



주요국 국방 · 군사 동향 시리즈

14-02

# 2013~2038 미국의 무인체계 통합 로드맵











주요국 국방 · 군사 동향 시리즈

14-02

2013~2038

# 미국의 무인체계 통합 로드맵





## 발간사

오늘날 과학기술의 급속한 발전은 무기체계에도 큰 변화를 일으키고 있습니다. 무인체계(Unmanned Systems)는 이러한 변화의 중심에 있다고 해도 과언이 아닙니다. MQ-1 Predator, RQ-170 Sentinel 등을 비롯한 지상·공중·해상 무인체계는 이라크와 아프가니스탄 전쟁을 통해 그 탁월한 전투 성능과 효용성을 입증한 바 있습니다. 따라서 미국을 비롯한 선진국에서는 아군의 병력과 장비를 보호하면서 적을 효과적으로 제압하기 위해 무인체계 개발에 많은 노력을 기울이고 있습니다.

현재 미국은 무인체계 분야에서 독보적인 위치를 점하고 있을 뿐만 아니라 일대 군사혁신을 꾀하고 있습니다. 군사혁신은 육·해·공군 등에 흩어져 있는 무인기술을 통합군으로 일원화하고, 비용을 줄이면서 효과성을 높이는 방향으로 진행하고 있습니다. 미국 국방부가 발간한 ‘무인체계 통합 로드맵(Unmanned Systems Integrated Road-map (FY2013-2038))’은 이러한 내용을 전체적으로 설명하고 있습니다. 본 간행물은 이를 번역한 것으로써, 미국 무인기술의 개발·생산·시험평가·운용 및 유지보수를 위한 향후 25년의 비전과, 이를 실천하기 위한 국방부와 방위산업계의 고려 및 조치 사항 등을 광범위하게 기술하고 있습니다.

국방기술품질원에서는 2009년과 2012년에 미국의 무인체계 통합 로드맵에 관한 간행물을 발간한 바 있습니다. 당시 발간한 간행물에는 미국이 우선적으로 고려 및 집중해야 할 무인기술 분야와 문제점 및 발전 방향 등을 제시하였습니다. 금번 간행물의 내용은 이를 수정, 보완 및 발전시켜 구체화한 것이라고 할 수 있습니다.

본 간행물의 1장에는 로드맵의 목적과 범위, 2장에는 무인체계의 계획과 개발에 대한 지침 그리고 무인체계의 문제점과 국방부 해결 방침 등이 기술되어 있습니다. 3장에는 무인체계 능력을 개발할 때 사용되는 요구사항 취합과정과 합동 관점, 4장에는 기술 개선이 필요한 영역에서 국방부 전략 우선순위 변화와 수명주기 비용 절감 필요성 등이 있습니다. 5장에는 임무 달성에 필요한 성능을 판단할 때 필요한 운용환경, 6장에는 군수지원 목표를 충족할 수 있는 환경 조성 필요성 등을 나타내었습니다. 그리고 7장에는 무인체계 훈련 상태와 관련 문제점 및 발전방향, 8장에는 외국 협력자와 연구개발·시험평가 시 국방 기술 규제·표준 협약 등이 기록되어 있습니다.

앞으로 무인체계는 전장에서 전투 임무 수행에 있어서 매우 중요한 역할을 할 것입니다. 이 로드맵에서 제시된 임무들이 성공적으로 수행된다면, 무인체계에 대한 기술·군수지원·훈련 등 전 분야에서 괄목할 만한 성과가 이루어질 수 있을 것으로 판단됩니다.

아무쪼록 본 간행물이 우리나라 방산분야 종사자들의 무인체계 분야에 대한 기술계획 및 획득정책 수립과 우리 군이 미래전을 대비하는 데 도움이 되기를 기대합니다.

2014년 8월

국방기술품질원장



# 목차

발간사	.....	2
목차	.....	4
요약문	.....	10
<b>제1장</b>	1.1 국방부 비전 .....	16
서론	1.2 범위 .....	17
	1.3 현재 환경 .....	18
	1.4 향후 환경 .....	26
<b>제2장</b>	2.1 전략 지침 .....	36
전략 기획 및 정책	2.2 의회 지시 .....	37
	2.3 획득 방침 .....	37
	2.4 국방부 정책 고려사항 .....	38
<b>제3장</b>	3.1 왜 무인인가? .....	48
전투사령관 임무와 필요한 능력	3.2 요구 절차 .....	49
	3.3 합동 능력 영역(JCA) .....	52
	3.4 향후 전망 .....	56

