인체계의 성능을 확장함으로써 병사의 효율성을 제고시킬 것이다.

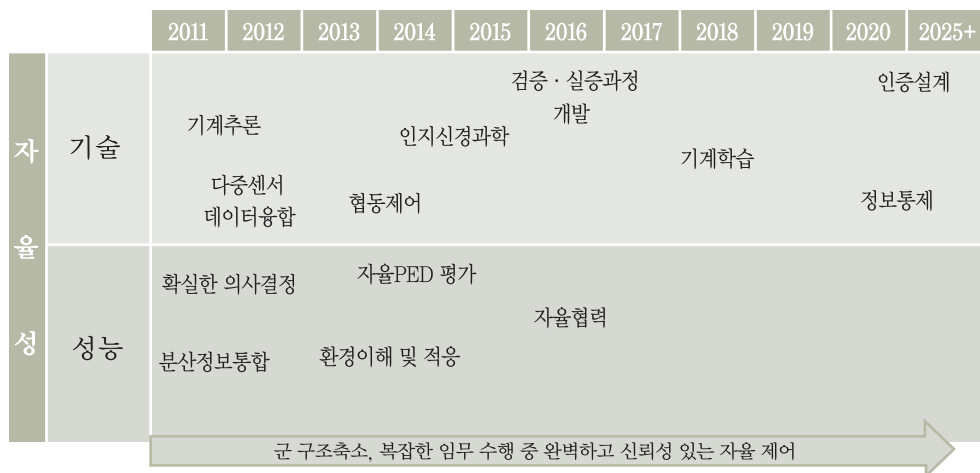
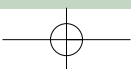
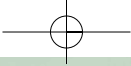
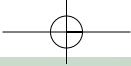


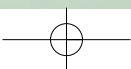
그림 13 자율성 로드맵





6. 공역 통합

- 6.1. 기능 설명
- 6.2. 현 상황
- 6.3. 문제점
- 6.4. 발전 방향
- 6.5. 요약



6. 공역 통합

6.1. 기능 설명

지난 몇 년간 무인항공체계는 미 국방부 전력증강에 많은 변화를 가져왔다. 무인항공체계의 수량과 역할은 임무 수요를 충족시키기 위해 급격히 확대되어 왔고, 작전지휘관들은 무인 플랫폼의 강력하고도 지속적인 정보, 감시, 정찰 등의 지원에 의존하며 적군에 맞서 그들의 핵심 임무를 수행하였다. 미 국방부 무인항공체계는 무인기의 운용, 훈련 및 지원임무와 보다 다양한 민군 수요를 충족시키기 위한 국가공역체계(NAS)의 통상적인 협조를 필요로 한다. 무인항공체계가 유인 항공기처럼 군사적 잠재역량을 갖기 위해서는 유인기와 같은 자유로운 항법비행이 가능하거나, 즉각적 반응 및 융통성 있는 대응이 가능하여야 한다. 군 항공력은 전시에 전장의 승패를 좌우하는 핵심전력이다.

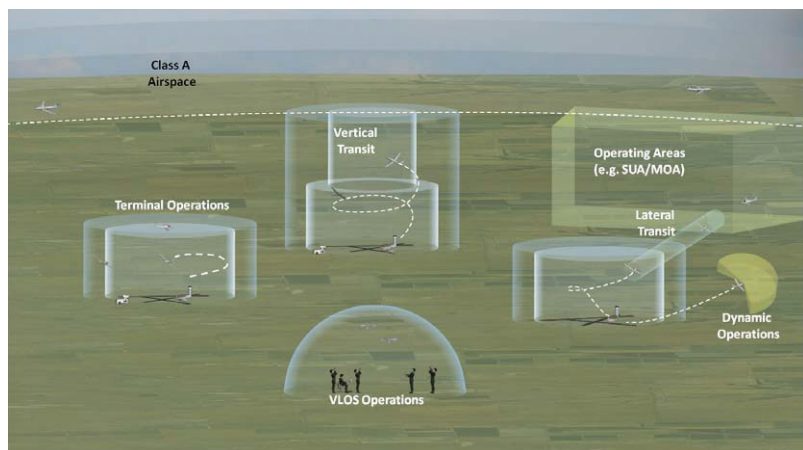


그림 14 운용 관점(Operational View, OV)

군의 조직은 계속해서 성장해왔지만, 무인항공체계를 국가공역체계에 통합하는 능력은 그 보조를 맞추지 못했다. 국가공역체계에서 무인항공체계를 관리하는 연방 항공국 규정 준수 문제 때문에 현재 무인항공체계의 이용은 굉장히 제한되어 있다. 제한, 경고, 금지 구역 외에서 행해지는 미 국방부의 무인항공체계 운용은 연방 항공국의 철회 인증/승인 인증을 필요로 한다. 더욱 이와 유사한 문제들은 국제 및 타국 영공의 이용을 위해 해결될 필요가 있다.

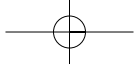
2011년 3월 제기된 ‘미 국방부의 무인항공체계 공역통합 계획’은 공역통합 문제에 관해 더욱 광범위한 토론을 제기한다. 이 계획에서 국방부는 역동적 운용방안에 대한 운영구성도의 필요에 따라 무인항공체계 운용에 대한 점진적 이용전략을 제공하고 있다. 국방부는 이 원리체계를 통해 등급과 종류가 다른 공역을 가능한 빠르게 구분·이용하는 것이 필요하며, 정례적인 동적 운용을 시행하기까지 수년이 걸릴 것이라는 것을 인지하게 되었다.

6.1.1. 비 전

국방부의 비전은 무인항공체계가 임무를 수행할 수 있도록 필요한 공역에 정례적 이용이 가능하도록 만드는 것이다. 군사 작전시 무인항공체계는 군 작전개념(CONOPS)을 적용하여 유인기와 똑같이 운용하며, 항로관제(Air Traffic Service, ATS) 위원회와 영공사용규정에 있어서는 유인기와 뚜렷한 차이점을 갖는다. 미국 영공에서 모든 등급의 무인항공체계 공역통합 능력을 확고히 하는 것은 전 세계에 무인항공체계를 유연하게 배치하기 위한 토대가 된다.

국가공역체계 이용 요구사항

- 항공기는 감항성이 있어야 한다.
- 자격을 갖춘 조종사에 의해 운용되어야 한다.
- 운용 규칙, 표준, 절차에 부합하여야 한다.



…군사적 요구사항을 지원하기 위해 무인항공체계가 국가공역체계에 이용 허가를 받으려고 긴밀히 협력하는 것은 국방부(DoD)와 연방 항공국(FAA)에게 매우 중요한 일이다.

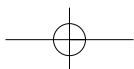
-제 110회 의회, 2009 회계연도 NDAA, 섹션 1039

6.1.2. 지침

2010 국방부의 공역통합 계획은 국방부의 4가지 중요한 이용 행동수칙을 설명했다. (다음 참조) 미군은 높은 안전성과 고성능 무인항공체계 전력을 개발하는 데에 자신들의 방대한 경험을 적용할 것이다. 우리는 현재 규정지침을 최대한 준수하고, 규정상 변화가 필요할 때 그 프로세스를 알릴 것이다. 미 국방부는 적합한 표준, 규정, 절차에 따라 이 무인항공체계의 설계, 테스트 및 최종 보증에 영향력을 미칠 것이다. 규정 및 정책 변화는 다양한 육해공군과 전투사령관(CCDR)에 광범위하게 영향을 미칠 수 있다. 따라서 무인항공체계의 공역통합 활동은 연방 항공국이나 기타 기관과 관계를 맺기에 앞서 조화를 이루기 위한 최선의 노력을 해야 한다.

공역통합 수칙

- 우리의 일류 항공 전문가들을 무인항공체계에 적용한다.
- 가능한 곳을 따르고, 필요한 곳을 만들어낸다.
- 국방 당국과 관련 업체에 영향을 미친다.
- 하나 되어 참여 한다.



6.2. 현 상황

국방부 항공기와 조종사들은 국방부의 공인 인증을 받는다.

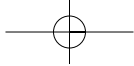
유/무인 모든 군용 항공기가 관례적으로 영공 및 국제 공역을 비행하기 위해서는 세 가지 기본 요구조건이 충족되어야 한다. 이 세 가지 요구조건은 본질적인 사항 일뿐 만 아니라 무인항공체계 공역 통합의 토대를 형성한다. 미 연방 법령집(USC)의 Title 10은 역할, 임무, 국방부 조직의 토대가 되는 법률이고, 국가 수호와 같은 핵심 의무를 이행하기 위한 미군 조직, 훈련, 무장에 대한 권한을 부여한다. 이 법령집의 권한, 다년간 지속된 연습, 그리고 중개기관의 합의에 의한 보강이 조화를 이루어, 국방부는 감항 성과 조종사 훈련/자질 소요 입증, 군의 명확한 표준에 대한 책임이 있다.⁵⁾ 세 번째이자 가장 복잡한 요구조건인 규정준수는 군 내부 규정과 외부 연방 항공국 및 국제 민간 항공 기구(ICAO) 두 곳의 비행 규정을 포함한다.

6.2.1. 감항성

감항성은 유/무인 모든 비행 체계가 국가공역체계에 들어가기 위한 기본 요구사항이다. 국방부의 감항 증명에 관한 주요 기준은 감항 증명서(Airworthiness Certification Criteria)인 MIL-HDBK-516B를 기초 하여 만들어 졌다. 이 문서는 감항능력에 대해 “항공기 시스템이 허가된 용도와 제한치에 따라 안전하게 이륙하여 비행하고 착륙하는 능력” 으로 정의했다.⁶⁾

5) Title 10 provisions relating to service authority to organize, train, and equip include 10 U.S.C. Sec. 8062 (Air Force), 10 U.S.C. Sec. 3062 (Army), 10 U.S.C. Sec. 5062 (Navy), and 10 U.S.C. Sec. 5063 (Marine Corps). Multiple service instructions address airworthiness standards, e.g., Air Force Instruction 62-601, dated 11 June 2010.

6) MIL-HDBK-516B with change 1, Airworthiness Certification Criteria, 29 February 2008



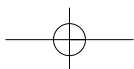
미국의 무인체계 통합 로드맵

감항 증명은 국방부의 항공 체계가 안전한 비행이 가능하도록 설계, 제작 및 유지 보수 됨을 보장한다.

증명서 기준, 표준 및 준수 방법은 항공기의 주어진 카테고리과 등급에서 안전한 비행을 위해 요구되는 설계와 성능의 최소한도를 확립하는 것이다. 국방부는 그 구성 요소를 처리하는 기준과 UA에 독특한 시스템 속성을 판단 기준에 포함하기 위해 현재의 군 감항 지침을 확대하고 있다. NATO 표준화 협정(STANAG)으로부터 도출된 무인항공체계의 독자적인 표준은 (예를 들어, 4671⁷⁾, 4705, 4703) 재검토되어 적절하게 통합될 것이다.



7) NATO STANAG 4671, Unmanned Aerial Vehicle Systems Air Worthiness Requirements (USAR).



6.2.2. 조종사 자질

국방부는 항공기의 운용 장소와 방법을 결정한다. 그리고 각 군은 항공기나 무기 체계가 안전하게 임무를 수행하는데 필요한 자격 훈련 프로그램을 구축한다. 무인항공체계 조종사의 훈련 및 자격 표준은 각 군과 적절한 전투사령관의 권한에 달려있을 것이다. 무인항공체계 조종사 훈련은 유인기와 달리 육안 원격조종, 보조육안, 완전자동 방법에 의한 이륙, 순항 및 착륙이 이루어짐에 따라 유인 항공기에 필요한 스킬과는 상이한 스킬이 요구된다. 따라서 각 군과 전투사령관은 각각의 훈련 프로그램에 필요한 지식, 스킬, 능력이 적절하게 사용될 수 있도록 합참의장지시서(CJCSI) 3255.01을 아웃라인으로 최소한의 훈련 표준을 적용해야 한다.



6.2.3. 규정 준수

각 군은 유인기의 비행 표준 및 절차 수립을 위한 확실한 기준을 갖고 있다. 그러나 최근 무인항공체계에 대한 국가 및 국제 규정의 지침과 표준의 애매한 표현과 정의 부족으로 인해 무인항공체계가 그러한 지침과 표준을 일관되고 확실하게 준수할 수 있는지 인지하기 곤란하다. 사실 몇몇 무인항공체계는 이미 적절한 안전 수준에서 운용되고 있다. 비록 무인항공체계의 -해당 표준, 규정 및 협약- 준수 원리체계는 정의되었지만, 더욱 일반적인 운용에 관한 규정 준수를 확립하는데 어려움이 있다. 그 사이에 국가공역체계 내에서의 무인항공체계 운용은 철회 인증/승인 인증(COA, Certificate of Waiver or Authorization) 절차를 통해 예외로 취급되었다.

기존의 유인 항공기를 사용함으로써 많은 요구사항들이 충족될 수 있지만, 많은 임무들이 무인 플랫폼을 사용함으로써 더 효율적으로 안전하게 수행될 수 있다. 기술이 진보한다면 무인항공기의 규정 준수 문제를 해결하는데 도움이 될 수 것이다. (특히 미 연방 규정집(U.S. Code of Federal Regulation, CFR)14의 91.113은 육안 확인 후 회피(See and Avoid) 조항을 포함하고 있다.)

그러나 오늘날 규정 준수 문제를 해결하기 위해 필요한 기술 수준과 복잡성은 시스템 가격에 부정적인 영향을 미칠 것이다.

6.3. 문제점

미 국방부의 무인항공체계 수량은 빠르게 증가하고 있다. 무인항공체계의 역할 증대 뿐 아니라 무인항공체계 수량의 증가는 현재 군 작전을 위한 가용 공역을 초과하고 있고, 국내·외 공역에 대한 사용요구 또한 크게 증가되고 있는 실정이다.

6.4. 발전 방향

6.4.1. 접근방법

국방부의 무인항공체계 국가공역체계 이용을 위한 접근방법에는 무인항공체계 플랫폼 성능, 필요 공역, 기술 진보, 국가공역체계 내에서 일반적인 운용을 위해 요구되는 활동/제품의 구현을 포함한다. 이 접근방법은 역동적 운용방안에 대한 운영구성도가 필요할 때, 미 국방부의 무인항공체계 운용에 대한 점진적 이용전략을 제공하고 있다. 또한 이 접근방법은 국방부가 가능한 빨리 다른 등급/다른 종류의 공역의 이용을 요구하며, 수행에 몇 년이 걸릴 것 같은 일상의 역동적 작전을 인식하도록 한다.

작전개념 개략도(다음 그림 참조)와 국방부 공역통합 계획은 개별적인 특별한 지역 공역의 사용이나, 통합된 추가 공역의 요구사항을 충족시킬 수 있다. 시각적 LOS 운용은 시계비행규칙(Visual Flight Rule, VFR) 상황에서 무인항공체계를 유도하는 의미를 설정한다.

관제지역(Terminal Area) 프로파일은 D급의 공역이나 비행 제한에 가까운 제한된 공역에서 무인항공체계 운영이 쉬운 경향이 있다. 특수 공역(Special Use Airspace), 예를 들어 제한 구역이나 군 작전지역(Military Operation Area, MOA)과 같은 무인항공체계 운용 지역은 지정된 회랑(E급을 통해)을 통해 비행하거나 A급 공역으로 수직상승한 뒤 가로질러 비행하는 방법으로 이용될 수 있다. 운용 지역이 제한구역 또는 경고 구역으로 제한되는 동안, 군 작전지역은 새로운 공역 창조 없이 전국에 걸친 무인항공체계의 훈련 성능을 제공하기 위해 넓고 다양한 공역 43개 지역을 할당했기 때문에 긍정적인 곳이 되었다.

프로파일과 함께 무인항공체계 운영을 가능하게 하는 계획과 프로그램은 합동 응용 가능성 및 국가공역체계 이용을 위해 평가될 것이다. 예를 들어 향후 미 국방부 무인항공체계에 요구되는 공역의 대부분이 D, E, G급일 것이기 때문에, 국방부는 이러

미국의 무인체계 통합 로드맵

한 주요 사항을 다루며 가까운 미래 자원에 초점을 맞추려는 경향이 있다.

성능

- 전투 준비 태세
- 전술적 감시 & 정찰
- Disaster Relief-DSCA
- Pilot/Operator 자격 숙달
- 개발 & 테스트

- 훈련공역으로 이동
- 유도/경계 비행
- 국경 초계비행
- 타기지 전개 및 시험
- 개발 & 테스트
- 이동(예 : 계약자 시설에서 테스트)

- Class A에 수송 관제 구역
- 계기비행 평가 및 숙달
- 계기 입 · 출항
- 개발 & 테스트
- 이동

시각적 LOS	관제 지역
	
수평 이동	작전 구역
	
수직 이동	역동적
	

성능

- 이 · 착륙 숙달
- 계기출항
- 지역방공(예 : 이벤트 & 긴급 사태)
- 개발 & 테스트
- 정비 및 점검

- 계기출항
- 계기비행 평가 및 숙달
- 전투 준비 태세
- 지역방공(예 : 이벤트 & 긴급 사태)
- 개발 & 테스트
- 정비 및 점검

- 모든 작전임무
- 모든 훈련임무
- 모든 지원 임무

단기
중기
장기

행정 당국 DSCA = 국방 지원
IFR = 계기비행규칙

그림 15 규정 준수를 위한 점진적 이용

6.4.2. 정책

정책 협정은 특정 요구사항을 충족시키면서도 국가공역체계의 안전성을 유지할 수 있다. 2007년, 국방부와 연방 항공국은 지면고도 1200ft 이하의 소형 무인항공체계와 국방부 통제 하의 Non-Joint-Use D급 공역을 비행하는 무인항공체계에 관해 제한된 무인항공체계 운용을 허용하는 합의각서(Memorandum of Agreement, MoA)를 체결했다. 2007년의 합의각서는 필요에 따라 주기적으로 보완되며 국방부는 국가공역체계에 대한 이용을 점진적으로 확대해 나갈 것이다. 예를 들어 소형 무인항공체계에 관한 특별 미 연방 항공규정은 2013년에 만료되지만, 국방부는 보완된 국방부-연방 항공국 합의각서에 권고사항을 통합하는 방식을 추구함으로써 즉각적으로 영향을 미칠 수 있다.