**제4장**  
무인체계 기술

4.1 서론 ..... 60  
 4.2 상호운용성과 모듈성 ..... 67  
 4.3 통신 체계, 스펙트럼 및 복원력 ..... 79  
 4.4 보안: 연구 및 정보/기술 보호(RITP) ..... 103  
 4.5 지속적 복원력 ..... 109  
 4.6 자율성 및 인지 거동 ..... 116  
 4.7 무기 ..... 125

**제5장**  
운용환경

5.1 서론 ..... 136  
 5.2 문제점 ..... 137  
 5.3 물리적 환경 ..... 138  
 5.4 정책 및 규제 환경 ..... 139  
 5.5 기술 적용 ..... 143  
 5.6 향후 전망 ..... 150  
 5.7 사례 연구: 공중: 감항성 및 GBSAA ..... 151  
 5.8 요약 ..... 152

**제6장**  
군수 및 유지

6.1 현재 유지 환경 ..... 156  
 6.2 문제점 ..... 157  
 6.3 군수 및 유지에 따른 어려움 ..... 157  
 6.4 향후 전망 ..... 162  
 6.5 유기적 병참 유지보수 계획 ..... 164  
 6.6 유지 지표와 성과 기반 군수 ..... 165  
 6.7 합동 군수 통합 ..... 166



<b>제7장</b>	7.1 훈련의 필요성 ..... 172
훈련	7.2 문제점 ..... 173
	7.3 훈련의 어려움 ..... 173
	7.4 현재의 훈련 환경 ..... 174
	7.5 향후 전망 ..... 185
<b>제8장</b>	8.1 서론 ..... 190
국제 협력	8.2 국제 협력 방법 ..... 190
	8.3 국제 협력 권한, 관할권, 승인 및 공개 ..... 193
	8.4 UAS 관련 특별 고려사항 ..... 196
	8.5 개혁 노력 ..... 196
<b>제9장</b>	요약 ..... 202
요약	
<b>부록</b>	부록 A 기본 문서 및 참고문헌 ..... 206
	부록 B 상호운용성 표준 우선순위 ..... 208
	부록 C 국방부의 상호운용성 및 모듈성 증강 방침 ..... 211
	부록 D 무인체계 T&E 능력 현재 상태 ..... 227
	부록 E 유·무인 팀 편성(MUM-T) 및 MUSIC ..... 230
	부록 F 사례 연구 MQ-9 REAPER ..... 233
	부록 G 연락처 ..... 238
	부록 H 약어 ..... 241

## 표목차

표 1	미 국방부 무인체계 자금 지원	19
표 2	MUSIC I 능력과 사용 사례	232

## 그림목차

그림 1	무인전 정보 저장소	17
그림 2	UAS 재고 대 자금 지원	21
그림 3	국방부 UAS 재고 현황	21
그림 4	UAS (PB13 및 그 이후)	22
그림 5	임무/능력 영역별 UGS	24
그림 6	임무 영역별 UMS	25
그림 7	작전 전투공간	30
그림 8	미래 무인체계의 배열(개념)	32
그림 9	연계된 JCIDS 절차	50



그림 10	DoD S&T 자금 지원: FY1962-2016	61
그림 11	단기, 중기, 장기 목표	62
그림 12	무인 체계의 상호운용성 및 모듈성 목표	78
그림 13	높은 수준의 C4 인프라 운용 개념도(OV-1)	80
그림 14	DISA가 제안한 UVDS 기능 아키텍처	85
그림 15	현재 UVDS 운용 아키텍처(2012년 2월)	86
그림 16	다양한 주도국에서 더 넓은 주파수 범위의 스펙트럼 지원 획득 가능성	95
그림 17	무인체계 목표 아키텍처	102
그림 18	무인체계의 통신체계, 스펙트럼 및 복원력 목표	103
그림 19	무인체계의 SWaP-C 목표	110
그림 20	무인체계의 RAM 목표	112
그림 21	무인체계의 생존성 목표	113
그림 22	무인체계의 구조 및 재질 열화 목표	114
그림 23	무인체계의 추진력 목표	115
그림 24	다섯 가지 문제 영역에 대한 육군의 비전	121
그림 25	RCTA의 2014 회계연도 캡스톤 실험	122
그림 26	레이저 유도 공격 또는 대전차 미사일(LAHAT)	125

그림 27	레이저 유도 SPIKE	126
그림 28	스위치블레이드(Switchblade) 무기	127
그림 29	나노입자와 폭발	130
그림 30	무인체계용 무기 목표	132
그림 31	SAA 자체 분리 기능	141
그림 32	UAS 조종사 시뮬레이터 훈련	145
그림 33	운용환경 기술 개발 연대	153
그림 34	수명주기 유지 계획 분석 향후 전망	163
그림 35	기본 병참 유지보수 수리 자원 승인 통합	167
그림 36	육군 그룹 3 이상 UAS 운용자 훈련 흐름도	176
그림 37	해병대 그룹 3 UAS 운용자 훈련 흐름도	177
그림 38	공군 MQ-1/9 조종사 및 센서 운용자 훈련 흐름도	178
그림 39	UAS 훈련 목표	187
그림 40	기본 혁신 목표 연대표	203
그림 41	MUSIC I 작전 개요(OV-1)	231
그림 42	MQ-9 Reaper 유지 계획	236