연방 항공국의 정책 위원회(PBFA)는 국방부가 항공교통관제와 공역관리에 대해 연방 항공국과 접촉하는 역할을 한다. 위원회는 각 군의 요구사항을 충족시킬 수 있도록 충분한 공역 제공을 보장하기 위한 정책과 계획지침을 제공한다. 미 국방장관실과 MILDEP로부터 지원을 받으며 위원회는 연방 항공국과 2007년에 맺은 합의각서의 보완작업을 진행 중이다.

다른 기관이 포함되는 더 큰 문제가 생기면, 미 국방부는 무인항공체계 Executive Committee(ExCom)에 참여한다. ExCom은 연방 항공국, 미 국방부, DHS와 미 항공우주국(NASA)의 선임 지도자들과 어떤 정책과 절차상의 논쟁을 해결하기 위해 주기적으로 만나고 국가공역체계로의 무인항공체계 통합 방법을 확인하는 역할을 한다. ExCom은 철회 인증/승인 인증 문제를 처리하기 위한 실무단을 설립하고, 2010년 10월 의회에 계획을 발표하고 무인항공체계 안전 데이터를 수집하고 공유하는 등 구체적인 문제해결 활동을 계속한다.

6.4.3. 기술

현재의 무인항공체계는 각각의 목적별로 각기 다른 사양으로 제작된다. 따라서 각 무인항공체계별로 국가공역체계에서 안전한 비행을 위해 각 시스템이 얼마나 복잡하고, 많은 시간과 비용이 소요되는지 보여준다. 국방부와 연방 항공국이 무인항공체계의 안전성에 관해 받아들일 수 있는 수준에 동의할 때 까지 일상적인 운용은 허용이 안되며 이에 적합한 표준이 안전성의 한계치까지 만족하는 수준으로 개발되고 있다. 개발된 표준에 따라 무인항공기는 운영상 유인 시스템으로 취급되고, 이러한 취급은 다른 시스템과의 상호 운용성, 비용 절감, 개발 투명도를 개선시킬 것이다.

그에 필요한 무인항공체계-특별 표준이 확립될 때까지, 비행요구조건들은 개별 시스템과 사전 계획된 비행 환경(이용 프로파일)에 따를 것이다. 각 시스템별 임무요구 조건에 따라 충돌감지 및 회피방법이 선택되어 운용될 것이다. 지상기반 감지 및 회피(GBSAA) 시스템은 여러 임무가 동시에 수행될 때 항공기간 이격 요구조건을 유지하기 위한 초기값 제공 수단이 되고 한편 센서의 개선과 자동 제어 기술이 공중충돌 감지 및 회피(ABSAA)와 관련한 해결책을 계속해서 개선시킬 것이다.

지상기반 감지 및 회피는 센서, 디스플레이, 커뮤니케이션과 소프트웨어를 포함한, 지상 시스템을 사용하고 있는 영공의 규정된 규모 내에 항공기간 이격을 위해 개발하는 것에 집중되어 있다. 지상기반 감지 및 회피 해결은 점진적으로 기존 철회 인증/승인 인증에 대한 제약을 경감하고 국가공역체계에서 무인항공체계 훈련과 운용을 용이하게 한다. 이러한 노력은 적절한 요구도 설정, 데이터 확보, 모델링과



시뮬레이터 수행, 시험과 검증을 통한 데이터 수립, 감항성 승인 획득 등이다. 소형 무인항공체계의 경우 SAA 해결에 너무 비용이 많이 들기 때문에 지상기반 감지 및 회피가 도움이 될 수 있다.

공중충돌 감지 및 회피는 적절한 안전 수준을 확보하는 자동분리(Self-Separation)와 충돌 예방을 수행하는 탐재 기술 개발에 집중되어 있다. 기술혁신과 체계통합의 도움으로 인해 현재의 사업진행은 감수, 항로/Class A, 전장 대응/Class E/G 적용 등의 단계에 있다. 지상 및 공중충돌 감지 및 회피는 이용 프로파일에서 안전을 최대화하고 운용비용을 줄이기 위해 단일 또는 복합 문제해결방안으로 적용될 수 있다.



6.4.4. 작전개념 개발

미 국방부는 국가공역체계와 국제 영공에서 무인항공체계의 공통 운영 구성도, 절차와 비행 표준을 제공하기 위해 공역통합 작전개념을 개발하고 있다. 이는 무인항공체계를 표준화하여 원리체계와 절차에 이용하고, 육안 확인 후 회피 요구사항 준수를 위한 적합한 방법을 이행하여 무인항공체계 공역통합 ICD(Initial Capabilities Document)의 개발을 알리기 위한 의도이다. 이로써 모든 비행 단계에서 미 국방부 무인항공체계에 대한 관제기구와 무인항공체계 간에 미연동, 관제불가, 그리고 감지 및 회피절차 등에 관한 모든 표준절차를 설정할 것이다. 이러한 절차는 링크 회복 또는 무인항공기 귀환/전장 대응에 통지 방법이나 적절한 조치를 정의하는 것을 돕는다. 또한, 작전개념은 미국 전역의 기지에 이용절차에 대한 운영 및 절차서를 제공하고, 미국 이외 지역(OCONUS)을 기반으로 한 무인항공체계에 대한 운영절차를 제공한다.

6.4.5. 요구사항 개발

육해공군 각기 영공 요구사항에 따라 작전개념은 무인항공체계 공역통합 ICD의 개발에 기여할 것이다. 무인항공체계 공역통합 ICD는 미국과 미국 이외 지역을 가로질러 국가공역체계에 무인항공체계 통합을 위해 재정 요구사항 확인을 위한 목적을 갖는다. 최초의 SAA 기술이 개발과 비준(확인)을 통하여 성숙해 감에 따라, 그들은 적합한 프로파일에 적용될 수 있고 무인항공체계 공역통합 ICD에 문서화될 수 있다. 이러한 노력은 각 군이 필요에 따라 무인항공체계를 운영하기 위한 비용을 정확하게 추산할 수 있게 해준다.

... 제한된 영공이용은 무인 항공 커뮤니티와 무인항공체계 산업 성장을 지원할 준비가 되어 있는 미국의 많은 지역에 부정적 영향을 준다. 국가공역체계로의 무인항공체계 통합의 결과로 미국에서는 향후 15년간 23,000개 이상의 무인항공체계 관련 일자리가 만들어질 것이다.

-우주항공산업 연합(AIA) (2010). Total Employment: Annual Calendar Years 1990-2009, AIA website: <http://www.aiaaerospace.org/assets/stat12.pdf>

6.4.6. 활동 시기

미 국방부는 단기적, 중기적 및 장기적 활동에 초점을 맞추고 있다. 이러한 시점은 실행 가능한 장기적 문제해결 방향으로 일하면서도 동시에 국가공역체계 이용의 즉각적인 개선이 가능하도록 해준다.

- 단기적 관점의 활동은 소형 무인항공체계, 국방부 통제하의 영공 및 철회 인증/승인 인증 지휘 하의 운용에 관해 다룬다. 우선순위는 철회 인증/승인 인증 요구 사항을 줄이고 연방 항공국 승인 과정을 합리화 하는 것이다. 미 국방부는 무인항공체계 국가공역체계 이용의 중요한 단기적 관점의 개선이 철회 인증/승인 인증, 정책과 절차상의 계획을 통하여 성취할 수 있다고 생각한다.
- 중기적 활동은 현지 비행장과 수송 작전에 관한 것이다. 정책과 절차가 일상적 이용의 장기적인 목적을 달성하는 것에 못 미친다면, 표준과 기술 개발에 상당한 투자가 필요하다. 발전하고 있는 확인된 AI 요구사항과 연합 표준에 우선순위를

두고 새로운 절차와 지상기반 센서 기술의 사용을 통한 국가공역체계의 이용을 제공할 SAA 성능을 확립해야 한다.

- 장기적 활동은 모든 작전지역 및 공역에서 대부분의 무인항공체계 임무가 연방 항공국의 차세대 항공교통관제시스템(Next Gen) 등 장기적 활동을 다룬다. 최종 상태는 모든 미 국방부 무인항공체계가 유인항공기만큼 일상적인 국가공역체계를 이용하는 것이다.

6.5. 요약

미 국방부 무인항공체계는 군사 작전의 핵심 요소가 되었다. 대다수의 무인항공체계는 현재 지원 작전, 훈련, 시험과 다양한 정부의 기능을 위해 빠르게 국가공역체계와 국제 민간 공역으로의 확장된 이용을 필요로 한다.

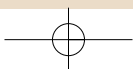
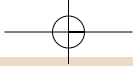
일상적으로 국내 및 국제 공역 비행을 위해, 군 항공기는 감항성을 갖추고 적절한 급의 공역에서, 자격을 가진 조종사가 운용하고 적용 가능한 규정을 준수해야 한다. 미 국방부는 US Code Title 10에 언급한 것처럼 항공기 및 조종사에 대한 유일한 인증 권한을 갖는다.

미 국방부의 무인항공체계 국가공역체계 이용 원리체계는 동적 작전 문제해결방법을 실행하기에 앞서 주어진 작전 프로파일에 국방부 무인항공체계의 중요한 이용이 가능하도록 방법을 확장시키는데 사용한다. 동시에 장기적 관점으로 일상적인 국가공역체계 이용을 위해 일하는 동안 단기적 관점의 주요한 임무 이용이 미 국방부의 즉각적인 관심을 얻고 있다. 미 국방부의 노력은 국가공역체계 하에서 무인항공체계의 운용 캠페인에 의해 긍정적인 비용절감 효과를 보일 것이다. 이러한 진행은 기술과 표준 개발뿐만 아니라 정책과 절차상의 변화를 통하여 달성되고 공역통합 계획을

근간으로 만들어진다. 최종 단계는 모든 국방부 무인항공체계의 운영, 훈련 및 지원 임무 수행을 위해 유인항공기와 비교할 만한 일반적인 국가공역체계 이용절차를 만드는 것이다.

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
공역 통합	기술	-소형 UAS SFAR 절차		지상기반 탐지 및 회피			공중 탐지 및 회피		복합 탐지 및 회피			
		-안전사례 모델링		-초기 탐지 및 회피 기술			기술성능표준		자격 표준			
	성능	-NAS하 소형 UAS 비행		국방부UAS의 안전한 운용			대형 UAS용 역동적 운용		중/대형 UAS 역동적 운용			
		COA 과정 간소화		저밀도 공역 임무								
		제한된 운용 (주야간 단좌/복좌 UAS)										

그림 16 무인항공체계 NAS 로드맵





7. 통신

- 7.1. 기능 설명
- 7.2. 현 상황
- 7.3. 문제점
- 7.4. 발전 방향
- 7.5. 미래 경향
- 7.6. 요약

7. 통신

서남아시아에서 진행 중인 작전은 무엇보다도 파일럿, 지원인력 및 대역폭을 계속 해서 요구한다.

– J.R. Gear 미 공군 대령, 최근 워싱턴에서 개최된
C4ISR Journal 컨퍼런스에서 언급

7.1. 기능 설명

미 국방부 무인체계는 작전 통제, 임무 데이터 분배, 특히 비자율적 체계에 대한 프로세스를 필요로 한다. 이러한 형태의 정보 교환에 일부 지상, 해상 체계에서는 유선도 가능하지만, 고도의 기동성을 갖는 무인체계에서는 무선의 전자파 대역이나 다른 방법(음파 또는 광학 등)으로 신호를 보내는 방법을 더 많이 사용할 듯하다. 전자파 대역은 국내 및 국제적으로 규제를 받는다. 수많은 무선통신체계가 설계·구축·배치되고 알맞게 실행되는 동안에 그 이외 일부 무선통신체계는 실행되지 않아 시스템 운영상 반드시 지켜야 하는 운영상의 제한 조건도 충족시키지 못한다.

미 국방부의 목표는 임무를 성공적으로 수행하는데 있어 통신의 제약조건이 불리한 영향을 미치지 않도록 하기 위해 전장에서 또는 미국 내에서 무인체계를 운영하는 것이다. 특히, 미 국방부는 대역폭의 효율성 향상, 송신기 및 수신기의 효율성 향상, 소형·경량·저전력 통신체계 획득, 보다 효과적인 냉각 등을 통해 통신 전송의 효율성을 반드시 향상시켜야 한다.

무인항공체계의 작전운영에는 위성통신 성능 범위에 접근(액세스)할 수 있는 권한이 필요하다. 무인항공체계 운영에 대해 계획하고 예산을 산정할 때에는 반드시 작전 시나리오 범주에서 기획된 위성통신 대역의 실질적인 할당량을 고려해야 한다. 무인항공체계에 대한 투자는 무인항공체계 운영을 지원하는데 필요한 군용 및 상용 위성통신 능력에 대한 투자와 적절히 조화되어야 한다.

7.2. 현 상황

미국의 무인체계와 통신체계는 공중, 지상, 해상의 환경에 따라 상당히 다르다. OIF(Operation Iraqi Freedom), OND(Operation New Dawn), OEF(Operation Enduring Freedom)를 지원할 때에는 다양한 무인체계에 설치된 상당수의 최신 센서와 통신체계가 운용되었다. 수 많은 센서와 통신체계는 데이터 수집량을 증가시키고 지역 내 또는 원거리 병사에게 보낸다. 원거리 병사가 필요로 하는 데이터를 수집하기 위해 국방부는 상당한 규모의 자금을 상용 대용량 데이터 전송 회사들에 지불했다. 최근에 많은 무인체계는 주파수 밀집으로 인한 영향, 인접 주파수 대역에서 운영하는 체계로 인한 간섭 그리고 가용 스펙트럼과 관련한 물리적 제한을 경험하고 있다.

다음 단락부터 현재의 통신 환경이 자세히 기재되어 있다.

7.2.1. 무인지상체계

지금까지 대부분의 무인체계는 데이터용, 영상용, 때로는 음성용 등 다양한 무선을 이용했다. 혼잡, 주파수 경쟁 및 지휘소 내의 규정문제 때문에 대부분의 통신체계는 더 높은 주파수에서 운용될 수 있도록 재설계되었다. 반면, 높은 주파수에서의 운용은 울창한 숲이나 시가지의 작전효율성을 감소시켰다.

7.2.2. 무인항공체계

소형 또는 휴대형이거나 Raven과 같은 투척방식(Hand-Launched) 체계는 가시선(LOS) 통신을 이용하는 반면, Predator, Reaper, Gray Eagle, 및 Global Hawk 등과 같은 대형 항공기는 가시선 통신과 비가시선(BLOS) 통신 모두를 이용한다. 비가시선 통신은 주로 위성통신을 이용한다.

초기의 소형 무인항공체계의(< 20 lbs) 통신체계는 산업계의 아날로그 설계를 이용했지만, 오늘날 대부분은 육군이 개발한 디지털데이터링크(Digital Data Link, DDL)를 이용한다. DDL 설계에는 운용 주파수 대역, 대역 내의 채널 주파수, 각 채널의 대역과 출력수준을 사전에서 선택할 수 있는 소프트웨어 기반 무선통신(Software-Defined Radio, SDR)의 특성을 반영한다. 가시선통신을 운영하는 대형 무인항공체계에는 ISR 플랫폼에서 사용하도록 규정되어 있는 공통데이터링크(CDL)를 반영하고 있다.

7.2.3. 무인해양체계

무인해양체계와 연관된 고유 과제로는 공기·물계면(Air Water Interface) 및 수중 통신 전송손실을 다루고 해수면의 다양한 환경을 극복하는 것이다. 단속통신(Intermittent Communications)은 해양체계에서 일반적이며, 통신 소요량을 충족시키기 위해 다중스펙트럼을 이용한다. 다양한 태스킹, 퀴링 및 데이터 전파를 지원하는 ‘무인수상정’ 또는 ‘무인잠수정’의 통신 모드를 평가할 때 중요하게 고려되어야 할 트레이드오프에는 데이터 속도, 프로세싱 능력, 범위, 탐지 가능성 및 해양환경 극복이 있다. 이는 센서 또는 수신기 중 하나가 노출없는 통신을 원하는 ISR 및 대잠전 임무를 수행할 때 특별히 고려되어야 할 사항이다.

7.3. 문제점

미래 무인해양체계 센서가 수집할 방대한 양의 데이터에 관한 로드맵을 설계하는 데 시간적인 한계가 따른다. 방대한 데이터의 양을 잘 다루고 데이터 내의 필요한 정보를 분배하여 적시에 올바른 병사에게 분배하는 것은 중요한 도전과제가 될 것이다. 해결되지 않은 모든 데이터를 지역 내 또는 원거리에 전송하는 것은 COMSAT 링크와 같은 현재 기술과 자금으로는 감당하기 어려울 것이다. 국방부는 이러한 제한 조건을 극복하기 위한 통신기술, 전술, 기술, 절차를 필요로 한다. 요구되는 기술은 7.4 발전 방향 항목을 통해 검토된다. 그러나 향상된 통신 전송 기술만으로는 필요한 능력을 획득할 수 없다. 미 국방부는 수집된 데이터를 전처리(Pre-Process)하고, 중요한 데이터만을 신속하게 병사에게 제공하며, 차후에 사용할 수 있도록 남은 데이터를 저장하는 방향으로 근본적인 변화를 추구해야 한다.

이러한 기술진보를 달성하기 위해서 무인해양체계의 응용프로그램은 전반적인 국방부 무선 네트워크 컨셉을 혼합하여 무인체계에 대한 국가 목표를 충족시키고, 규제 정책 및 한계를 적절히 다뤄야 한다. 이러한 선진 기술은 미래 무인해양체계에 포함되어야 하기 때문에 요구사항 개발 절차 단계 초기에 수행되어야 할 필요성이 있다.

특히, 무인해양체계는 가까운 시일에 초대형 데이터 세트를 보다 효율적으로 다룰 수 있는 기술적 전략을 활용해야 할 것이다. 대형 데이터를 관리하는 중에는 데이터 압축, 암호화 및 프로세싱 알고리즘이 전처리, 전송 및 데이터 융합에 이용되어야 한다. 이러한 기술적 전략은 스펙트럼의 효율적인 사용을 규정하고, 초과 주파수 사용을 감소시킨다. 또한, 데이터를 보안하고, 이용 가능한 주파수 스펙트럼에 대해 향상된 명확성을 보장한다. 국방부의 통신체계를 지원하기 위해서는 다양한 주파수 대역, 제한된 대역폭, 가변적인 부호화 기획, 오류 수정, 데이터 암호화 및 압축을 지원하는 것도 필요하다. 체계 내부에서나 인접한 대역에 의존하는 다른 체계와도 전자기 간섭이 발생하면 안되므로 이 모든 지원은 당연히 이루어질 필요가 있다.