## 요약문

무인체계는 병사의 전장 능력을 계속해서 새롭게 향상시키고 있다. 현재 무인체계에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있으며, 앞으로 여러 요소가 무인 프로그램 개발에 영향을 미칠 것이다. 미 국방부는 다음 세 가지 주요 착안사항에 따라 무인체계를 기획·개발하고 있다.

1. 서남아시아의 전투 작전을 통해 현재 전장에서 군의 무인체계 이용 효과가 입증됨에 따라 무인 기술이 합동군 구조에 신속하게 통합되었다. 그러나 현재 시급한 작전 요구를 충족하기 위해 배치된 무인체계와 기술을 더욱 확대하고(이 로드맵에서 설명) MILDEP (Military Department: 군 기관)의 중기계획 등재사업(Programs Of Record, POR)에 적절히 통합하여 효과, 효율, 저비용, 공통성, 상호운용성, 통합 수준을 비롯해 향후 운용요건을 충족하는 데 필요한 기타 주요 특성을 달성해야 한다.
2. 경제 활동의 침체로 인해 당분간 MILDEP의 예산은 계속 제약을 받을 것이다. 이렇게 재정적 제약을 받는 환경에서는, 비용 부담이 낮고 효과는 높은 기술 솔루션을 확보하는 것이 매우 중요하다.
3. 급변하는 국가 안보 환경도 독특한 과제를 안겨준다. 국가 안보 전략이 아시아·태평양 무대로 전환됨에 따라 자유로운 작전이 어려운 반접근/지역거부(Anti-Access/Area Denial, A2/AD) 지역에서 무인체계 운용이 필요할 수 있는 환경과 잠재적 적대국의 능력에 따라 다양한 운용을 고려할 필요가 생겼다. 다른 여러 작전사령관(Combatant Commander, CCDR)을 지원하기 위해 무인자산을 재할당할 때도 독특한 과제가 수반된다. 즉, 기후·지형·거리·영공 등이 포함된 좀 더 복잡한 환경에서 무인체계를 운용하며 동맹국과 주둔국과의 협조 범위를 넓혀야 할 것이다.

위 세 가지 주요 요소를 모두 충족하기 위해서는 프로그램 개발 시 효과적이면서도 비용이 저렴한 혁신적인 기술 솔루션이 추가로 필요하다.




이 로드맵의 목적은 국방부 전체에서 무인체계 기술의 지속적인 개발·생산·시험·훈련·운용 및 유지를 위한 비전과 전략을 세우는 것이다. <미국의 무인체계 통합 로드맵>은 향후 25년의 기술 비전을 수립하고, 국방부와 산업계가 이 비전에 따라 효과적이고 적절한 비용으로 추구해야 하는 조치와 기술을 간략히 기술한다. 해당 비전과 전략은 여덟 개 장으로 나누어 제시한다.

1장: 서론 — 로드맵의 목적과 범위를 설명한다. 현재 무인 환경을 재고 목록과 예산의 측면에서 살펴보고 향후 가능한 환경도 조사한다. 이 장에는 로드맵 뒷부분에서 설명하는 일부 기술을 이용해 향후에 가능한 능력을 보여주는 가상 미래 이야기(operational vignette)도 담겨 있다. 그리고 이 장에서는 2013 회계연도의 무인체계에 대한 대통령 예산 요청이 56억 달러가 되면서 앞으로 5년에 걸친 예산 삭감에 대해 설명한다. 사실 의회에 제출된 2014년 대통령 예산서에 기술된 무인공중분야에는 전년도 대비 연구·개발·시험·평가 및 조달 재정 지출의 33.4% 삭감이 포함되어 있다.

2장: 전략 계획 및 정책 — 이 장에서는 국방부 지도부의 조직, 방향 그리고 무인체계의 계획과 개발에 대해 정해진 지침을 상세히 설명한다. 현재의 무인체계와 관련된 몇 가지 문제를 간략히 살펴보고 국방부의 해결 방침을 설명한다.

3장: 필요한 CCDR 임무와 능력 — 이 장에서는 무인체계 특유의 임무와 능력에 대해 살펴보고 효율·효과 및 생존성을 높이고 더 적은 비용으로 인력 부담은 낮추면서 향후 운용요건을 계속 충족할 수 있도록 능력을 개발하는 과정에서 합동 관점이 등장한다. 향후 무인체계에 대한 관점은 다음과 같다.

- 모듈 방식, 상호운용성, 유인체계와의 통합, 신기술 사용과 같은 속성을 통해 좀 더 효율적으로 능력을 제공해야 한다.
- 더 높은 자동화 수준, 향상된 성능, 능력 사용의 유연성 같은 특징을 통해 좀 더 효과적이어야 한다.
- 복원력이 뛰어난 통신, 무단 조작에 강한 보안 성능, 체계 설계를 통해 경쟁 환경에서 생존력을 높여야 한다.
- 무인체계를 운영하고 지원하는 데 필요한 인력을 줄여야 한다.



4장: 무인체계에 필요한 기술 — 기술 개선을 요하는 주요 관심 영역에서 국방부의 전략 우선순위 변화를 살펴보고, 무인체계를 포함한 모든 체계의 수명주기 비용을 지속적으로 낮춰야 할 필요성을 다룬다. 이 장에서 주목하는 여섯 가지 관심 영역은 상호운용성과 모듈 방식, 통신체계, 범위 및 복원력, 보안(조사 및 정보 수집/기술 보호(Research and Intelligence/Technology Protection, RITP)), 지속적인 복원력, 자율성과 인지행동, 그리고 무기이다. 이 장에서는 과학기술 자금 지원의 제한이 이러한 기술 솔루션에 어떤 영향을 미칠 수 있는지도 설명한다.

5장: 운용환경 — 임무 달성에 필요한 성능 유연성(예: 적정 수준의 자동화, 기동성, 통신 옵션)을 판단할 때 반드시 필요한 무인체계의 운용환경에 대해 설명한다. 이 장에서는 물리적 측면과 통제적 측면을 포함해 운용환경의 각 측면을 획득 수명주기 단계 전체에 포함할 것을 강조한다. 새로운 능력을 지원하기 위한 요건과 표준을 개발해야 하지만 현재 각 MILDEP에 지침이 제공되어 있다.

6장: 군수지원 및 유지 — 다양한 유형의 무인체계를 대량으로 신속하게 개발하여 현장에 배치하는 일은 지속성의 측면에서 국방부에 상당한 부담이 된다. 이 장에서는 즉각적인 전투 지원 능력에서 주문자 생산 방식(Original Equipment Manufacturers, OEM) 제조업체와 기타 계약업체를 유연하게 병용하고 유기적 지원을 활용하여 군수지원 목표를 충족할 수 있도록 비용 효과가 우수하고 장기 유지 환경을 조성하는 방향으로 전환해야 할 필요성에 대해 논의한다.

7장: 훈련 — 훈련환경을 형성하는 현재 상태와 군사력은 군수지원 환경을 형성해온 경우와 유사하다. 국방부가 평화 시 환경으로 전환하고 있는 시점에서는 무인체계의 비대칭적 장점을 향후 작전에서 절감된 비용으로 이용할 수 있도록 실제·가상·구조 영역을 적절히 혼합하여 배치해야 한다. 이 장에서는 무인체계의 훈련 상태, 관련 문제 및 발전 방향을 설명한다.

8장: 국제 협력 — 이 장에서는 공동 연구, 개발, 시험·평가, 외국 협력자와의 국방 기술 규제/표준 협약, 외국 협력자를 통한 방위 물자, 체계 및 서비스 조달에 관한 국방부의 노력을 살펴보고, 국방부의 목표와 방법을 설명한다.



2010년대 초부터 시행된 국방부의 무인체계 개발자금 지원의 제한에도 불구하고 무인체계(항공, 해양, 지상)는 향후 전투임무에서 계속해서 중요한 역할을 할 것이다. 이 로드맵에서 설명하는 프로젝트와 임무 완수를 통해 기술, 군수지원과 유지, 훈련 및 협력의 문제가 해결되면, 능력 향상과 비용 절감으로 계획·정책 및 운용환경에서 요구되는 문제를 쉽게 해결할 수 있다. 이러한 발전은 앞으로 점차 더 많이 이룩될 것이다.

# 제 1 장

## 서 론



주요국 국방·군사 동향 시리즈

- 국방부 비전
- 범위
- 현재 환경
- 향후 환경

2013~2038  
미국의 무인체계 통합 로드맵



## I 제1장 서론

이 로드맵의 목적은 국방부 전반에 걸쳐서 무인체계 기술의 지속적인 개발·생산·시험·훈련·운용 및 유지를 위한 비전과 전략을 수립하는 것이다. 최근 서남아시아에서 실시된 전투 작전을 통해 현재의 전투환경에서 무인체계의 군사적 효용성이 확인됨에 따라 합동군 구조에 무인기술이 급속하게 통합되었다. 이 로드맵은 향후 25년의 비전을 수립하고 또한 무인체계를 지속적이고 합리적 비용으로 신속하게 통합하고 적용하는 데 필요한 국방부·산업계·학계 및 기타 부문에서 해야 할 행동과 기술을 개략적으로 언급한다.