미국의 무인체계 통합 로드맵

목표를 달성하기 위해서는 넘어야 할 수많은 도전과제가 있다. 첫 번째, 비교적 좁은 지역 내에서 조밀하게 무인체계를 운영하는 것은 현지의 데이터 요구 속도를 증가시킨다. 두 번째, 크기, 중량, 동력 및 냉각(SWaP-C)은 탑재용 및 지상/수상 제어용 시스템을 포함하여 수많은 플랫폼의 제한 요소이다. 세 번째, 통신 링크의 충실도는 반드시 보장되어야 한다. 네 번째, 디지털 체계와 연관된 지연시간(Latency), 특히 대형 무인항공체계가 이륙 및 착륙 시의 지연 시간은 반드시 감소되어야 한다. 이러한 도전과제는 민수 분야에서의 스펙트럼 사용 증가로 인한 이용 가능한 스펙트럼 이용의 감소로 어려움을 겪을 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위한 과제에는 밀집된 악조건의 환경에서도 더욱 효과적이고, 효율적이며 유연성을 갖는 통신체계를 개발, 획득, 시험하고 배치하는 것도 포함된다.

오늘날 무인체계의 스펙트럼 시험에는 다양한 수준의 스펙트럼이 운영되는 글로벌 환경에 대한 통신을 포함한다. 동시에, 통신에는 광 스펙트럼과 무선 주파수를 이용하는 통신과 연계되어 있는 다양한 기술에 대한 투자가 요구된다. 무인체계통신의 장애물은 통신효율성 확장기술에 대한 투자를 통해 개선된 스펙트럼을 사용하는 것으로 규제한다. 오늘날 문제는 주로 물리적인 문제이다. 이는 육·해·공 영역의 공통적인 문제이며, 복잡성(Complexity)을 기하급수적으로 증가시킨다. 또한, 첨단 임무 감독 또는 다중 시스템 협력을 촉진시키는 통신에 영향을 미칠 수 있는 ‘인지 알고리즘’에 대한 시험은 초기단계에 머물러 있다.

7.4. 발전 방향

현재 국방부 정책 및 지침은 새로운 체계의 필요성을 강조하고 있다. 이는 국제 스펙트럼 정책을 준수하고 향상된 상호운용성, 민첩성, 적응성, 스펙트럼의 효율성, 저생산비용의 균형을 맞추기 위함이다. 소프트웨어 기반 무전기에서 볼 수 있듯이 소프트웨어 변화로 인한 통신체계의 업데이트 및 재구성의 능력은 수년간 이용 가능하다. 계

다가, 이러한 체계는 작전 중에 무전기의 이동이 없어도 신속하고 명확하게 구성을 변화시킬 수 있는 다양한 네트워크를 지원하는 표준 기반 아키텍처(예컨대, 서비스 지향 아키텍처)를 따라야 한다. 미래 하부체계 개발에는 다중 입력, 다중 출력(MIMO), 다중 캐리어(Multicarrier) 및 다중파형 능력뿐 아니라 이 기능에 대한 소프트웨어 제어 능력이 요구된다. 결론적으로, 재구성 변화는 자동으로 수행되고, 이 체계들은 작전 환경에서 감지된 변화에 대응하여 그림 17 통신 로드맵과 같이 적용되는 것이 바람직하다.

일시적인 무선전파 링크가 있는 곳에서 작전을 지원하는 일이 비일비재하다. 따라서 (이와 같은 지원으로 인해) 첨단 예러 제어 코딩, 다중 입력, 다중 출력 형상, 다양한 경로 다이버시티 방식, 통합된 네트워크 및 데이터 다이버시티의 사용이 증가 되었다. 또한, 종단간 서비스 품질도 향상되었다. 무인통신체계에 대한 미래 효율성은 안테나, 송신/수신 체계, 수중 통신, 스펙트럼 고려사항, 신호 처리, 네트워크 체계 및 광통신의 지속적인 발전 여부에 따라 달라진다. 다음에는 이러한 발전 사항에 대하여 상세히 기술되어 있다.

- … 산업의 독립적인 연구개발을 활성화하고, 국방 산업 기반을 보호하자.
- 획득 전문가들을 위한 국방차관 메모랜덤, 구매력 개선, 2010년 9월

7.4.1. 안테나

고도의 모바일 체계 통신은 고성능, 러기드, 저비용, 다중지향 안테나를 필요로 한다. 대형 무인항공체계는 원거리 체계와의 연결성을 획득하기 위해 집중된 빔을 사용할 것이다. 위상 배열 안테나(PAA) 및 다양한 안테나로부터 나오는 신호를 혼합하는 스마트 안테나의 개발은 기존 접시 안테나의 대안을 제공할 것이다. 하지만, 여기에는 크기, 중량, 동력 및 냉각 사이의 균형이 요구된다. 국방부와 방산업계는 다초점 및 슈퍼 냉각 안테나 체계와 같은 기술의 지속적인 개발이 필요하다. 다초점 체계는 다양한 사용자가 정보를 받을 수 있도록 하며, 점대점 체계 및 다른 통신체계를 통한 데이터의 후속 중계(Relay)에 의존하지 않는다.

미래 안테나 체계는 광대역 주파수 범위에서 신호 송수신이 가능해야 한다. 위상 배열은 실행 가능한 접근법이다. 위상배열안테나는 차량 표면에 부착될 수 있도록 크기, 중량, 냉각 및 낮은 형상(Low-Profile)을 고려한 컨포멀안테나 형태(예컨대, 메타 소재의 사용으로)가 필요하다. 공통의 안테나를 사용하기 위해서는 인접한 주파수 대역 내에서 동시에 송수신할 수 있도록 공동 설치에 따른 간섭 영향을 최소화하는 새로운 간섭 완화 방법론의 개발이 필요하다.

7.4.2. 송수신기 체계

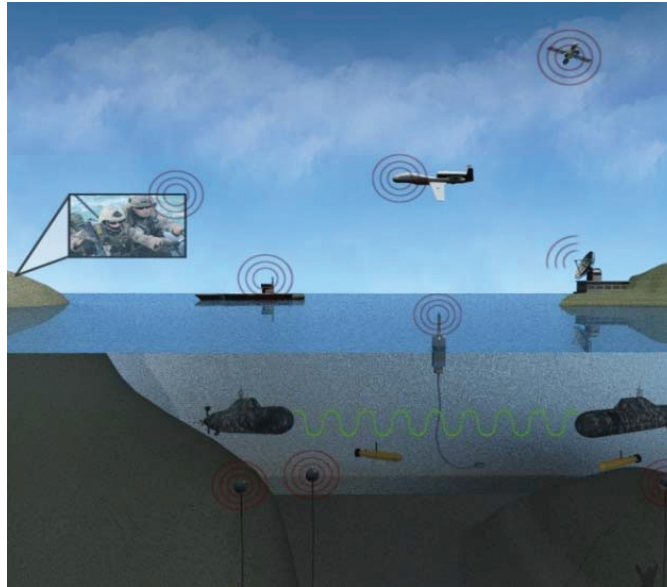
현재의 반도체 출력증폭기(SSPAs)는 일반적으로 갈륨비소(GaAs) 기판으로 만들어 진다. 현재 개발 단계에 있는 갈륨질소(GaN) 반도체 출력증폭기는 갈륨비소 반도체 출력증폭기보다 우월한 이점을 제공한다. 갈륨질소 반도체 전원 증폭기는 보다 넓은 범위의 주파수를 제공할 수 있으며, 갈륨비소 증폭기 효율성의 두 배 이상을 제공하고, 증폭기 운영 대역폭을 증가시킨다. 갈륨질소 체계의 높은 송신 효율성은 냉각 소요량을 감소시킬 것이다. 이와 같은 일부 장점을 얻기 위해서 증폭기로부터 요구되는 일시적인 전력을 조절하는 적응형운영점제어(Adaptive Operating Point Control)를 이용해 증폭기 설계를 강화하고 있다. 사용하지 않을 때 스스로 전원을 차단하고 적절한 상태를 유지하도록 조절할 뿐 아니라 일시적인 높은 전력에서 왜곡을 최소화함으로써 증폭기가 요구하는 평균적인 주 전력을 상당히 감소시킨다. 갈륨질소 기술은 일부 주파수 대역에서 이용되고 있으며 머지않아 배치될 것이다.(2014) 또한, 증폭기는 증폭기의 전송 특징인 기본 비선형성을 보정해 주는 단일 프로세스 기반 신호 사전왜곡(Predistortion)기법을 이용할 수 있다.

순간 대역 성능 및 아날로그 디지털(AD) 변환기 샘플링 속도는 매년 마다 지속적으로 향상되어 왔다. 게다가, 내장 칩 제조 방법(Integrated Chip Fabrication Methods)에 대한 개선사항으로는 소형화, 다양한 송수신 및 안테나 기능, 단일 칩에 내장될 구성요소를 고려해왔다. 광섬유는 안테나와 신호 처리(프로세싱) 하드웨어 간

의 데이터 및 신호 전송 속도를 향상시키는데 사용해 왔다(2012). 초소형 기계 장치 개발은 수신기 설계에 보다 작은 크기, 많은 유연성 및 향상된 기능을 제공해야 한다.(2015). 미래 개발은 신뢰성 및 제조 수율의 향상뿐 아니라 열 특성 및 통합복잡성을 감소시키고 생산 비용을 절감 시킬 수 있다고 예상된다.

7.4.3. 수중 통신

해양 역학(Ocean Dynamic)은 수중 및 해수면 통신에 대한 도전이자, 무인잠수정과 무인수상정의 고유 기술이다. 이 체계는 실시간, 쌍방향 통신의 효율성을 향상시켜 임무 수행이 약화되지 않도록 한다. 해군의 수중 지배 로드맵은 무인잠수정, 분산된 네트워크 체계 및 전술 플랫폼과 연결되는 현재 및 미래 아키텍처와 동일시 될 것이다. 이 로드맵에 설명된 미래 개발은 기존 기술뿐 아니라 해군 연구처 S&T 연구 및 개발 노력을 통해 얻을 잠재적인 새로운 성능에 영향을 미칠 것이다.



7.4.4. 스펙트럼 고려사항

미 군사 작전은 스펙트럼을 적절하게 이용할 수 없는 세계 곳곳에서 일어나고 있다. 미국과 미 연합군이 현재 및 미래 임무 지역에 배치하고 있는 스펙트럼 독립 체계의 수가 증가하고 있다. 이 스펙트럼 독립 체계는 보다 많은 정보를 수집하고, 병사에게 스펙트럼 독립 체계 정보를 직접 전송하기 위해 대체로 큰 대역폭을 요구한다. 후자의 사항은 새로운 ISR 무인항공체계는 넓은 지역 감지 센서를 포함하고 있는 OEF(Operation Enduring Freedom) 작전에서 볼 수 있는데, 선택적 스펙트럼 대역이 더 넓은 대역폭 처리를 돕는 사실이 확인되었다. 작전 지역은 어수선하고 호전적인 스펙트럼 환경 때문에 소음으로 요란하다. 그래서 미 국방부의 스펙트럼 독립 체계는 지속적인 스펙트럼 효율성 향상을 요구한다. 모든 무인체계는 개발단계 동안 스펙트럼 지원능력을 완전히 갖춰야 하고 미 국방부 훈령 DODI 4650.01에 부합하는 위험 평가를 완료해야 하며, 기술 및 작전 스펙트럼 지원능력을 식별하고 규정을 완화해야 한다. 국내 및 국제 스펙트럼 규칙과 정책이 빠르게 변화할 수 있기 때문에 개발자는 통신 체계 설계가 마무리 되기 전에 국방부 스펙트럼 부서와 긴밀한 연락을 유지해야 한다.

근거리 통신 데이터링크를 사용함으로써 SATCOM 체계 서비스를 거부하거나 약화된 작전을 지원한다. 이러한 조건에서는 향상된 스펙트럼 사용 효율성에 대한 지원이 필요하기 때문에 근거리 통신 스펙트럼에 대한 요구가 확대될 것이다.

미 국방고등연구계획국(DARPA)의 차기 사업과 차기 무선 네트워크(Wireless Network after Next, WNaN) 사업은 동적 스펙트럼 접속(DSA)의 가능성을 시연했다. 동적 스펙트럼 접속은 다른 인접한 스펙트럼 독립 체계 실제 사용과 특정 대역의 사용 불능의 사례를 근거로 하여 주파수 대역 사용 교체 능력을 제안한다. 합동전술무선통신체계(JTRS) 사업은 동적 스펙트럼 접속기술을 사업 시스템으로 통합 가능성을 연구하고 있다. 미 육군은 차기 무선 네트워크를 기록과 관련한 육군 사업의 일부로 보고 있다. 반면, 최근에 미 공군 과학자문위원회는 동적 스펙트럼 접속은 증명된 기술과

는 거리가 멀다고 언급했다. 개발 단계에 있는 도전과제는 대항책, 기존 시스템과 통합하는 비용, 발전하고 있는 표준(규정을 포함하는 것) 및 공동 사이트 간섭(2015년)에 대한 민감성을 수반한다.

대체기술발전은 간접신호소거(Coherent Signal Cancellation), 시공적응성처리(Space-time Adaptive Processing), 편파 다이버시티 및 적응형 디지털 빔(Adaptive Digital Beam) 형성 등과 같은 내외부 전자기 간섭 완화 발전뿐 아니라 스펙트럼 효율성을 향상시키기 위해 지원해야 한다.

7.4.5. 통신 및 신호 처리

7.4.5.1. 무선 주파수(RF) 파형

미 군사 작전은 스펙트럼을 적절하게 이용할 수 없는 세계 곳곳에서 일어나고 있다. 미국과 미 연합군이 현재 및 미래 임무 지역에 배치하고 있는 스펙트럼 독립 체계의 수가 증가하고 있다. 이 스펙트럼 독립 체계는 보다 많은 정보를 수집하고, 병사에게 스펙트럼 독립 체계 정보를 직접 전송하기 위해 대체로 큰 대역폭을 요구한다. 후자의 사항은 새로운 ISR 무인항공체계는 넓은 지역 감지 센서를 포함하고 있는 OEF(Operation Enduring Freedom) 작전에서 볼 수 있는데, 선택적 스펙트럼 대역이 더 넓은 대역폭 처리를 돕는 사실이 확인되었다. 작전 지역은 어수선하고 호전적인

미래 국방부 연구&개발 노력

- 영상 비트 깊이(bit depth) 증가
- 비디오의 품질 및 공간적 시간적 확장성
- 색 구성요소 숫자 증가
- 새로운 전달 패러다임(예를 들면, 관심, 타일링, 클라이언트/서버 방식(C/S)의 지역)
- 오류은폐 및 송신오류의 견고성
- 소음 또는 높은 손실 통신 환경 내에서 압축된 스트림에 대한 신뢰성
- 개선된 압축 효율성

미국의 무인체계 통합 로드맵

스펙트럼 환경 때문에 소음으로 요란하다. 그래서 미 국방부의 스펙트럼 독립 체계는 지속적인 스펙트럼 효율성 향상을 요구한다. 모든 무인체계는 개발단계 동안 스펙트럼 지원능력을 완전히 갖춰야 하고 DODI 4650.01에 부합하는 위험 평가를 완료해야 하며, 기술 및 작전 스펙트럼 지원능력을 식별하고 규정을 완화해야 한다. 국내 및 국제 스펙트럼 규칙과 정책이 빠르게 변화할 수 있기 때문에 개발자는 통신 체계 설계가 마무리 되기 전에 국방부 스펙트럼 부서와 긴밀한 연락을 유지해야 한다.

모든 ISR 체계는 가능하면 공통데이터링크 파형 규격을 적용한다. 소형 공통데이터링크 체계는 과거 보다 가능한 한 작은 플랫폼 내에서 사용이 가능하도록 개발되고 있다. 미래 후보(Candidate) 공통데이터링크 파형 개발중에는 송신 속도(다중 bph와 Gbps 범위 내 운용으로)와 보다 효율적인 순방향 오류 정정(Forward Error Correction, FEC) 코딩을 위해 추가 “Dial-A-Rate” 기능이 포함되어 있다.(2가지 모두 2014년) 또한, 많은 무인항공체계 사업부는 보다 효율적인 공통데이터링크 파형, 추가 주파수 대역 운영, 확장된 통신 보안, 저탐지율(LPI) 또는 저피탐성(LPD), 향상된 항-재밍(AJ), 링크 출력의 성능 향상을 추구한다. 또한, 공통데이터링크 신호를 받는 해상 및 지상 기지에 부합하는 발전을 하고 있으며, 무인항공체계 특수임무부대와 이의 I-IPT를 통해 이와 같은 시스템의 공통성을 향상시키고자 상당히 노력하고 있다.

미 국방고등연구계획국, 관련 산업계와 학계가 합동하여 미래 공통데이터링크 개발에 참여할 예정이다. 미 국방고등연구계획국의 사업 중 이와 가장 연관성 있는 것은 간섭 다차원접근과 분산 톨러런트 네트워킹(Disruption Tolerant Networking) 사업이다.

7.4.5.2. 전처리

무인체계가 제한된 대역폭 능력 환경에서 수집한 데이터의 방대한 양을 고려하면, 근-실시간으로 지상지휘소에 회신하는 필요한 데이터의 양을 결정하는 것은 도전과제 중 하나이다. 이미지의 부분을 근-실시간으로 선택, 추적, 회신하는 최선의 방법을

강구하는데 관심을 두고 있다. 이 선택 활동은 현재 비밀 TPED 사업 내에서 개발되고 있다. 이는 향후 무인체계에 탑재될 전처리 활성화에 적용될 것이다. 개선된 전처리 과정에는 무인해양체계의 지속성을 유지하기 위해 크기, 중량, 동력 및 냉각을 줄이는 센서와 프로세서 소형화 작업도 동반되어야 한다.