무인항공체계(Unmanned Aircraft System, UAS) 프로젝트 팀 현장의 목표에 이 로드맵의 필요성이 명시되어 있다. 특히 이 현장의 목표 5는 로드맵 과제를 가리킨다.<sup>1)</sup>

목표 5. 국방부의 무인체계 로드맵 개발과 보급을 위한 주도적 활동을 담당한다.

### 1.1 국방부 비전

국방부는 다음과 같이 합리적인 비용에 유연성이 있으며, 상호운용이 가능하고, 통합적이며, 기술적으로 앞선 무인능력을 개발하여 실전에 배치할 것이다.

- 사이버 공간을 포함하여 모든 운용영역과 모든 우발사태에서 우위 확보(Defense Strategic Guidance 2012)<sup>2)</sup>
- 합동 및 연합작전에서 결정적인 군사력의 효율성에 기여

1) 무인전 정보저장소에서 제공되는 전체 현장(그림 1)

2) "Sustaining U.S. Global Leadership: Priorities for 21st Century Leadership," 국방전략지침, 2012년 1월.

- 미래 성공의 필수 요소
- 정보·감시·정찰(Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance, ISR), 대테러, 대량살상 무기 대응체계(counter-Weapons of Mass Destruction, WMD), 반접근/지역거부(Anti-Access and Area Denial, A2/AD)를 포함한 모든 환경에서 요구되는 운용 등의 전략 지침에 따른 임무 강조
- 국토 수호
- 군사력과 능력의 급증 및 혁신 가능

## 1.2 범위

이 로드맵도 2011년판 로드맵에 제시된 지침에 따라 공중·지상·해양의 세 가지 무인 운용영역을 다룬다. 이 로드맵은 각 군 부서와 기관에서 만든 기존 로드맵을 활용하며, 각 군이 무인체계 기술의 잠재력을 완전하게 실현할 때 공통적으로 직면하게 되는 기술·훈련·정책 문제에 초점을 맞춘다. 부록 A는 이러한 결론의 근간을 이루는 해당 군사문서 목록이다.

본 문서는 우선적으로 국방부를 비롯한 다양한 이해관계자 집단의 요구를 충족한다. 이 로드맵은 무인체계와 관련된 문제를 극복하기 위한 공통의 비전을 제시하여 무인 혁신에 대한 군 기관의 투자를 구체화할 수 있다. 이 문서에 제시된 여러 계획도 군 요구 사항 개발자, 예산 계획자, 사업관리자, 연구소, 전투원 및 국방부의 기타 주요 이해관계자의 노력을 구체화한다. 또한, 이 문서

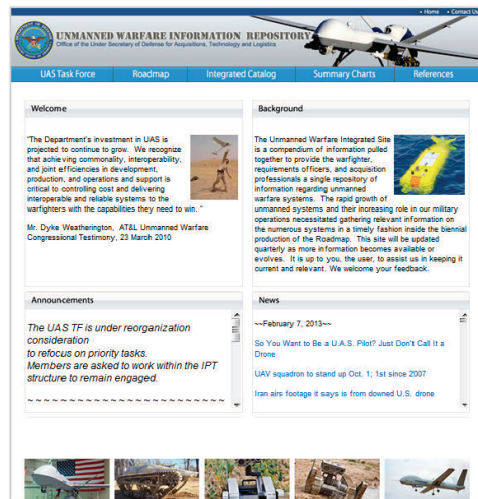


그림 1 무인전 정보 저장소

는 국방부 우선순위에 대한 통찰을 제공하고, 특히 독립 연구개발 투자 전략에 대한 산업계의 투자를 구체화하는 데 도움을 주어 방위산업의 요구를 충족한다. 끝으로 이 로드맵은 의회 직원·정부 회계 감사원·옹호 단체·교육 기관 등 국방부 이외의 주요 이해관계자에게 정보를 제공한다.

그동안 이 문서에 수록된 기존의 무인 카탈로그가 현재 별도의 온라인 도구에 수록되어 있다. 2010년에 만들어진 이 도구는 하드카피 문서보다 효율적인 기능을 제공한다. 온라인 접근 방식은 격년으로 발행되는 간행물보다 카탈로그를 더 자주 업데이트할 수 있다. 독자들은 무인전 정보 저장소(그림 1)에 관한 공통의 액세스 카드 보호 카탈로그를 <http://extranet.acq.osd.mil/uwir/>에서 볼 수 있다.<sup>3)</sup>

### 1.3 현재 환경

국제 환경의 급변에 따른 시급성을 국방부의 획득사업에서 절실하게 느낄 수 있다. 특히 이러한 절박감을 느끼게 하는 세 가지 요인은 예산 문제, 안보 요구 사항의 진화, 군사 환경의 변화이다. 무인체계에 관한 예산은 이번 항에서 다루고 나머지 두 요인은 향후 환경 항에서 다룬다(1.4 항 참조).