7.4.5.3. 압축

압축 기법은 대역폭 소요량을 줄임으로써 운영비용을 줄이고 운영의 유연성을 향상시키는 등 막대한 잠재성을 지니고 있다. 예를 들면, 동영상(FMV), 합성개구레이더(SAR), Inverse SAR(ISAR) 및 다중 스펙트럼 이미지는 고 대역폭 소요량을 야기시킬 수 있다.(360 Mbit/s 데이터 속도) 압축 시 데이터 링크 대역폭 소요량은 1~30 Mbit/s 범위에서 발생될 수 있다. 현재 압축 기법은 모션 영상 체계 모형(Motion Imagery Systems Matrix, MISM)에 기재되어 있다. 이 모형은 모션 영상 체계에 대한 넓은 카테고리를 단순 식별하기 위해 권장된 실행을 정의한다. 모션 영상 체계 모형의 목적은 사용자 커뮤니티가 사용하기 용이하게 하고, 공통 단축형 참고 용어를 제공하여 지리정보 모션 영상 시스템을 위한 국가체계/정보 커뮤니티(IC)/국방부의 기본적인 기술 능력을 기술하기 위함이다. 무인체계에 필요한 영상 품질은 명목상 모션 영상 체계 모형 수준 4M/4H 및 3M/3H 정도 될 것이다. 상용 시장에서 흔히 이용되고 있는 H.264 표준은 MPEG-2 방식보다 두 배 이상의 성능을 제공한다. 첨단 인코딩 옵션은 기존보다 훨씬 개선될 것이다. 국제 연합의 ITU 목표는 H.265 표준이 H.264 절반의 비트율로 품질수준을 제공하는 것이다.

수집된 모든 데이터의 압축은 송신해야 하는 정보의 양을 줄여주는 진보적인 기술이다. 더불어, 표적의 위치에 대한 오래된 정보를 최신 자료로 교체할 뿐 아니라 표적 주변의 변하지 않는 정보를 재송부하는 기술도 포함될 것이다.

성능 향상 및 압축 기술은 대역폭 소요량과 운영비를 감소시키는 막대한 잠재력을 지니고 있다.

7.4.5.4. 암호화

데이터 암호화에 대한 무인체계통합에는 NSA Type 1 혹은 FIPS 간행물 140-2 증명된 설루션이 포함된다. Type 1 시스템 등 수 많은 암호화 설루션은 무인체계통신을 보호하기 위해 존재한다. NSA는 명확하게 인증 절차를 간소화하고, 비용을 감축하기 위해 많은 정책과 계획을 개발하고 있다. 미래 암호화 설루션(2015)에는 안전하게 분류된 정보를 연합군 및 아군과 공유하기 위해 본질적으로 Suite B 암호화 알고리즘이 들어 있다. 부가적으로, 수많은 암호화 설루션은 원거리 관리용 공개 표준과 같은 컨셉에 기초를 둘 것이다. 여기에는 사물통신(Machine To Machine) 정보교환 지원을 위한 '동적 그룹 키(Dynamic Group Keying)', 암호법 구성요소 재사용 및 이식성(Portability)을 높이는 '공통 무선 및 체계 불가지 암호법 인터페이스(Agnostic Cryptographic Interfaces)', '비밀 데이터 보호용 소프트웨어 기반 설루션', 이동 및 저장 중인 다기능 단독-칩 데이터 암호화', 암호/해독/랜덤 키 발생(Random Key Generation), 키 관리 등 '암호 모듈로 압축된 단독-칩'이 있다.

7.4.5.5. 다중 입력, 다중 출력(MIMO) 체계

다중 입력, 다중 출력은 증명된 기술이자, 현재 4G 무선체계에서 사용중인 체계이다. 다중 입력, 다중 출력은 정보 이론, 순방향 오류 정정 코딩, 신호 처리, 전파 이론(Propagation Theory)을 결합시킨다. 결과적으로 다중 입력, 다중 출력 및 시공간 코딩을 지원하는 수학(Mathematics)이 복잡해진다. 다중 입력, 다중 출력은 저-데이터 속도로 다양한 경로를 활용할 수 있다. 총 최고 데이터 속도를 달성시키기 위해 시공간 코딩을 적용하고 용량을 최적화하고, 더불어 재머 마진(Jammer Margin)을 위해 절전시킨다.

디지털 증거개시제(E-discovery), 인터페이스 설계, 적응형 프로토콜 분야의 진보는 자가형성 및 자가 치유 메쉬 네트워크가 무인체계를 멀티 플랫폼, 멀티 센서 타입 네트워크에서 운용 가능하게 할 것이다.

7.4.5.6. 보호 통신

무인체계는 일반적으로 양호한 환경에서 운영되어왔다. 그러나 현재 전장 환경에서 통신을 안전하게 운영하기 위해 개선하고자 노력하고 있다. 이러한 노력은 기타 통신 체계 발달 단계에 있는 저탐지율, 저피탐성 및 항-재밍 활성화에도 영향을 미친다. 전장 환경에서 무인해양체계가 운영되는 동안 항목별 시스템위협평가보고(STAR)는 저탐지율, 저피탐성 및 항-재밍 기술을 채택해 시스템 설계에 통합시킬 정도로 개발되어야 한다. 저피탐성은 특수작전활동을 숨기고 저전력, 대역 확산, 펄스 전송 및 지향성 안테나 등과 같은 기법을 포함하고자 노력하고 있다. 저탐지율을 위한 주요 기법은 파형 내에서 비트 커버 열(Bit Cover Sequences)을 사용하는 것이다. 항-재밍 기술은 프로토콜 수준 및 주파수 호핑에서 결합시키는 무작위배정(Randomization)방법을 포함한다. 동적 스펙트럼 접속 소프트웨어 실행이 일부 항-재밍 보호를 제공할 수 있다.

7.4.6. 네트워크 체계

다양한 무인체계의 네트워킹은 수집한 정보를 중계하거나 전송하기 위해 원거리, 도시, 적지 혹은 시끄러운 전자기 스펙트럼 환경에 있는 체계에 대한 확실한 연결성을 필요로 할 것이다. 미 국방고등연구계획국의 LANdroids 사업의 일환으로 이와 같은 하나의 컨셉이 개발 중에 있다. 또한, 이는 소형 및 적정비용으로 기동력을 증가시켜 자동으로 협력 및 이동할 수 있는 스마트 로봇식 무선 네트워크 중계 노드에 대한 개발을 필요로 한다. 자가-형상, 자가-최적화, 자가-치유, 테더링 및 전력 관리의 능력을 시연하려고 노력한다. 또 다른 컨셉은 미래 네트워크 형상에 대한 서비스 지향 아키텍처 접근법에 대한 응용프로그램이 될 것이다.

7.4.7. 광 통신

무인체계통신에 탑재된 레이저에 대한 응용프로그램은 향상된 목표탐지능력 및 항-재밍 능력을 제공하고, 통신 보조체계 내부의 전자기 간섭을 감소시킬 것이다. 광 통신체계는 “대기 흡수”라는 단점을 지니고 있지만, 더 큰 대역폭(Gigabits-per-second) 능력을 제공한다. 근거리 통신 광 링크는 링크 범위 50km 이상에서의 시연을 성공적으로 완료했다. 응용프로그램은 고정 위치, 공대공 및 함대함 시나리오에 적용될 수 있다.

이론 측정치는 공대지링크가 100Mbit/s 속도로 링크경사거리(Slant Ranges) 100km까지 실현 가능하다고 나타낸다. 이런 시스템의 초협빔 대역 때문에 움직이는 무인체계에서 무인체계로의 위치정확도를 유지시키는 것은 매우 어려운 일이다(2020).

7.5. 미래 경향

무인체계가 우리의 전투 부대에게 제공하는 전력 증강자로서의 역할 때문에 통신 체계 지원능력에 대한 수요는 지속적으로 증가할 것이라고 기대된다. 증가하는 수요에는 무인체계가 할당된 기능을 자동으로 수행하는 동안에 단일 운영자가 실시간 분석을 수행하는 능력도 포함될 예정이다.

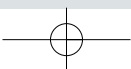
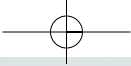
미래 통신 장비는 쉽고, 빠르고, 경제적 변경, 업데이트 및 업그레이드되는 단순 플러그앤플러그(PnP) 페이로드를 필요로 할 것이다.

7.6. 요약

한계가 있는 대역폭에 대한 경쟁이 전 세계적으로 일어나고 있다. 동시에, 고 해상도, 끊임 없는 일정한 적용범위 및 지속적인 정보 흐름을 제공하는 무인체계에 대한 수요가 증가하고 있다. 대립되는 요구사항을 극복하기 위해서는 물리적 방식과 소프트웨어 발전을 지원하는 기술을 활용하고, 방대한 데이터양의 이동 및 처리 방법에 대한 근본적인 변화가 이루어져야 한다. 다음 그림은 이 로드맵의 방향을 통해 우리가 기대할 수 있는 미래 능력 및 기술을 간략하게 보여준다.

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
통신	기술	보안 Micro DDL		DDL 칩의 수 감소& 단일 칩 T/P			첨단 MIMO		다초점 수퍼냉각 안테나		첨단 에러 제어, 첨단 MIMO 구성, 네트워크통로다양성	
	성능		스펙트럼유연성 체계		향상된(100배) 수신기 설계			동적네트워크 재설정	강화 압축 (H.265)	컨포멀 위상배열안테나	광통신	환경 기반 적응형 동적 시스템 변화
		저 SWaP체계 다기능 안테나 확실한 가시선/비가시선 통신, 정보인증 및 접근차단지역 내 증가한 대역폭 능력 등을 다룸										

그림 17 통신 로드맵





8. 훈 련

8.1. 기능 설명

8.2. 현 상황

8.3. 문제점

8.4. 발전 방향

8. 훈련

8.1. 기능 설명

전투원의 훈련은 전투력으로 이어지는 핵심 사항이다. 국방부는 기술적으로 최첨단장비를 구입할 수는 있지만, 사용자 및 정비지원인력이 적절하게 훈련되어있지 않으면 전투력 또한 미미할 것이다. 이러한 훈련의 중요성은 획득 사업관리자로 하여금 ‘개인, 집단, 합동훈련 등 훈련 공동체와 함께 작업할 것’이라는 획득 절차의 한 부분으로 강조되어 있다.⁸⁾

훈련은 성능강화를 위한 지식 습득, 기술 연마, 개념 및 규정, 태도와 행동 변화 등을 배우는 과정이다. 일단 최초의 훈련이 완료되면, 그 숙련도는 합동훈련까지 계속해서 영향을 미친다. 무인체계는 다음 요인에 의하여 훈련 상의 고유한 문제를 야기한다.

- 훈련 영역/국가공역체계 통합의 유효성
- 주파수 대역 관리
- 전시 수요에 따른 무인체계 기종 및 수량의 급증
- 무인항공체계, 무인지상체계, 무인해양체계 종류가 늘어감에 따라 조종사의 자질, 센서 조작원의 자질, 지원인력의 자질 등 구성이 상이함
- 전시 무인항공체계 효율성으로 인해 미 공군은 가상 전투상황 하에서 일일 훈련을 실시함. 이는 미 공군으로 하여금 미 육군과 해병대가 항상 하는 사전 전개훈련에 무인체계를 적용할 기회를 제한함
- 운용자의 상호운용성과 무인체계 통제소 설계 표준의 부족
- 군 간 표준화된 합동전술 부족

8) DoD Instruction 5000.02 Operation of the Defense Acquisition System, December 8, 2008, p.61.

8.2. 현 상황

무인체계가 성숙해지고 획득 프로그램이 전 군에서 활성화됨에 따라, 실용성이나 가능성에 상관없이 각 군은 훈련과 훈련체계를 포함한 군수지원비용 및 수송비용을 공유하려 한다. 지금까지의 많은 성공적인 기록들은 무인체계를 위한 최고의 합동훈련 표준을 향해 가는 하나의 기틀이 될 수 있다.

- 미 해병대와 육군 인사과는 애리조나 Fort Huachuca의 육군 훈련 시설에서 합동 Shadow 무인항공체계 면허 강좌를 운용한다. 해군이 Shadows를 운영하지 않는 동안, 해군 조종사와 정비원은 우선도가 높은 능력 차이를 메우는 것을 요청 받았다. 이 작업은 하드웨어와 소프트웨어, 시뮬레이션 또는 실질적인 실습훈련의 변화없이 달성되었다. 해군 인사는 Shadow 시스템에 성공적으로 배치되었다.
- 공군 및 해군참모총장은 공군의 Global Hawk와 해군의 BAMS 무인항공체계 프로그램의 합동 효율을 더 잘 이용하기 위해 합의각서를 체결했다. 실무단의 목표는 시스템 사이의 투명성과 공군 및 해군조종사를 위한 공통 작업환경의 조성이다.
- 미 육군과 해군, 해병대 인사는 정비 요구사항과 지상통제시스템을 포함하는 Raven B 훈련과 장비를 공유한다.
- JUAS COE⁹⁾는 공동의 작전개념, 훈련 자격 표준과 전술, 기량, 절차를 개발했다.

훈련 절차와 무인체계 표준화를 위한 미 국방부의 권한이 주어진 이러한 성공담에도 불구하고, 무인체계 훈련 현황에 대해 아직 많은 연구가 진행 중이다.

9) JUAS COE는 2011년 6월 해산되었고, 그 작업은 합동참모와 무인항공체계 특수임무부대(TF)로 이동하고 있다.

광범위한 무인항공체계 훈련 전략에 대한 필요성은 2009년 7월과 11월에 ODASD(R) TR&S 가 주최한 무인항공체계 훈련 워크숍에서 강조되었다. 이 워크숍에는 4개 군 모두와 전투사령관, 미 국방장관실을 비롯한 무인항공체계 문제와 연관된 합동 조직들이 참여했다.

또한 미 회계감사원 보고서는 무인항공체계 훈련계획의 부족함을 깨닫고 무인항공체계 운용에 영향을 미칠 문제들을 해결하기 위해 국방부에 성과지향적인 전략을 개발하기를 요청했다.¹⁰⁾

실전, 가상 현실, 건설적 및 혼합된 장소를 통해 더욱 효과적이고 효율적이 가능하도록 도구와 기술을 개발함으로써, 도전적이고 점점 더 복잡해지는 미래 운용 환경을 뛰어넘을 수 있는 능력을 보유한 군인들과 지도자들을 제공한다. 미래 훈련을 통해 미래 군대는 현재 성취량 보다 더 많은 것을 보유하고, 더 많은 기술을 신속하고 저렴하게 확보할 수 있어야 한다. 병사들과 부대는 비관습적인 주진지 훈련기량과 기술을 훈련 받아야 하고, 운용에 앞서 훈련할 수 있어야 한다. 미래 훈련은 강화되어야 하고 각각의 능숙도와 배우는 속도를 설명하는 즉, 결과 기반 훈련 이어야 한다. 미래 훈련과 지도자 개발은 완전하게 융통될 수 있어야 하고 군인들이 직면하고 있는 운용상의 난국을 해결하기 위해 측정 가능해야 한다.

- Capability Gap/Deficiencies, Robotic Systems Joint Project Office
Unmanned Ground Systems Roadmap, July 2009

10) GAO-10-331, UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS: Comprehensive Planning and a Results-Oriented Training Strategy Are Needed to Support Growing Inventories, March 2010.

8.3. 문제점

전장에서의 병력축소와 전개로 인해, 군은 비전시 상황에서 포괄적인 지속성과 합동군 훈련, 선정된 합동훈련 지역 등이 필요할 것이다. 이러한 예측불허의 사태에 대한 준비에 실패한다면 경험에서 얻은 전투력의 손실을 야기할 것이다.

8.4. 발전 방향

ODASD(R)TRS는 포괄적인 미 국방부 무인항공체계를 개발하기 위한 노력을 이끌고 있다. 전략은 각 조직의 기술과 전문 지식에 영향을 미칠 것이고 군에서 이미 완료되거나 진행 중인 기초적인 노력을 기본으로 하고 있다. 이 연구는 군 작전개념과 합동훈련요구도, 연속성, 자격조건의 기술과 식별이 된 전투사령관 무인항공체계 계획과 사업, 서비스, 현재와 미래의 합동 등의 적절성에 대한 평가와 조사이다. 전략은 모든 무인항공체계 그룹의 개별, 부대 및 대규모 부대에 대한 훈련 요구도를 식별하고 설명한다. 이 결과는 무인항공체계 훈련지침에 대한 부족과 보완사항을 분석하고, 무인항공체계 훈련에 대해 권고하며, 무인항공체계 단체에 대한 충분한 투자제안 등을 하여 무인항공체계 훈련 로드맵이 될 것이다. 무인항공체계 훈련 로드맵은 이 무인체계 로드맵의 동류로써 전투 지휘관에게 무인항공체계 성능을 인도하는 것과 관련된 노력 전반을 제공한다.

직관적으로, 향후 검토될 필요가 있는 이슈들은 아래와 같다.

정책 : 매일 지속적인 훈련으로 조금씩 관심이 이동하고, 나아가 무인항공체계가 국가공역체계에 더욱 통합됨에 따라, 훈련성능에서의 예상하지 못한 괴리는 정책적으로 검토될 필요가 있을 것이다.

교육 : 무인항공체계는 훈련시나리오와의 연관성을 위해 습관적으로 통합할 필요가 있다. 지휘관은 전투 자원으로서의 무인항공체계의 사용에 관해 교육을 받아야 하고 비교적 신형 무인항공체계로 훈련하는 방법을 배워야 한다. 전술, 운용, 전략 수준의 무인항공체계와 정보, 정찰, 감시 교리는 적절하고 전문적인 군사교육과정을 포함하여야 한다. 현 운용자, 제한비행, 훈련요구도 확장 등은 교육되어야 하고, 교육기회가 있어야 하며, 자대 훈련 동안에는 연합연습, 합동훈련센터의 교류 등이 강조되어야 한다.

훈련 자동화와 시뮬레이션 : 무기체계 성능의 빠른 확장은 훈련 시뮬레이션에서도 관련된 확장을 필요로 한다. 이 확장은 자원의 효과와 효율을 위해 시뮬레이션의 정확도 개선과 활동 중인 플랫폼과의 통합을 필요로 할 것이다. 훈련 환경과 교육용 프로그램의 개선이 필요할 것이다.

기초와 습득 : 훈련 요구사항이 정의됨에 따라, 위치를 바탕으로 제시된 현재 성능은 효과적인 훈련을 제공하기 위해 습득되는 것에 반하여 평가되어야 한다.

... 무인항공체계 조종사는 시뮬레이션을 사용하는 것이 전투 준비에 중요하다고 충고했다. 무인항공체계 시뮬레이션은 매우 정확하고 현실적이다. 특히 Shadow 무인항공체계는 시뮬레이터와 실제 항공기 사이의 차이점을 말하기 어려울 정도이다.

- SFC Brian Miller, 무인항공체계 표준화 NCO, 표준 및 평가부,
USAACE, Fort Rucker

대다수의 비행훈련은 시뮬레이션이다.

- SSG Brian Morton, 15W 무인항공체계 강사/표준화 NCO,
무인항공체계 훈련 대대, Fort Huachuca

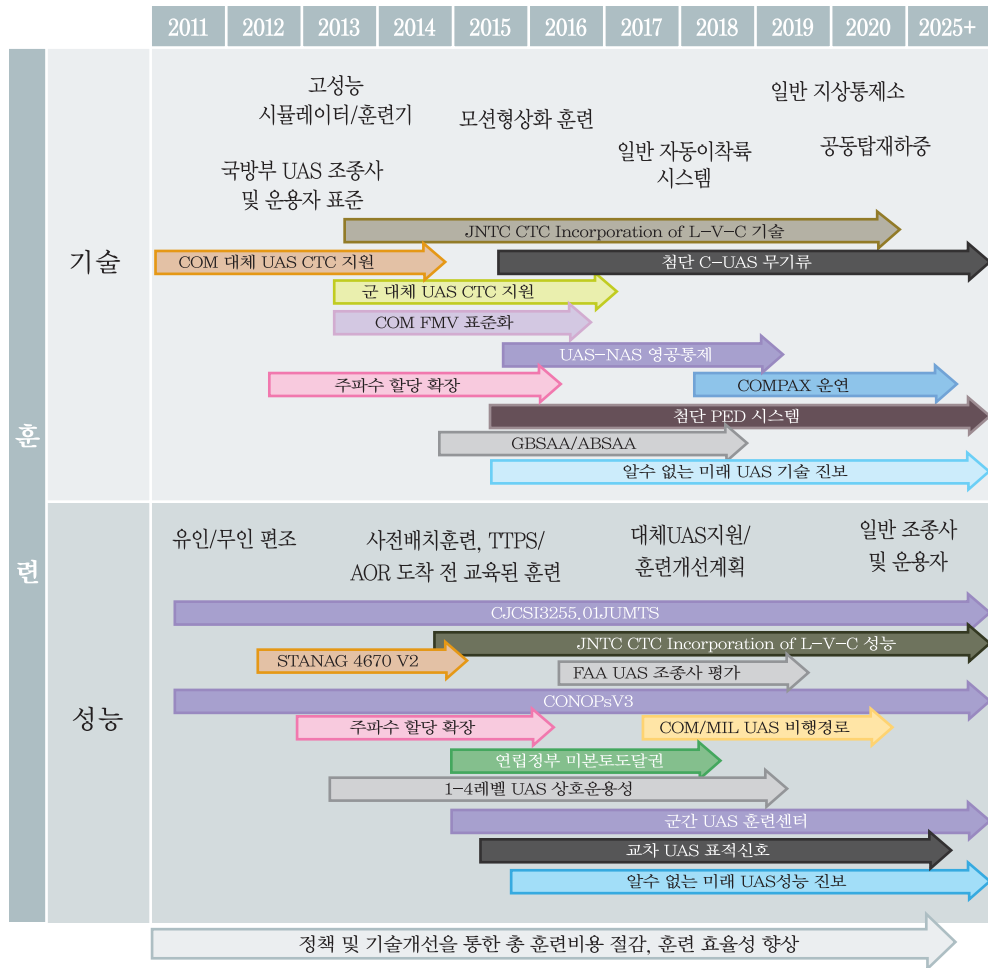
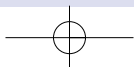
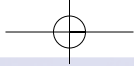
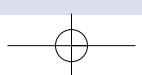
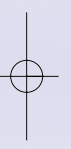
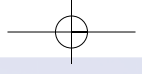


그림 18 훈련일정 개략도

*미 국방부 UAS 훈련 전략은 현재 개발 중이며, 기개발 결과는 추가 예정





9. 추진 및 동력

- 9.1. 기능 설명
- 9.2. 현 상황
- 9.3. 문제점
- 9.4. 발전방향

9. 추진 및 동력

9.1. 기능 설명

모든 공중, 지상, 해상의 임무 수행 시 요구되는 사항을 충족시키는 무인시스템 개발 및 배치가 급속도로 증가함에 따라, 무인시스템용 추진 및 동력의 요구조건과 관련하여 효율적이고 강력하며, 이동 가능하고, 군수지원이 가능한 해결책에 대한 수요도 동시에 증가되어 왔다.

추진 및 동력은 추력을 공급하기 위한 주 동력원과 무인 비행체계 임무 수행을 위하여 전기로 구동되는 부속체계를 운용하기 위한 전력변환장치, 관리 및 분배계통 등으로 구성된다.

9.2. 현 상황

무인체계에 사용되는 추진체계는 중유 및 가솔린을 사용하는 연소엔진을 포함하여, 제트엔진, 전기추진시스템, 연료전지, 태양광에너지, 하이브리드동력시스템 등이 광범위하게 사용된다. 이러한 추진시스템은 무인체계의 크기와 임무에 따라 터빈엔진, 내연기관, 전기시스템 등 3그룹으로 나뉜다. 이러한 구분은 단순하거나 명확하지 않을 수도 있지만 임무 목적에 따라 크게 달라진다. 최적의 추진시스템을 결정시 고려해야 할 주요 요소로는 크기, 무게, 기류, 작동범위, 효율 및 속도가 있다. 현재 유사하게 사용중인 많은 동력시스템은 배터리나 엔진 구동 발전기, 태양에너지 및 하이브리드 시스템 등이 있다.

전 세계적으로 에너지 보유량이 점차 감소하고 미 국방부에 의해 수행되고 있는 대체 에너지 개발을 전략적 목표로 수립하면서 추진 및 동력에 대한 시험평가가 중요하게 부각되고 있다.

9.3. 문제점

항속거리는 무인시스템에서 가장 주목해야할 특징 중 하나일 것이다. 동력 및 추진 시스템이 유인 시스템보다 상대적으로 더 개선되고 있으며, 첫 비행을 앞두고 있는 X-51A 스크램제트(ScramJet)와 같이 항속거리, 속도 및 운용범위 면에서 훨씬 효율성이 높은 시스템을 위한 연구가 지속되고 있다.



그림 19 X-51A 스크램제트

9.4. 발전 방향

9.4.1. 추진 시스템

항공기 추진시스템의 주요 장기 목표는 시스템의 비연료소비율을 기존 가스 터빈 엔진 대비 30% 이상 줄이는 것이다. 현재 효율성, 고 압축시스템, 가변 사이클 엔진 기술, 고온소재 및 고효율 터빈 날개 냉각기술, 열 및 동력 요구사항을 만족하면서 효율적인 재생에너지 기술 등의 개발이 진행되고 있다.

- 항공공학 연구 및 개발, 해당 인프라와 관련된 국가 계획

이러한 기술들은 다용도 차세대 터빈 엔진(Versatile Affordable Advanced Turbine Engines, VAATE) 프로그램의 일부인 고효율 터빈엔진(Highly Efficient Embedded Turbine Engine, HEETE)과 고효율소형추진(Efficient Small-Scale Propulsion, ESSP)제품의 무인항공시스템 적용을 위하여 개발되고 있다.

고효율 터빈엔진은 복잡한 흡입관과 배기노즐을 가진 고정 엔진을 장착하여 향후 가혹한 내구성 및 운용범위 요구조건을 충족하며 연료 효율성이 높은, 아음속 엔진기술을 검증할 예정이다. 추력범위가 20,000~35,000lbs인 고효율 터빈엔진에 주어진 과제는 2개인데, 내부에 고 바이패스 엔진을 장착하는 것과 추력조절이나 비행조건에 관계없이 많은 양의 전력을 공급하는 것이다. 고효율 터빈엔진 설계는 내부에 장착된 엔진의 제한된 직경 내에서 높은 바이패스가 되도록 매우 작은, 고성능의 코어를 제공한다. 추진 효율은 복잡한 흡입구 뒤에서 작동에 필요한 왜곡률을 갖도록 설계된 고효율의 팬 설계에 의해서 이루어진다. 고효율 터빈엔진 코어는 기존의 최신 제품보다 2.3배 더 높은 압력비에서 운전되며 이러한 비율 덕분에 고고도 및 장기체공(High Altitude Long Endurance, HALE)에서 보조동력의 큰 여유를 갖도록 해 준다.

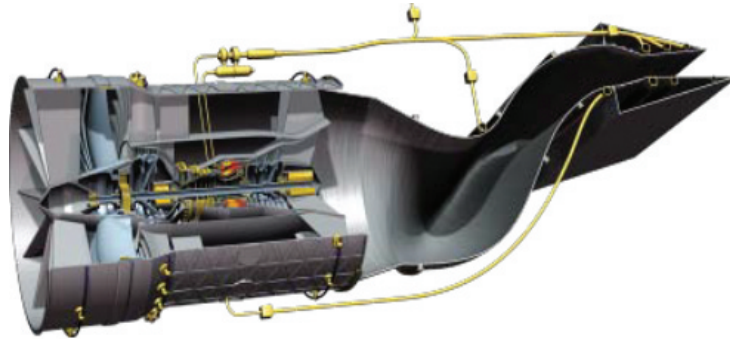


그림 20 고효율 기반 터빈엔진 (HEETE)

고효율소형추진기는 100~2500lbs 범위에 해당하는 비행체를 위한 추진 장치에 관한 모든 기술을 다루고 있다. 이러한 제품들은 중대한(Game-Changing) 시스템 성능을 보증한다. 고효율소형추진기의 목표를 달성해야 하는 S&T의 도전과제는 가스 터빈 또는 피스톤 엔진 시스템에서 전형적으로 다루어지지 않은 설계영역의 고효율 (낮은 연료 소비율)을 가진 고출력 밀도를 동시에 달성하는 것이다(그림 21 참조).

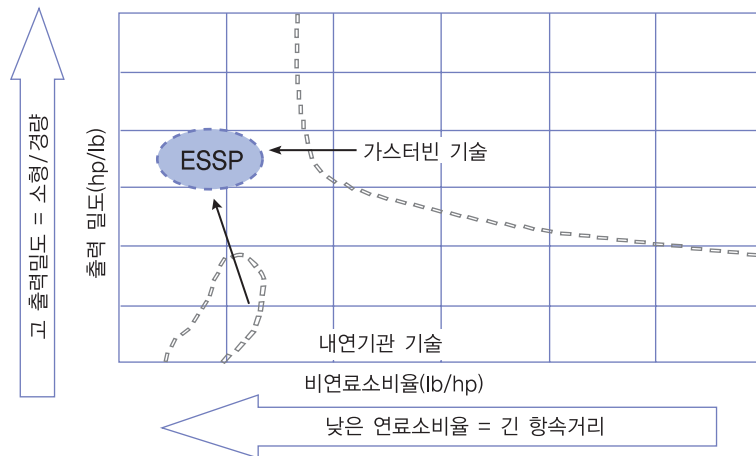


그림 21 고효율 소형추진 (ESSP)

고효율소형추진기는 비연료소비율(Specific Fuel Consumption, SFC)을 감소시키고 높은 출력밀도와 중유소모능력을 증가시키는 다양한 시연을 수행할 것이다. 이러한 시연 중에는 덕티드 팬, 축회전 엔진, 중유엔진전환기, 재열기 등이 포함되어 있다. 고효율소형추진기는 장기적인 성능을 목표로 고온에 견디는 터빈과 고압축비의 압축기를 설계하고 리그시험을 실시하고 있다.

덕티드 팬은 가까운 장래에 시연될 제품 중 가장 복잡하다. 시연될 두 가지 주요 기술로 고 바이패스 덕티드 팬과 가변 터빈 노즐 기술이 있다. 시험을 통해 이륙 시 최대 추력에서는 두 개의 다른 코어 가스발생기로부터 공기가 고 바이패스 덕티드 팬을 구동하고, 순항상태에서는 연료소모율을 줄이기 위하여 가변 사이클 특성에 따라 하나의 코어 발생기를 동작 중지한다. (종래의 고 바이패스 터보팬은 순항조건을 얻기 위해 출력을 줄여야 하며 이 방법은 엔진의 속도를 감소시키고 압축비가 줄고 이는 부품의 효율을 감소시켜 비연료소비율을 증가시킨다.) 순항시 덕티드 팬을 작동시키는 다른 코어 가스 발전기는 연료소비율이 최적화된 설계점 구간에서 운용한다. 가변 터빈 노즐은 효율적인 터빈 성능을 유지하고 덕티드 팬을 구동하기 위해 공기의 흐름에 변화를 주어 조절을 한다.

축회전 디스크엔진은 4인치와 8인치 디스크 엔진에 대한 중소기업기술혁신촉진프로그램(Small Business Innovation Research, SBIR) 계약에 영향을 주었다. 두 엔진은 잠재력으로 엔진성능을 강화하기 위해 미 국방장관실 중소기업기술혁신촉진프로그램에서 파생된 최신 초소형 부품을 활용한다. 주요 기술과제는 마이크로 연료 분사기와 방사형의 엔진실의 개발 및 열역학 과정을 이해하는 것이다. 두 가지 크기의 디스크엔진은 첫 시험을 거쳤으며 그 시험에서 출력밀도가 1.38까지 크게 증가하였다. 축회전디스크는 디스크 크기를 조정함으로써 다목적 무인항공기 플랫폼에 확장될 수 있다.

중유전환엔진(Heavy Fuel Conversion Engine)으로 Predator 무인기에 장착된 Rotax엔진은 항공유(AvGas, 옥탄가 100)로 작동된다. Rotax 개념 시연은 초기에는 옥탄가가 낮은 연료로, 궁극적으로는 JP-8 중유 연료로 엔진을 작동하는 것을 목표로 한다. 옥탄가 70인 연료를 사용하는 엔진 시험을 성공적으로 완료하였다. JP-8연료에 대하여 옥탄가가 규정되어 있지는 않지만, 지금까지의 연료 분석 결과로는 옥탄가가 20~50 범위에서 변화한다. 2010년까지 완료를 목표로 JP-8 연료를 사용하여 Rotax 엔진을 작동하는 시험을 진행 중이다. 이와 동시에 중소기업 기술혁신 촉진프로그램을 통하여 Shadow 무인기의 UEL AR-741 엔진 연료를 JP-8으로 전환하는 것을 시도하고 있다. 전환 작업의 목표는 JP-8연료로 작동하면서 엔진성능수준을 유지하는 것이다.

General Motors의 전기 자동차를 작동시키기 위해 Williams International에 의해 개발한 WTS126 터보 제너레이터(Turbo Generator)는 고효율의 재열기를 장착하였으나 비행체에 장착하기엔 너무 무겁고 크다. 비행체 적용을 위한 성능, 크기, 무게 사이의 균형을 고려할 때, 효율성이 떨어지는 재열기가 최적임이 VAATE II 연구를 통해 밝혀졌다. WTS126은 Shadow용 중유연료 추진 시스템의 대안이 되고 있다. WTS126의 기본형과 효율이 낮은 재열기가 장착된 새로운 버전의 시험평가가 진행 중이다.

더 작은 플랫폼의 적용을 위하여 야전운용동력발전기, 지상차량 및 항공기 보조동력장치, 그리고 소형 무인항공체계의 주동력장치인 내연기관을 대체하는 매력적인 대안으로 연료전지가 요구되고 있다. 연료전지는 양질의 전기 동력을 생산하는 전자화학적으로 연료와 공기를 혼합시키는 장치다. 이 시스템은 연소과정을 통해 동력을 발생시키는 것이 아니기 때문에 최신형 중유엔진 또는 디젤동력 발전기 대비 훨씬 낮은 비연료소비율(SFC)을 제공한다(그림 22 참조).

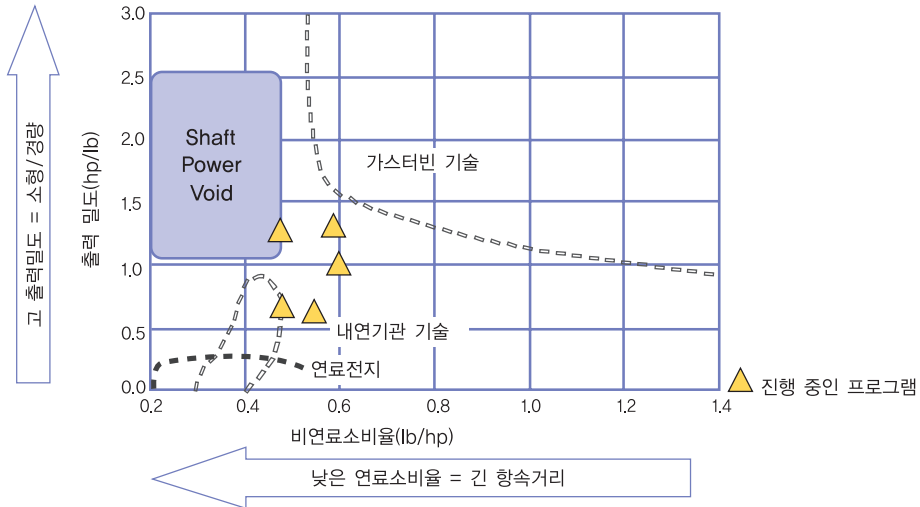


그림 22 연료전지 효율성

고체산화물 연료전지시스템(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)은 고효율, 연료 유연성, 낮은 감청 신호 때문에 흥미로운 동력 장치 대안으로 부각되고 있다. 다른 연료 전지 접근법과 비교해 볼 때 고체산화물연료전지의 열적 환경과 열전도메커니즘은 연료의 허용한계를 상당히 향상시켰고, 전기화학적인 연료 사용에 대해 방안을 제시해준다.