10년 이상의 지루한 갈등에서 벗어나고 있는 현 시점에서 미래의 위협과 도전에 더 집중해야 한다. 즉, 아시아-태평양 지역에 계속 집중하고, NATO 같은 오랜 동맹 관계를 강화하며, 사이버 같은 필수 능력에 새롭게 투자해야 한다.

우리의 임무를 완수하려면 우리의 이익과 요구조건에 우선 순위를 정하여 현명하게 예산을 책정해야 한다.

- Chuck Hagel, 국방 장관<sup>4)</sup>

3) OUSD(AT&L) 네트워크 인프라에는 공통 액세스 카드 보호가 필요하다. OUSD(AT&L)S&TS-UW&ISR로 문의할 수 있다. 연락처 정보는 p.238 부록 G에 나온다.

2013년 대통령 예산안(PB13)은 차기 미래국방계획(Future Years Defense Plan, FYDP)에 대한 전체 국방부 예산을 2,590억 달러 삭감하여 향후 10년에 걸쳐 총 4,870억 달러가 삭감된다. 예산 자동 삭감이 적용되는 2014년 대통령 예산안은 FYDP 예산 중 약 550억 달러를 추가로 삭감한다.<sup>5)</sup> 일부 국방 사업은 추가 자금을 지원받았으나 기타 사업은 하향 조정이 필요했다. 예산의 초점은 A2/AD 시나리오에서 주도권을 보장하기 위한 A2/AD 기술을 개발하는 데 맞추어졌으며 차세대 폭격기 및 기타 현대화에 자금이 지원될 것이다. 표 1은 PB14의 무인체계 비율을 보여준다.

표 1 미 국방부 무인체계 자금 지원

FYDP		2014	2015	2016	2017	2018	Total
공중	RDTE	1,189.4	1,674.0	1,521.4	1,189.4	1,087.9	6,662.2
	Proc	1,505.5	2,010.2	1,843.5	1,870.7	2,152.8	9,382.7
	OM	1,080.9	1,135.2	1,102.7	1,156.9	1,178.5	5,654.1
영역 총계		3,775.9	4,819.4	4,467.6	4,217.0	4,419.3	21,699.1
FYDP		2014	2015	2016	2017	2018	Total
지상	RDTE	6.5	19.1	13.6	11.1	10.6	60.9
	Proc	6.5	27.9	30.7	42.6	55.4	163.1
	OM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
영역 총계		13.0	47.0	44.3	53.7	66.0	223.9
FYDP		2014	2015	2016	2017	2018	Total
해양	RDTE	62.8	54.8	66.1	81.0	87.2	351.9
	Proc	104.0	184.8	160.1	158.1	101.1	708.2
	OM	163.4	170.3	182.4	190.5	193.6	900.2
영역 총계		330.2	409.8	408.6	429.7	381.8	1,960.2
FYDP		2014	2015	2016	2017	2018	Total
전체 무인체계	RDTE	1,258.7	1,747.9	1,601.1	1,281.5	1,185.7	7,075.0
	Proc	1,616.0	2,222.9	2,034.3	2,071.4	2,309.3	10,253.9
	OM	1,244.3	1,305.4	1,285.1	1,347.4	1,372.1	6,544.3
영역 총계		4,119.1	5,276.2	4,920.5	4,700.4	4,867.1	23,883.2

참고: 지상 운용 및 정비(Operations and Maintenance, OM) 예산은 해외 비상사태 작전 자금으로 지원된다.

주: FYDP: Five-Year Defense Program.

Proc: Procurement, RDTE: Research, Development, Test and Evaluation

4) 출처: <http://www.defense.gov/Speeches/Speech.aspx?SpeechID=1754>.

5) 출처: <http://www.defense.gov/speeches/speech.aspx?speechid=1643>.

지난 10년 동안 군 기관에서 획득한 무인체계의 수량과 종류의 다양성이 증가했으며 그 능력은 전투원 작전의 필수 요소가 되었다. 전통적인 유인체계에 필적할 정도로 무인체계 포트폴리오의 규모, 정교함 및 비용이 증대되었다. 현재 무인체계에는 장기적인 능력을 제공하는 대규모 획득 사업과 긴급한 요구를 충족하기 위한 단기 사업이 모두 포함된다.