9.4.2. 동력

동력원은 무인 시스템 성능을 결정하는 중요한 요인이다. 개선된 동력원은 소형으로 무게가 가볍고, 신뢰성이 좋은 것이어야 하며, 요구되는 임무를 수행할 수 있도록 충분한 동력을 제공해야 하고 전천후 환경 및 안전에 관련된 요구사항들을 충족시켜야 한다. 동력원 설계는 특정 플랫폼과 사용 조건에 따라 최적화되어야 한다. 플랫폼과 임무 요구사항에 입각하여 적용 가능한 기술은 에너지 획득(광전지) 기술, 전기 에너지 저장 장치, 연료전지, 발전기 등과 같은 기술을 포함하고 있다. 예상되는 사용 조건에

따라 이 기술 중 두 가지 이상을 통합시키는 것이 바람직할 것이다. 하이브리드 시스템을 구현하기 위해서는 적합한 통제 체계도 개발해야 한다. 최근에 동력발전시스템의 출력밀도를 개선하기 위해 투자가 많이 이루어졌으나, 다른 동력시스템의 주요 기반도 개선되어야 한다. 언급된 주요 기반 및 개선사항에는 수명, 신뢰도, 효율성, 다양한 엔진 속도에 맞는 최적화된 성능, 넓은 온도 범위, 생산 가변성, 조종제어방법 및 매개변수(전형적으로 무인시스템은 유인시스템과 달리 중복설계를 적용하지 않는다는 사실에서 입각) 등이 포함된다. 비행체 설계 초기에 정밀하게 조사를 하면 동력에 관한 관리를 향상시킬 것이다. 형상인자, 재료, 센서활용의 자율성, 경로선정 계획, 수중환경 등을 고려하면, 에너지 수요를 최소화하고 항속거리를 확장하거나, 다른 임무 목표를 충족하기 위하여 에너지를 재활용 할 수 있도록 도와준다.

임무장비의 기술적 진보는 많은 능력을 제공하지만 동시에 전력의 증가하는 수요로 인하여 비용이 함께 증가하게 되어 엔진으로부터 더 큰 동력 추출을 초래한다. 동력분담구조는 연료 연소에 드는 비용을 최소화하기 위해 동력 추출원을 조정할 수 있도록 할 것이다. 저압단(Low Pressure, LP)에서의 동력추출이 고압단(High Pressure, HP)에서의 동력추출보다 더욱 경제적이라면, 전에 HP-구동 발전기에 의해 동력을 받았던 버스(Bus)를 동력공급을 위하여 반도체 전원 증폭기(Solid State Power Controllers, SSPC)를 작동시킬 수가 있다. HP 스플과 LP 스플 간 동력 공유와 관련 있는 엔진동력추출기술은 플랫폼 동력요구량과 엔진동력추출의 한계치와의 차이를 보완해주어 의미 있는 이득을 줄 것으로 기대된다. 게다가 LP 동력 추출은 전반적인 비행체 동력효율성을 위해 비연료소비율을 향상시킬 것이다. 동력 공유기법을 구현하기 위한 중요한 몇 가지 기술들은 신뢰할 만한 동력운영통제로직, 고출력 초스피드의 반도체 전원 증폭기, 모듈식 발전기제어장치(Generator Control Unit, GCU), 고성능전기축압기(Electrical Accumulator Units, EAU)기술 등이 필요하다.

HP 발전기 제어장치는 HP 발전기 출력을 줄이기 위해 사용될 수 있으며, 유사한 방식으로 LP 발전기가 동력수요를 충족시키기 위해 HP 스플 부하를 감소시키는 방법

으로 사용될 수 있다. 고성능전기축압기는 레이더 최대동력수요와 지속시간이 짧은 방어용 고에너지 빔무기의 동력수요를 지원하는데 사용이 가능하다.

9.4.3. 미래의 기회

여전히 축동력이 부족한 분야에 대한 연구가 필요하다. 하지만, 총 압력비가 높은 대형 엔진(전형적인 소형 엔진 유량급으로 진행)의 접근방식은 터보 기계의 물리적 크기의 제한 때문에 소형엔진에는 적용할 수 없다. 따라서 차기 성능수준을 달성하기 위해서는 기존방식과는 다른 외형에 중점을 둘 필요가 있다.

배터리 화학작용 및 연료전지에 대해서는, 가까운 미래에(5년 안에) 동력의 증가 및 에너지 성능이 향상됨에 따라 충전형 리튬 이온 배터리가 개발될 것이다. 리튬이온 배터리는 군사용과 민간용으로 쓰일 수 있으며, 제조기반기술이 성숙되면 상당한 비용절감이 이루어 질 것이다. 가까운 장래에 소형 JP-8 연료 호환성 엔진도 기대가 된다. 중기적으로는(5~15년) 대체용 리튬 이온 화학물질의 발견 및 개발로 인해 성능이 개선될 수 있다. 적절한 출력레벨(100W급)을 가진 연료전지의 개발은 저중량 탄화수소연료(프로판)에 근거하여 도입이 되기 시작할 것이다. 장기적으로(15년 후)는 완전하게 새로운 배터리 화학물질 및 설계의 발견과 개발을 통해 혁신적인 개선이 이루어 질 가능성이 있다. 다음 그림은 동력 및 추진 분야의 성과와 기술에 대한 로드맵을 나타낸다.

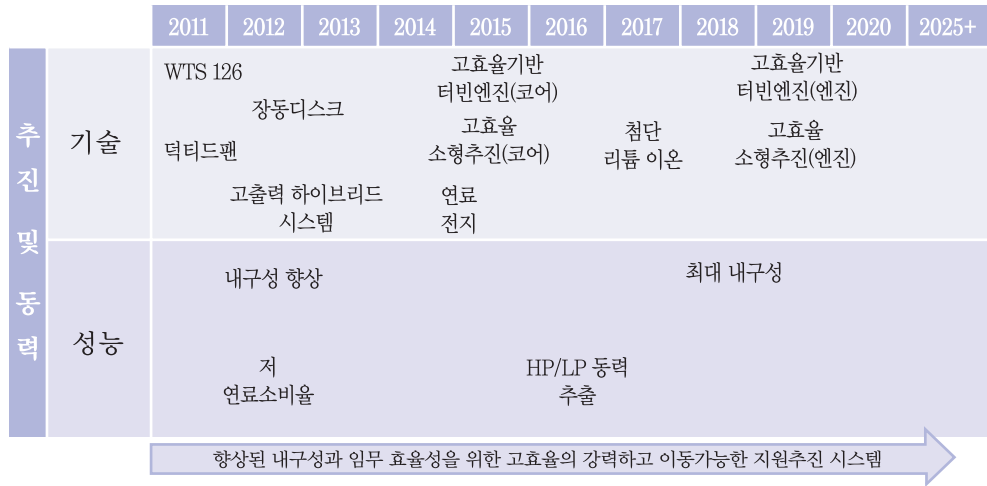
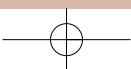
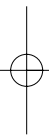
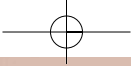


그림 23 추진 및 동력 로드맵





10. 유인-무인 편조

10.1. 기능 설명

10.2. 현 상황

10.3. 문제점

10.4. 발전 방향

10. 유인-무인 편조

10.1. 기능 설명

본 논의에서 유인-무인 편조는 서로 통합된 팀으로서 공통 임무를 수행하는 유인 체계와 무인체계 요원 간에 형성된 관계를 의미한다. 더 구체적인 의미로서의 유인-무인 편조는 플랫폼의 상호운용성과 공통의 작전 임무 목표를 이루기 위한 공유자산통제를 서술하기 위해 사용하는 매우 중요한 용어이다. 이 용어는 또한 공중 전투 임무 및 유인-무인체계의 공중급유 같은 분할 임무를 위한 ‘충실한 요기(loyal wingman)’ 개념을 포함한다. 이러한 능력은 특히 유인체계와 무인체계 사이의 표적 신호(cueing) 및 표적 전달(handoff) 같은 임무를 위해 매우 중요하다. 유인-무인체계에서 운용자는 팀원들 사이의 직접적인 음성통신뿐만 아니라 모니터링 하는 목표에 대한 각 팀원의 위치를 정확하게 묘사하기 위해 정확도가 높은 고수준의 공간정보를 필요로 한다.



미 공군은 비행 중인 C-130 항공기로부터 Maverick 미사일을 장착한 AQM-34 무인기를 날린 1960년대 후반에 유인-무인 편조를 처음 사용하였다. 그 이후 실험 차원의 다른 무인기를 유인 항공기로부터 날렸으며 잠수함에서 Predator 를 날려 보내기도 했다. 2002년 미 공군은 비행 중인 C-130 항공기에서 동영상(Full-Motion Video, FMV) 카메라를 장착한 MQ-1 무인기를 날려 보내는 시험을 성공시킴으로써 무인기의 급속전개능력을 입증하였다. 이 시험에서 내장형과 외장형 체계를 이용하여 표적에 대한 임무를 공동으로 수행하는 능력도 입증하였다. 미 육군은 또한 2001년에 항공 유인-무인체계 기술(Airborne Manned/Unmanned Systems Technology, AMUST) 시연과 이어진 2006년의 HSKT(Hunter Standoff Killer Team) 신개념 기술시범을 시작으로 유인-무인체계의 시범을 수행했다. 시범 기간에 Hunter를 탑재한 AH-64D는 Hellfire 미사일을 발사하는 상호운용성 등급(Level Of Interoperability, LOI) 4급의 RQ-5B Hunter 무인기 제어 시험을 수행하였다.¹¹⁾ 이 시험 기간에 미 육군항공응용기술위원회(Aviation Applied Technology Directorate, AATD)는 무인기 통제, Link 16, 기타 다양한 데이터 링크를 포함하는 Mobile Commander's Associate¹²⁾를 미 육군의 공중C2체계에 성공적으로 결합시켰다. 이를 통해 UH-60 Black Hawk 헬기 안에 위치한 공중C2체계 운용자가 처음으로 Hunter 무인항공체계와 이의 센서를 제어할 수 있었을 뿐 아니라 FA-18 같은 전투기와 JSTARS¹³⁾ 같은 정찰용 항공기 간에 비행중 전술정보를 주고받을 수 있었다. 현재까지는 각각의 시범을 통해 지상을 벗어난 체계 통제 위치만을 변화시켰다. 모든 자산의 협업을 통해 임무를 더 효과적으로 수행하는 능력을 보여주므로 이러한 변화는 여전히 중요하였다.

11) "Hunter Standoff Killer Team Successfully Tests Military Interoperability", 16 September 2005, <http://aerodefense.ihs.com/news/2005/navy-air-systems-link-16.htm?WBCMODE=presenta>.

12) "Mobile Commander's Associate(MCA), Lockheed Martin, USA", <http://defense-update.com/products/m/mca.htm>.

13) Colucci, Frank, "MUM's The Word", Rotor & Wing Magazine, 1 November 2004, <http://www.aviationtoday.com/rw/military/attack/1817.html>.

10.2. 현 상황

유인-무인 편조의 실제 적용은 무인체계의 신뢰성과 기능성이 향상되면서 계속해서 진화하고 있다. 적용 개념은 데이터 링크, 체계 통제 인터페이스, 자율성 수준에 의해 제한된다. 최근에 실제 적용된 사례 중의 하나는, 미 해병대가 2010년 4월 교전 시 적군/표적을 발견하고 즉시 발사가 가능하도록 Shadow용 레이저표적 지시체계를 야전에 배치한 것이다.

10.2.1. 무인지상차량

기술이 향상되고 운용자들이 임무수행능력을 향상시킬 수 있는 새롭고 혁신적인 방법을 발견하게 되면서 유인-무인 편조는 꾸준히 증가하고 있다. 현재 임무에는 정찰, 감시 및 표적획득(RSTA), 수송, 지뢰 대응, 폭발물처리, 검문소 보안검사용 무인 무장전술차량 사용 등이 있다. 단일 체계 원격 영상 단말기(One-System Remote Video Terminal, OSRVT) 기술과 분산 무인지상차량(Unmanned Ground Vehicle, UGV) 제어를 지상전투차량에 결합시킴으로써 전술, 전기 및 절차(Tactics, Techniques, and Procedures, TTP) 적용에 이르게 되었다. 이는 현재 모든 관계자가 위치에 관계없이 동시에 같은 영상을 받기 때문이다.¹⁴⁾ 미 육군, 해병대, 공군에 지금까지 4000여 개 이상의 단일 체계 원격 영상 단말기 혹은 유사한 체계가 배치되어 있다. 이로 보았을 때 유인-무인 편조가 지상 적전에서 훨씬 더 많이 보급되고 있는 것이 확실하다. 이러한 개발은 미 육군과 해병대 사이의 협력 사업인 공통 로봇 제어장치 제작을 위한 촉매제가 되고 있다. 양 군은 무인지상차량, 무인항공기, 무인지상센서

14) Lt. Col. Adam Hinsdale, former Chief, UAS Division, Department of the Army Aviation Directorate, was quoted in October 2007: "플랫폼에 관계없이, 모든 사람이 동시에 같은 정보를 받음으로써 완전한 상호운용성을 가지게 되는 것이 육군의 핵심 목표이다. 단일 체계 원격 영상 단말기는 동적효과이든 정적효과이든 간에 통합교전에서 지상과 공중의 모든 요소들이 관심 지역을 동시에 동조화하여 보기 위한 유인-무인 편조의 핵심 구성품이다." UAS Video Terminal Connects Boots On TheGround To Eyes In The Sky, by Kim Henry, Redstone Arsenal, AL, (AFNS), 9 October 2007.



(Unmanned Ground Sensor, UGS)를 포함하는 다양한 범위의 무인체계를 운용하기 위한 보편적이고 내구성 있는 제어 장치를 합동 개발하고 있다. 이러한 노력은 현재 더 작은 플랫폼 제작을 목표로 하고 있지만, 기술이 성숙되면서 더 큰 플랫폼을 위한 제한된 제어(예를 들어 임무장비에 한정)를 포함하는 방향으로 바뀔 수도 있다.

10.2.2. 무인항공체계

유인-무인 편조는 전투 작전에서 통합군사령관에게 실시간/준 실시간으로 잠재적 표적의 정확한 지리 위치 파악, 표적 레이저 지시, 전투 피해 평가 제공 같은 적군의 활동에 대한 지속적인 감시를 제공하는 데 성공적임을 증명해왔다. 무인항공체계(Unmanned Aircraft Systems, UAS)는 적군에 의해 시각적/청각적으로 탐지되지 않는 능력을 이용해 성공적으로 임무를 수행해왔다. 무인항공체계는 중요한 전술 데이터를 통합군사령관에게 제공하고 있으며, 이는 전투 작전을 기획하고 지원하는 데 사용된다. 무인항공체계는 지상 작전을 지원할 때 교전 중인 지휘관에게 준 실시간 정보를 제공함으로써 비길 데 없는 가치를 입증하고 성공적인 임무 완수에 직접적으로 기여하였다. 무장한 무인항공체계는 직접적으로 혹은 다른 공중/지상 체계와 협력하여

미국의 무인체계 통합 로드맵



표적과 교전할 수 있는 능력을 가지고 있다. 추가적으로, 상호운용성 등급 3(무인항공기 데이터 직접 획득 이외에, 무인항공기 탑재장비(payload)에 대한 통제 및 감시)은 공격 헬기 승무원과 함께 전투 작전에서 성공적으로 역할을 발휘하였다. 공격 헬기 승무원은 센서를 통해 나타나는 조종석 화면의 정보를 이용해 표적과 주위지역에 대한 정보와 광경을 볼 수 있다. 이러한 성능을 통해 표적의 위치를 인식, 분류, 입증하는 공격 헬기 승무원의 능력을 크게 향상시킴으로써 동료를 공격할 수도 있는 위험성을 줄이게 한다. 2010년 9월 미 육군은 Apache 헬기 조종사가 Shadow, Hunter, Raven 무인항공기를 제어하는 통합 훈련을 실시하였다.

훈련의 성공으로 AH-64 헬기에 상호운용성 등급 2 및 등급 3 무인항공기 제어 요구사항을 포함시키게 되었다. 이로써 유인 항공기에 무인항공기(이륙 및 회수 횡수 감소)의 센서, 비행항로 제어 및 감시 기능을 제공해준다. Apache Block III의 초도 야전 배치는 2012년으로 계획되어 있으며, 상호운용성 등급 2, 등급 3 및 등급 4 무인항공기 제어를 포함할 것이다. AH-64 BLK III는 앞좌석에서 실시간 무인항공기 동영상 및 관련 메타데이터를 획득(상호운용성 등급 2)하고, 무인항공기 전자광학/적외선 탑재장비를 제어(상호운용성 등급 3)하며, 무인항공기 비행경로를 동적으로 할당(상호

운용성 등급 4)하는 능력을 갖출 것이다. 아프간과 이라크의 초기 전투 작전에서 무인 항공체계와 유인항공체계(특히, 공격용 플랫폼)를 통합해야 하는 긴급 소요가 입증되었다. 지휘관들은 발견과 동시에 발사하는 시간을 획기적으로 줄이고 헬리콥터 조종사의 상황 인지 능력을 향상시키면서, 아군 간 상호 피해와 상호 살해 가능성을 획기적으로 줄일 수 있다는 사실을 인식하게 되었다. 지휘관들은 공격헬기용 유인-무인 편조 능력에 관한 작전 요구사항 기술서(Operational Needs Statement, ONS)를 작성하였다. 이로써 상호운용성 편조 등급 2용 무인항공기체계 영상(Video from Unmanned Aircraft Systems for Interoperability Teaming-Level 2, VUIT-2) 체계라 불리는 Apache 헬기용 신속 시제품 체계를 구축하였다. VUIT-2 체계를 통해 AH-64 승무원은 무인항공기가 사용하는 C 대역폭의 송신을 통해 영상 자료를 받게 된다. 미 육군은 이를 MUMT-2라 재 명명하였으며, 이를 UH-60 Black Hawk와 OH-58D Kiowa Warriors에 까지 확대 적용하였다.

현재 전용 승무원이 무인항공체계를 비행시키는 동안, 다른 승무원은 유인항공기를 조종해야 하는 제어 인터페이스로 인해, 현재 유인-무인 편조의 적용은 제한적이다. 그러나 유인-무인체계의 일부 임무를 자동으로 수행하는 방법이 개발되고 있다. 예를 들어 미 해군과 미 공군은 유인-무인 공중급유를 위한 기술을 개발하고 시연했으며, 협력적인 유인-무인체계 공중 전투 임무를 시뮬레이션 하였다.

10.2.3. 무인해양체계

유인-무인 편조는 해상 환경에 매우 중요하다. 이것은 안전한 임무 수행을 동일한 충실도로 수행하는 것을 물리적으로 어렵게 만드는 해저 영역에서 특히 적합하다. 다양한 단계로 연구하고 적용했던 무인해양체계(Unmanned Maritime System, UMS)를 위한 유인-무인 편조에는 여러 가지 다른 관점으로 볼 수 있는 측면이 있다. 장시간 운용 가능한 심해조사장비인 해저 글라이더(Undersea Glider)는 준 실시간으로 데이터를 육상으로 보내고 인간이 지시하는 임무에 대한 최신 정보를 받는다. 무인

잠수정은 기뢰와 같은 물체에 대한 변화탐지 및 자율적 조사를 통해 항만경계, 항만방어, 기뢰 제거 작전을 효율적으로 수행하게 만든다. 마찬가지로 무인잠수정은 더 큰 용량의 데이터를 모으기 위해 유인 수로측량 및 수심측량 플랫폼으로 영역을 확장하여 운용자가 인간의 감독을 필요로 하는 임무에만 집중 가능하도록 한다. 해상공간관리(Water Space Management)/상호간섭방지(Prevention of Mutual Interference) 교리와 절차에 대한 단기간의 개량, 개발과 체계화를 통해 임무 시 잠수함이나 수상함과 무인체계 상호 간의 정교한 협력이 가능해질 것이다. 해상 환경 자체의 어려움으로 인해, 유인-무인 편조는 향후 데이터를 수집, 처리, 이용, 전파하기 위해 유인 플랫폼과 협력하여 사용되는 다양한 종류의 무인체계(무인잠수정, 무인수상정, 무인항공기, 무인지상차량)로 구성될 것이다. 공동 지휘본부로부터의 제어와 통신을 위해 무인수상정 혹은 무인항공기와 협력하는 지속적인 통합 수중 센서망은 수중 속의 불투명한 전장에서 어렵게 수행되는 수중 임무를 명료하게 혁신시킬 것이다. 모든 해상 작전 임무는 전투 지휘관이 교전 결정을 내리는 시간이 줄어들고, 정보정확성이 향상되면서 많은 도움을 받게 될 것이다.

10.3. 문제점

지난 10여 년 동안 유인-무인 편조 능력을 더욱 향상시키기 위해 많은 노력이 있어 왔다. 지금의 몇 가지 문제점들은 유인-무인 편조의 발명 및 적용 단계에서 수락 단계로 전환하는 데 걸리는 시간에 계속해서 영향을 끼칠 것이다. 이 시간은 또한 유인-무인 편조의 전술, 기술 및 절차에 직접적으로 영향을 끼칠 것이다. 전술, 전기 및 절차는 유인-무인 편조의 속도를 작전개념으로부터 미 국방부 교리에 이르기까지 변갈아 영향을 끼칠 것이다.

이러한 도전 과제 중 일부는 기술적인 것이다. 보안 통신망의 다양한 무선주파수를 결합하고 충돌을 회피시키는 한정된 능력과 같은 단기적 도전과제부터 한 사람이 주



항공기를 조종하면서 여러 대의 무인항공체계와 무인 지상차량을 동시에 제어하는 능력과 같은 장기적 도전과제에 이르기까지 광범위하다. 이러한 임무를 수행하기 위해서는 고수준의 하드웨어 및 소프트웨어의 상호운용성, 계측 가능한 자율성, 인간 체계 인터페이스(Human System Interface, HSI), 신형 협업 제어 알고리즘, 네트워크 임무 도구 등이 필요하다. 플랫폼은 필요 대역폭을 줄이는 것 뿐만 아니라 운용자 입력 없이 다른 무인체계와 협업하기 위해 상당한 수준의 내장형 처리 장치를 갖춰야 한다. 다른 기술적 도전 과제는 다양한 플랫폼에 대한 크기, 중량, 동력 제한 등을 상호 균형 있게 조절함으로써, 성능을 더욱 향상시키려는 요구사항에 따라 발생한다. 유인-무인 체계 작전의 가장 큰 잠재적 문제점 중의 하나는 스웜(Swarms - 준 자율적으로 운용하는 많은 수의 초소형 무인항공체계)을 다른 유인/무인체계와 함께 군사 작전에 도입하려는 군의 열망에서 발생한다.

플랫폼에 관계없이, 모든 사람이 동시에 같은 정보를 받음으로써 완전한 상호운용성을 가지게 되는 것이 육군의 핵심 목표이다.

- Adam Hinsdale 중령, Chief UAS Division, Department of the Army
Aviation Directorate

다른 유인-무인체계임무도 적하, 공중급유, 분쟁지역 차단, 전자/네트워크 공격(Electronic/network Attack, EA), 적군 방공망 제압(Suppression of Enemy Air Defenses, SEAD), 기타 전통적인 공중 전투 임무 등의 상이한 도전과제가 존재한다. 조종 가능한 항공기로부터 조종 가능한 미래 무인항공체계로의 통신 능력은 자율성과 인간체계 인터페이스 면에서 더 많은 진전을 필요로 한다. 전자/네트워크 공격, 적군 방공망 제압, 혹은 빌딩 안에 머물며 장기간 정보를 수집하는 곤충 크기의 로봇에 대한 제어와 같은 임무에 저탐지용 통신이 필요한 경우, 이러한 기술적인 진보가 더욱 뒷받침 되어야 할 것이다.

10.4. 발전 방향

일부 핵심 활동들이 향후 25년 이상 유인-무인 편조의 미래에 영향을 끼칠 것이다. 통신과 센서 기술이 발전하고 진화하면서 새로운 전술도 반드시 뒤따를 것이다. 예를 들어 운용자가 전술 영상을 보강하기 위해 서로 다른 센서(음성 혹은 촉감 같은)를 결합시켜 사용함으로써, 현재의 영상(View)만 이용하는 방법에서 벗어날 것이라는 것을 생각해 볼 수 있다. 또한 지휘관들이 계속해서 다양한 유인/무인체계를 군 작전에 결합시킬 것이기 때문에, 조만간 현재 많은 영상 게임에서 볼 수 있는, 'God's eye'와 유사한 전장을 표시하는 시계(Field of View) 방법으로 실행할 수 있을 것이다.

지휘관은 복수의 센서를 이용하여 더 확실하고 종합적인 상황 인식 능력을 얻기 위하여 다양한 조망 방법(즉 무인지상차량, 무인항공체계 혹은 유인 센서)으로 표적을 볼 수 있을 것이다. 유인-무인체계가 발전하면서 새로운 인간체계인터페이스 및 자율성은 임무 수행에서 인간의 역할을 바꿀 것이며, 유효성을 극적으로 높일 것이다. 군이 센서와 체계의 발사장치 사이의 현 폐쇄회로 구조로부터 네트워크 체계로 벗어나기 시작하면서, 유인-무인체계의 작전에 있어 가장 중요한 진전이 시작될 것이다. 향후 시간이 긴 무인항공체계는 플랫폼과 상호간에 지리적으로 분리된 임무 팀을 이미 가지고

있다. 광역 센서 또한 STANAG 4586 상호운용성 등급 및 무인항공체계 상호운용성 프로파일 개발에 대한 전형적 구조를 바꾸고 있다.

유인-무인체계를 더 큰 네트워크상의 하나의 노드(Node)로 이용하면, 임무 수행 방법을 바꾸어 전투 효과에 엄청난 영향을 끼칠 것이다. 자동 공중급유, 조종 가능한 항공기의 전술 데이터 링크 제어, 단기 자율체계 같은 기술에 대한 투자는 ‘충실한 요기’ 운용을 가능하게 만들 것이다. 공중 임무의 효과는 단순 체계 취합으로 발휘되는 게 아니라 네트워크와 연동되는 유인/무인체계 사이의 협업을 통해서만 발휘된다. 이러한 네트워크상의 노드들은 오늘날 사용되는 취약한 폐쇄회로 제어 및 유연성이 부족한 자율 알고리즘이 아닌 확장 가능한 제어방식을 가지게 될 것이다.

작전속도(Operational Temp, Optempo)의 급속한 증가와 무인체계에 대한 수요는 통합군사령관의 가치를 입증하고 있다. 무인항공체계, 무인지상체계, 무인항공체계의 운용을 위한 새로운 개념은 전투에서 얻은 경험으로부터 나올 것이다. 가까운 장래에 유인-무인 편조는 다양하게 확장된 작전에 적용될 것이다.

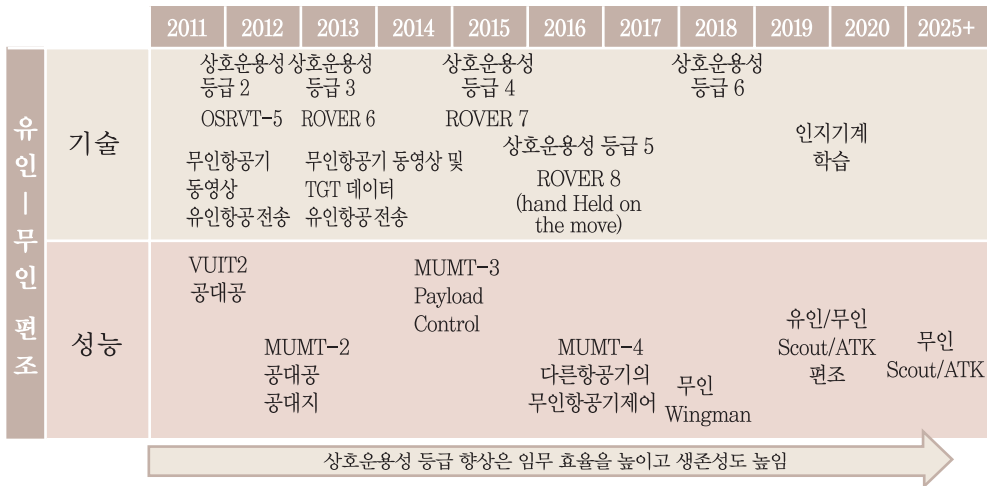
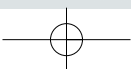
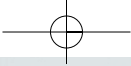
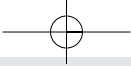
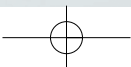


그림 24 유인-무인 편조 로드맵





11. 요약



11. 요약

미 국방부는 무인체계의 개발, 생산 및 배치에 지대한 노력을 해왔다. 무인체계는 공중, 지상 및 해상에서 광범위 합동군사 요구를 효율적으로 지원해 왔다. 지속성과 인명의 위험 감소를 포함, 무인체계의 고유한 장점은 이라크와 아프가니스탄에서의 전투 작전에서 확실하게 증명되었다.

미 국방부는 미래 군 구조에서 무인체계의 지속적인 확장을 구상하고 있다. 이와 같은 무인체계의 확대는 이미 무인기술 지원을 받는 분야의 추가적인 배치뿐만 아니라 현재 포함되지 않은 신규 작전 분야까지 영향을 줄 것이다. 미 국방부가 이러한 구상을 확실히 하게 되면, 각 군과 예산, 그리고 공중, 지상, 해상 등 3개 영역에 걸친 공통 과제는 명확해진다. 미 국방부는 방산업계, 학계 및 기타 정부 기관들과 함께 이러한 공통 도전 과제들을 해결하기 위한 노력을 계속할 것이다. 이 보고서에서 논하였던 공통 이슈들을 성공적으로 해결하는 것과 다음 표에 요약된 기술 로드맵은 무인체계 기술이 제공하는 잠재력을 최대한으로 성취하는 데 필수적이다.

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
상호 운용 성	기술	STANAG4586 아키텍처에 입각한 서비스 Compliant UAS										
	성능	공동의 데이터링크 및 암호화 서비스 리포지터리		공동의 지상 스테이션			모든 서비스와 플랫폼의 공동의 데이터 표준			자율 상호운용성		
통합시스템으로부터 데이터의 교환, 해석, 실행을 통한 통합 운영												
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
자 율 성	기술	기계추론		인지신경과학			검증·실증과정 개발			인증설계		
	성능	다중센서 데이터융합		협동제어		자율PED 평가			기계학습			정보통제
군 구조축소, 복잡한 임무 수행 중 완벽하고 신뢰성 있는 자율 제어												
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
공역 통합	기술	-소형 UAS SFAR 절차		지상기반 탐지 및 회피			공중 탐지 및 회피			복합 탐지 및 회피		
	성능	-안전사례 모델링		-초기 탐지 및 회피 기술			기술성능표준			자격 표준		
-NAS하 소형 UAS 비행 COA 과정 간소화 국방부UAS의 안전한 운용 저밀도 공역 임무 제한된 운용 (주야간 단좌/복좌 UAS) 대형 UAS용 역동적 운용 중/대형 UAS 역동적 운용												

그림 25 로드맵 요약 (1/3)

미국의 무인체계 통합 로드맵

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
통 신	기술	보안 Micro DDL		DDL 칩의 수 감소& 단일 칩 T/P			칩단 MIMO		다초점 수퍼냉각 안테나		첨단 에러 제어, 칩단 MIMO 구성, 네트워크통로다양성	
	성능		스펙트럼유연성 체계		향상된(100배) 수신기 설계			동적네트워크 재설정	강화 압축 (H.265)	컨포멀 위상배열안테나		환경 기반 적응형 동적 시스템 변화
		확실한 가시선/비가시선 통신, 정보인증 및 접근차단지역 내 증가한 대역폭 능력 등을 다룸										

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
훈 련	기술		고성능 시뮬레이터/훈련기		모션형상화 훈련			일반 자동이착륙 시스템		일반 지상통제소		공동탑재하중
	성능	유인/무인 편조		국방부 UAS 조종사 및 운전자 표준		사전배치훈련, TTPS/ AOR 도착 전 교육된 훈련		대체UAS지원/ 훈련개선계획				일반 조종사 및 운전자

그림 25 로드맵 요약 (2/3)

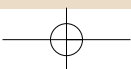
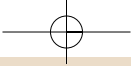
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
추진 및 동력	기술	WTS 126		고효율기반 터빈엔진(코어)			고효율기반 터빈엔진(엔진)					
		장동디스크		고효율 소형추진(코어)			첨단 리튬 이온		고효율 소형추진(엔진)			
		터티드팬		연료 전지								
		고출력 하이브리드 시스템										
성능		내구성 향상						최대 내구성				
		저 연료소비율			HP/LP 동력 추출							

향상된 내구성과 임무 효율성을 위한 고효율의 강력하고 이동가능한 지원추진 시스템

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025+
유인 무인 편조	기술	상호운용성 등급 2	상호운용성 등급 3	상호운용성 등급 4	상호운용성 등급 5	상호운용성 등급 6						
		OSRVT-5	ROVER 6	ROVER 7	상호운용성 등급 5 ROVER 8 (hand Held on the move)	인지기계 학습						
		무인항공기 동영상 유인항공 전송	무인항공기 동영상 및 TGT 데이터 유인항공 전송									
성능		VUIT2 공대공	MUMT-3 Payload Control		MUMT-4 다른항공기의 무인항공기제어		무인 Wingman		유인/무인 Scout/ATK 편조			무인 Scout/ATK

상호운용성 등급 향상은 임무 효율을 높이고 생존성도 높임

그림 25 로드맵 요약 (3/3)





부록 A : 참고문헌

부록 B : 약어

부록 C : 용어 해설

부록 A : 참고문헌

1. Unmanned Ground Systems Roadmap, Robotic Systems Joint Project Office, July 2009.
2. Unmanned Ground Systems Roadmap, Robotic Systems Joint Project Office, Addendum, July 2010.
3. U.S. Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan, 2009–2047, 18 May 2009.
4. U.S. Marine Corps Concept of Operations for USMC Unmanned Aircraft Systems Family of Systems, November 2009.
5. U.S. Navy Information Dominance Roadmap for Unmanned Systems, December 2010.
6. Emerging Spectrum Technology Dynamic Spectrum Access Workshop Final Report, DISA, DSO, July 2009.
7. Unmanned Aircraft System Beyond Line of Sight and Line of Sight Datalink Spectrum Technology Roadmap, UAS TF, Frequency and Bandwidth IPT, July 2010.
8. Initial Unmanned Aircraft Systems Line of Sight and Beyond Line of Site Spectrum Findings, Interim Report, Unmanned Aircraft Systems Task Force, Frequency and Bandwidth IPT, 30 May 2008.
9. DoD Unmanned Systems Integrated Roadmap, FY 2009–2034, April 6, 2008.
10. U.S. Army Unmanned Aircraft Systems Roadmap, 2010–2035, 2010.
11. Navy Unmanned Undersea Vehicle Master Plan, November 9, 2004.
12. Joint Direct Support of Aerial Intelligence Surveillance Reconnaissance (JDSAIR) Initial Capabilities Document (ICD), 6 August 2010.
13. U.S. Air Force Chief Scientist Report on Technology Horizons: A Vision for Air Force Science and Technology during 2010–2030, 15 May 2010.
14. Unmanned Aircraft Systems Spectrum Report, Second Interim Report, Unmanned Aircraft Systems Task Force, Frequency and Bandwidth Integrated Product Team, September 30, 2010

부록 B : 약 어

- 4G(Fourth Generation) 4세대
- AAM(Air-to-Air Missile) 공대공 미사일
- AATD(Army Aviation Applied Technology Directorate) 육군항공응용기술위원회
- ABSAA(AirBorne Sense And Avoid) 공중충돌감지 및 회피
- ACAT(Acquisition Category) 획득범위
- ACTD(Advanced Concept Technology Demonstration) 신개념기술시범
- ADC(Analog-to-Digital Converter) 아날로그-디지털 변환기
- AECV(All Environment Capable Variant) 전(全)환경 가능 변화
- AEODRS(Advanced Explosive Ordnance Robotic System) 고성능 폭발물처리 로봇 체계
- AI(Airspace Integration) 공역 통합
- AMRDEC(Aviation and Missile Research, Development and Engineering Center) 항공-미사일 연구개발 센터
- AMUST(Airborne Manned/Unmanned Systems Technology) 항공 유인/무인체계기술
- APU(Auxiliary Power Unit) 보조동력장치
- ASM(Air-to-Surface Missile) 공대지 미사일
- ASW(Anti-Submarine Warfare) 대잠전
- ATS(Air Traffic Services) 항공 관제업무, 항로 관제
- AvGas(Aviation Gasoline) 항공유
- BA(Battlespace Awareness) 전장인식
- BAMS(Broad-Area Maritime Surveillance) 광역해상감시