이 로드맵은 공중 영역에서 운용되는 무인체계를 무인항공체계(UAS), 지상 영역에서 운용되는 무인체계를 무인지상체계(Unmanned Ground System, UGS), 해양 영역에서 운용되는 무인체계를 무인해양체계(Unmanned Maritime System, UMS)로 지칭한다. 각 운용 영역마다 전투원이 영향을 받는 독특한 환경적 특성이 있다. 복잡한 임무 환경에서는 임무를 효과적으로 수행하기 위해 여러 영역에 걸친 여러 체계의 협력과 상호 운용이 요구된다.

### 1.3.1 무인항공체계

무인항공체계(UAS)는 “무인 항공기 제어에 필요한 장비, 네트워크, 인력이 구성요소에 포함되는 체계”이다.<sup>6)</sup> 일부 경우에서 UAS에는 발사 요소가 포함된다. 2013 회계연도부터 PB2014까지 UAS의 통합 연구, 개발, 시험 및 평가(combined Research, Development, Test, and Evaluation, RDT&E) 및 조달 자금 지원에서 13억 달러(33.4%)가 삭감되었으나 국방부의 UAS 재고 및 자금은 2015년까지 계속해서 점진적으로 증가하다가(그림 2 참조) 2016년 이후에는 감소하는 경향을 보일 것이다. 국방부 범위 밖의 UAS 부문은 계속 성장할 것으로 예측된다. 이 부문은 “10년 동안 전 세계 항공우주산업에서 가장 역동적으로 성장한 부문”이라는 평가를 받았다.<sup>7)</sup>

국방부 범위 안에서는 앞으로 5년에 걸쳐 RDT&E 자금 지원이 감소될 예정이다. 진행 중인 창 정비 통합 노력으로 운용 및 정비 비용(O&M)이 감소할 것으로 예상된다.

그러나 현재의 재고 수준을 고려할 때 전체 자금 지원은 주로 ISR 임무를 수행하는 UAS에 계속 투입되는 것을 알 수 있다. 산업 분석 및 예측 단체의 추산에 따르면 전 세계 UAS 지출이 향후 10년에 걸쳐 총 890억 달러로 거의 두 배로 증가하며,<sup>8)</sup> 국방부 자금 지원과 업계 예측을

6) Joint Publication (JP) 3-52, Joint Airspace Control, 2010년 5월 20일.

7) “Teal Group Predicts Worldwide UAV Market Will Total \$89 Billion in Its 2012 UAV Market Profile and Forecast,” Press Release Newswire, United Business Media, 2012년 4월 11일.

비교하면 국방부가 이 시장에서 대규모 사용자는 되지 못할 것임을 알 수 있다. 대신에 국방부는 가장 혁신적인 사용자가 될 계획이다. 전략 계획의 관점에서 UAS는 국방부가 단기간 유지하는 데 필요한 다양한 능력을 제공하는 대규모 편대로 커졌다. 그림 3을 참조한다.