15) 적 사정거리 밖에서 표적 지정과 발사하는(포수) 팀 개념을 의미

미국의 무인체계 통합 로드맵

- C2(Command and Control) 지휘통제
- CA(Collision Avoidance) 충돌 회피
- CAP(Combat Air Patrol) 전투초계비행
- CBP(Customs and Border Protection) 관세국경 보호국
- CCDR(Combatant Commander) 전투사령관
- CDL(Common Data Link) 공통데이터링크
- CFR(Code of Federal Regulations) 미 연방 규정집
- CNO(Chief of Naval Operations) 해군 참모총장
- COA(Certificate of Waiver or Authorization) 철회 인증/승인 인증
- CONEMP(CONcept of EMPloyment) 운용개념
- CONOPS(CONcept(s) of OPERATIONs) 작전개념
- COP(Common Operational Picture) 공통작전상황도
- COTS(Commercial, Off-The-Shelf) 상용 기성품
- CSS(Combat Services Support) 전투근무지원
- CV(Cargo Variant) 화물 변화
- DDL(Digital Data Link) 디지털 데이터 링크
- DHS(Department of Homeland Security) 국토안보부
- DIMA(DARPA Interference Multiple Access) 미 국방고등연구계획국 간섭다차원접근
- DLI(Data Link Interface) 데이터 링크 인터페이스
- DoD(Department of Defense) 미 국방부
- DOTMLPF(Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and education, Personnel, and Facilities) 교리, 조직, 훈련, 물자, 리더십 및 교육, 인사, 시설
- DOTMLPF-P(Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and education, Personnel, Facilities, and Policy) 교리, 조직, 훈련, 물자, 리더십 및 교육, 인사, 시설, 정책

- DPRK(Democratic People's Republic of Korea) 조선민주주의인민공화국(북한)
- DSA(Dynamic Spectrum Access) 동적 스펙트럼 접속
- DSPM(Domain Service Portfolio Management) 도메인 서비스 포트폴리오 관리
- EAU(Electrical Accumulator Unit) 고성능 전기축압기
- EMI(ElectroMagnetic Interference) 전자기 간섭
- EMS(ElectroMagnetic Spectrum) 전자기 스펙트럼
- ESSP(Efficient Small Scale Propulsion) 고효율소형추진
- EW(Early Warning) 조기경보
- FAA(Federal Aviation Administration) 연방 항공국
- FCC(Federal Communications Commission) 연방 통신위원회
- FCS(Future Combat System) 미래 전투 체계
- FEC(Forward Error Correction) 순방향 오류 정정
- FMV(Full-Motion Video) 동영상
- GaAs(Gallium Arsenide) 갈륨 비소
- GaN(Gallium Nitride) 갈륨 질소
- GBSAA(Ground-Based Sense And Avoid) 지상 기반 감지 및 회피
- GCS(Ground Control Station) 지상통제소
- GCU(Generator Control Unit) 발전기 통제장치
- GDP(Gross Domestic Product) 국내 총생산
- GMAV(Gasoline-powered Micro Air Vehicle) 가솔린 동력 초소형 항공기
- GPS(Global Positioning System) 위성항법체계
- GUI(Graphical User Interface) 그래픽 사용자 인터페이스
- HAIPE(High Assurance IP Encryption) 고보장 IP 암호화
- HEETE(Highly Efficient Turbine Engine) 고효율 터빈 엔진
- HSKT(Hunter Standoff Killer Team) Hunter Standoff Killer팀¹⁵⁾

미국의 무인체계 통합 로드맵

- ICAO(International Civil Aviation Organization) 국제민간항공기구
- IED(Improvised Explosive Device) 급조폭발물
- I-IPT(Interoperability Integrated Product Team) 상호운용성 통합사업관리팀
- IPSEC(Internet Protocol Security) 인터넷 보안 통신규약
- ISR(Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance) 정보, 감시, 정찰
- ITU(International Telecommunication Union) 국제 전기통신연맹
- JAUS(Joint Architecture for Unmanned Systems) 무인체계용 합동 아키텍처
- JCA(Joint Capability Area) 합동 능력 영역
- JCGUAV(Joint Capability Group Unmanned Aerial Vehicle) 무인항공기 합동능력 그룹
- JMOC(Joint Maritime Operations Center) 합동해상작전본부
- JSIDL(JAUS Service Interface Definition Language) 무인체계용 합동 아키텍처 인터페이스 정의 용어
- JTRS(Joint Tactical Radio System) 합동전술무선통신체계
- JTS(JAUS Tool Set) 무인체계용 합동 아키텍처 툴 세트
- LCS(Littoral Combat Ship) 연안전투함
- LOS(Line Of Sight) 가시선, 조준선
- LRU(Line Replaceable Unit) 현장 대체장비
- MALE(Medium-Altitude, Long-Endurance) 중고도, 장기체공
- MDF(Multisensor Data Fusion) 다(多)센서 데이터 융합
- MIMO(Multiple-Input, Multiple-Output) 다중입력, 다중출력
- MISM(Motion Imagery Systems Matrix) 모션 영상 체계 모형
- MISP(Motion Imagery Standards Profile) 동영상 표준 프로파일
- MOA(Memorandum Of Agreement) 합의각서
- MPG(Multiple power Pod Gas generator) 다중출력포드 가스발생기

- MUM(Manned-UnManned) 유인-무인
- NAS(National Airspace System) 국가공역체계
- NII(National Information Infrastructure) 국가정보 기반시설
- NSA(National Security Agency) 국가 안전보장국
- NSRDEC(Natick Soldier Research, Development & Engineering Center) 나티크 병사 연구개발본부
- NUWC(Naval Undersea Warfare Center) 해군수중전투본부
- OA(Open Architecture) 개방형 아키텍처
- ODUSD(R)RTTP(Office of the Deputy Under Secretary of Defense (Readiness), Readiness and Training Policy and Programs) 미 국방부 부차관(준비태세), 준비태세, 훈련정책 및 과제
- OEF(Operation Enduring Freedom) 항구적 자유 작전
- OIF(Operation Iraqi Freedom) 이라크 자유 작전
- OPTEMPO(Operational Tempo) 작전템포
- OSD(Office of the Secretary of Defense) 미 국방장관실
- OSRVT(One-System Remote Video Terminal) 단일 체계 원격 영상 단말기
- OUSD(AT&L)(Office of the Under Secretary of Defense, Acquisition, Technology and Logistics) 획득, 기술 군수 차관실
- PEO(LMW)(Program Executive Officer of Littoral and Mine Warfare) 연안 및 기뢰전투 사업집행장교
- QRF(Quick Reaction Force) 신속대응군
- RFI(Request For Information) 정보요구
- ROV(Remotely Operated Vehicle) 원격조종차량
- RS-JPO(Robotic Systems Joint Project Office) 로봇 체계 합동 사업관리실
- RSTA(Reconnaissance, Surveillance and Target Acquisition) 정찰감시표적획득
- S&T(Science and Technology) 과학기술

미국의 무인체계 통합 로드맵

- SAA(Sense And Avoid) 감지 및 회피
- SAE(Society of Automotive Engineers) 자동차 공학협회
 - * 예전에는 미국 자동차 공학 협회로 알려졌으나 지금은 단순히 SAE로 알려짐
- SAR(Synthetic Aperture Radar) 합성개구레이더
- SATCOM(Satellite Communications) 위성통신
- SBIR(Small Business Innovation Research) 중소기업기술혁신촉진프로그램
- SBU(Sensitive But Unclassified) 민감성 일반 문서
- SDO(Standards Development Organization) 표준개발기구
- SDS(Spectrum-Dependent System(s)) 스펙트럼 의존 체계
- SF(Special Forces) 특수 부대
- SFC(Specific Fuel Consumption) 연료소비율
- SIGINT(Signals Intelligence) 신호정보
- SOA(Service Oriented Architecture) 서비스 지향 아키텍처
- SOCOM(Special Operations Command) 특수작전사령부
- SOFC(Solid Oxide Fuel Cell) 고체 산화제 연료 전지
- SSPA(Solid State Power Amplifier) 반도체 출력 증폭기
- SSPC(Solid-State Power Controller) 반도체 출력 제어기
- SSRA(Spectrum Supportability and Risk Assessment) 분광 지원능력 및 위험 평가
- STANAG(Standardization Agreement) 표준화 협정(NATO 표준 규격)
- STD-CDL(Standard Common Data Link) 표준 공통 데이터 링크
- STUAS(Small Tactical Unmanned Aircraft System(s)) 소형 전술 무인항공체계
- SuDDL(Secure micro-Digital Data Link) 안전한 초소형 디지털 데이터 링크
- SWaP-C(Size, Weight, Power, and Cooling) 크기, 중량, 동력 및 냉각
- SWCC(Special Warfare Combatant-craft Crewman) 특수전 전투정 승무원
- TOC(Total Ownership Costs) 총소유비용

- TPEP(Tasking, Processing, Exploitation, and Distribution) 임무부여, 처리, 이용, 분배
- TTP(Tactics, Techniques and Procedures) 전술, 전기, 절차
- UA(Unmanned Aircraft) 무인 항공기
- UAS(Unmanned Aircraft System(s)) 무인항공체계
- UCAS(Unmanned Combat Aircraft System) 무인 전투 항공체계
- UGS(Unmanned Ground System(s)) 무인지상체계
- UGV(Unmanned Ground Vehicle) 무인 지상 차량
- UMS(Unmanned Maritime System(s)) 무인 해양 체계
- UMV(Unmanned Maritime Vehicle) 무인해양정
- USC(United States Code) 미 연방 법령집
- USIP(UAS System Interoperability Profiles) 무인항공체계 상호운용성 프로파일
- USV(Unmanned Surface Vehicle) 무인수상정
- UUV(Unmanned Underwater Vehicle) 무인잠수정
- UW(Unconventional Warfare) 비정규전
- VAATE(Versatile Affordable Advanced Turbine Engine) 다용도 차세대 터빈 엔진
- VBSS(Visit, Board, Search, and Seizure) 승선 검문검색
- V&V(Verification and Validation) 검증과 확인
- WSARA(Weapon Systems Acquisition Reform Act) 무기체계 획득개혁법안
- WGS(Wideband Global SATCOM) 광대역 글로벌 위성통신
- WNaN(Wireless Network after Next) 차기 무선 네트워크
- WRC(Worldwide Radio Communication Conference) 세계 무선통신 회의

부록 C : 용어 해설

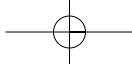
- **Analysis and Production 분석 및 생성** - 가용한 정보원으로부터 정보(information)를 결합, 평가, 해석하여 상황 인지를 가능하게 하는 정보 생성물(intelligence product)을 개발하는 능력
- **Battlespace Awareness 전장 인식** - 국가 및 군사 의사결정과 관련된 작전 환경의 성격, 의도, 특성, 조건을 이해하는 능력
- **Building Partnerships 동맹 구축** - 정보를 개발·제공하고 그들의 인식, 의지, 행동, 능력에 영향을 끼치는 활동을 수행함으로써 협력자, 경쟁자 또는 적군 지휘관, 군대 또는 관련 인사와의 상호작용을 위한 여건을 조성하는 능력
- **Collection 수집** - 정보 소요를 만족시키기 위한 원하는 정보 획득 능력
- **Command and Control 지휘통제** - 적절히 임명된 지휘관이나 의사결정권자가 부여된 임무 달성을 위하여 예속 및 배속된 병력과 자원에 대해 권한과 지시를 행사하는 능력
- **Communicate 통신** - 국내 청중의 이해를 향상시키기 위하여 정보를 개발하고 제공하는 능력 : 외국 청중, 심지어는 미 국가안전보장이나 공유된 세계적인 안보이익에 대한 그들의 인지, 의지, 행동, 능력에 영향을 끼치기 위하여 정보를 개발하고 제공하는 능력
- **Communicate Intent and Guidance 통신 목적 및 지침** - 정확한 표현의 작전 목적, 허용 가능한 작전 위협의 평가, 요구되는 최종 상황을 성취하기 위한 지침을 전파하는 능력
- **Decide 결정** - 환경이나 주어진 상황을 이해함으로써 통지되고 영향을 받는 행동 방침을 선택하는 능력
- **Deployment and Distribution 전개 및 배치** - 군사 작전을 지원하는 부대 이동 및 지속적 임무를 계획하고 협력하여 동시에 수행하는 능력. 전개 및 배치에는 부대를 수요에 맞게 전략적으로 이동시키는 능력과 합동 전개 및 배치 활동을 수행하는 능력도 포함됨
- **Direct 지시** - 목표를 달성하기 위해 자원을 사용하는 능력

- **Engagement 교전** - 모든 영역과 정보 환경으로부터 요구되는 살상/비살상 효과를 내기 위해 모든 환경에서 동역학적/비동역학적 수단을 사용하는 능력
- **Force Application 전력 적용** - 임무 목표를 달성하는 데 필요한 효과를 내기 위해 모든 환경에서 기동과 교전 활용을 결합하는 능력
- **Health Readiness 보건 준비태세** - 모든 범위의 군사 작전에 보건지원을 하고 관련된 모든 병력의 건강을 유지시킴으로써 미 국방부와 국가 안보력을 향상시키는 능력
- **Information Transport 정보 전달** - NC 환경을 아우르는 양단(end-to-end) 연결성을 보장함으로써 정보와 서비스를 전달하는 능력
- **Intelligence, Surveillance and Reconnaissance 정보, 감시, 정찰** - 국가 및 군사 의사결정권자의 정보 요구를 충족시키기 위한 활동을 수행하는 능력
- **Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Dissemination 정보, 감시, 정찰 전파** - 국가 및 군사 의사결정권자가 작전 환경을 이해하도록 만드는 정보와 첩보 생성물을 제공하는 능력
- **Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Planning and Direction 정보, 감시, 정찰, 기획 및 지시** - 국가 및 군사 의사결정권자의 정보 요구를 충족시키기 위해 정보를 수집, 처리, 이용, 분석, 전파하는 활동을 동시 진행하고 통합시키는 능력
- **Kinetic Means 동역학적 수단** - 폭발물이나 물리적 운동량을 통해 효과를 만들려는 능력 (즉, 운동과 관련되거나 이에 의해 생성되는 것)
- **Logistics 군수** - 작전을 효과적으로 지원하고, 작전 범위를 확대하며, 합동군 사령관에게 임무 목표를 달성하는 데 필요한 활동의 자유를 제공하기 위해 국가와 다국적 자원을 신중히 공유함으로써 군수적으로 준비된 합동군을 기획하고 유지시키는 능력
- **Maneuver 기동** - 모든 영역과 정보 환경에서의 효과 창생을 위해 모든 환경하에서 유리한 위치로 이동하는 능력
- **Maneuver to Engage (MTE) 교전을 위한 기동** - 부대를 운용하기 위하여 모든 환경에서 유리한 위치로 이동하는 능력
- **Maneuver to Influence (MTInfl) 영향을 위한 기동** - 협력자, 경쟁자 또는 적군 지휘관, 군대와 관련 인사에 대한 행동, 능력, 의지 및 인식에 영향을 끼치기 위하여 모

미국의 무인체계 통합 로드맵

든 환경에서 유리한 위치로 이동하는 능력

- **Maneuver to Insert (MTI) 침투를 위한 기동** - 부대를 모든 환경하에서 유리한 곳에 위치시키는 능력
- **Maneuver to Secure (MTS) 안보를 위한 기동(MTS)** - 작전 지역에서 소유권 혹은 통제력은 어느 쪽이나 모두 작전상의 이점을 가져오는 중요 지역을 군 혹은 군 없이 통제 혹은 거부(파괴, 제거, 오염 또는 장애물 차단)하는 능력
- **Mitigate 경감** - 공격(개인자산과 물리적 자산에 대해 지정된 긴급 사태) 효과를 최소화하고 그 결말을 관리하는 능력
- **Monitor 감시** - 결정의 행위/영향을 적절히 관찰하고 감사하는 능력
- **Net-Centric 망 중심** - 완전한 인간적·기계적 연결성과 상호운용성을 위한 틀을 제공하는 능력, 이 능력을 이용해 모든 미 국방부 사용자와 임무 협력자들은 필요할 때 이해할 수 있는 방식으로 혁신을 가지고 필요한 정보를 공유한다. 또한 이를 가지지 말아야 하는 사람에게는 정보를 막는다.
- **Non-Kinetic Means 비동역학적 수단** - 폭발물이나 물리적 운동량을 통하지 않고 효과를 만들려는 능력 (예 : 지향성에너지, 컴퓨터 바이러스/해킹, 생화학)
- **Prevent 방지** - 개인(전투원/비전투원) 및 물리적 자산에 대한 임박한 공격을 무력화시키거나 공격을 파괴하는 능력
- **Processing/Exploitation 처리/이용** - 수집된 정보를 추가 분석이나 조치를 위해 적합한 형태로 변환하는 능력
- **Protection 방호** - 미국과 동맹국의 개인(전투원/비전투원) 및 물리적 자산에 대한 공격의 역효과를 막고 완화시키는 능력
- **Shape 형상** - 협력자, 경쟁자 또는 적군 지휘관, 부대, 미국 국가안보 혹은 공유된 세계적 안보 이익과 관련된 인사의 인식, 의지, 행동, 능력에 영향을 끼치는 활동을 수행하는 능력
- **Supply 보급** - 공급원과 납품일정을 인식·선정하고, 상품을 수령·검사·전달하며 공급자 비용지불을 승인하는 능력. 이것에는 재고수준, 금융자산, 사업규칙, 공급자 네트워크, 조약(수입 요구사항 포함), 공급자 실적 평가를 확인·관리하는 능력
- **Understand 이해** - 의사결정을 돕기 위해 환경 및 상황에 대한 정보의 특성, 성질, 중요 세부 사항의 의미를 개인적·집합적으로 이해하는 능력

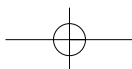
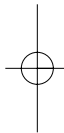
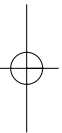


주요국 국방·군사 동향 시리즈 12-03

미국의 무인체계 통합 로드맵

발행일 2012년 11월 30일
발행처 국방기술품질원
서울시 중구 청파로 463 한국경제신문사 4층
(02)2079-1560, 1581, 1559
발행인 최창곤
편집·디자인·인쇄 삼원애플랜 (02)2634-9381

작성 홍문희, 민영기, 이윤상, 김정국, 강인원
김권희, 황태호, 김성재, 박정운
편집 이창희
번역 방수진, 류성록, 강경아, 박민영,
이슬아, 전고운



국방기술품질원

방산기술정보 간행물



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

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

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

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

2012년도 발간 방산기술정보 간행물 현황

- ◎ 격월간 “국방과학기술정보”誌 (매 짝수 월)
- ◎ 주요국 국방·군사 동향 시리즈
 - 12-01 : 미국 방위산업 정책 이슈와 국방 예산 (2012. 6. 30)
 - 12-02 : 중국 군사력 및 안보 동향 (2012. 8. 31)
 - 12-03 : 미국의 무인체계 통합 로드맵 (2012. 11. 30)
- ◎ 2012 세계 방산시장 연감 (2012. 11. 30)

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

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