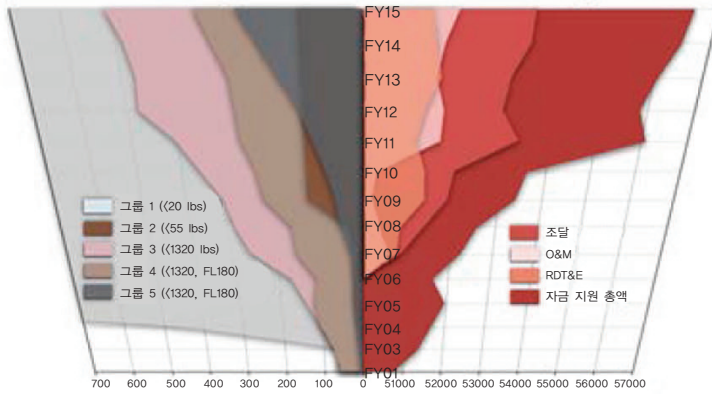


그림 2 UAS 재고 대 자금 지원

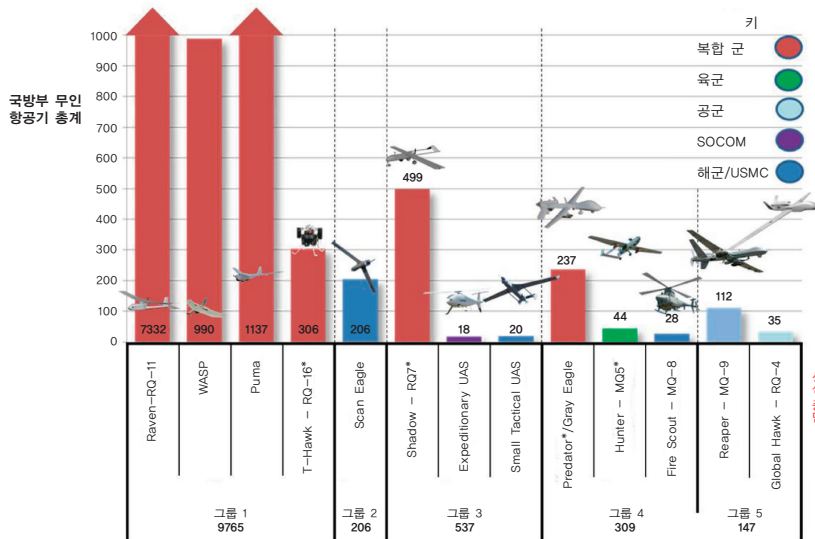


그림 3 국방부 UAS 재고 현황

8) 상계서

미래를 내다볼 때 현재 능력의 현대화가 주를 이룰 것이며, 새로운 능력의 제한적 개발은 주로 좀 더 까다로운 공중 환경에서 운용할 수 있는 소수의 고급 플랫폼에 집중될 것이다. 신형 체계의 개발이 감소하는 반면, 연기되고 있는 향후 사업이 많아 향후 체계에 대한 전망이 훨씬 더 조심스럽다. 그림 4를 참조한다.



그림 4 UAS (PB13 및 그 이후)

또한, 국방부는 앞으로 전체 상호운용성을 개선할 계획이다. 최근에 합동 요구 사항 감독 위원회(Joint Requirements Oversight Council, JROC)의 승인을 받은 UAS 합동 운용 개념(CONOPS)은 UAS 사용 능력 및 복잡성을 기술하는 유인 항공기 운용에 적용 가능한 모든 합동 지침을 토대로 한다.<sup>9)</sup> 최신 무인항공체계 상호운용성 프로그램(Unmanned Aircraft Systems Interoperability Initiative, UI2) 능력 기반 평가(Capability Based Assessment, CBA)도 UAS의 상호운용성 과제에 필요한 운용을 평가한다.<sup>10)</sup> CBA는 이러

9) Joint CONOPS for UAS, 제3판, 2011년 11월:

[https://extranet.acq.osd.mil/uwir/docs/Joint\\_Concept\\_of\\_Operations\\_for\\_Unmanned\\_Aircraft\\_Systems\\_Third\\_Edition\\_Final\\_November\\_2011.pdf](https://extranet.acq.osd.mil/uwir/docs/Joint_Concept_of_Operations_for_Unmanned_Aircraft_Systems_Third_Edition_Final_November_2011.pdf).

한 요구를 충족할 수 있는 국방부의 능력을 확인하여 우선순위를 정하고 각 간극을 좁히기 위한 원칙, 조직, 훈련, 소재, 지도력, 교육, 인력, 시설 및 정책(Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and Education, Personnel, Facilities, and Policy, DOTMLPF-P) 해법을 제시한다.

### 1.3.2 무인지상체계

무인지상체계(UGS)는 운용자가 주된 플랫폼에 탑승하지 않고(선택사항) 부여된 임무를 원격으로 수행할 수 있는 동력을 갖춘 물리적 체계이다. UGS는 이동체계가거나 정지 체계일 수 있고 스마트 러닝(smart learning) 및 자가 적응(self adaptive)이 가능하며, 사용자 제어장치(Operator Control Unit, OCU) 같은 관련 지원 구성요소가 모두 이에 포함된다. 추가 임무 모듈 탑재체의 지원을 받는 UGS를 다른 군사영역에 통합하는 것은, 체계 측면은 물론 합동 지원 및 연합의 측면에서도 미래 국방부 작전의 필수 부분이다. 이 비전은 그림 5에 나오는 임무영역 전체 범위에서 지상 기반 로봇이 이라크와 아프가니스탄에서 그 가치를 증명하면서 계속 강화되고 있다.

10년에 걸친 전쟁의 바람이 잦아들면서 국방부의 UGS 재고 및 자금이 2014년에 감소할 것으로 예상되며, 이어 2016년 이후에는 확대된 임무 요구 사항을 충족하기 위한 새로운 중기계획 등재사업(Program Of Record, POR)이 실전에 배치되면서 자금이 점차 증가할 것으로 예상된다. UGS의 1차 실전 배치는 이라크 해방작전(Operation Iraqi Freedom)을 지원하기 위한 전투원의 긴박한 요구로 촉진된 긴급 획득사업에서 비롯되었다. UGS의 능력을 현재의 전투능력 이상으로 유지해야 한다는 필요성을 인식하고 있지만 야전에 배치된 POR이 부족하기 때문에, 육군 참모부장은 선정된 임시체계를 지속적으로 지원하고 유지하기 위해 지시된 요건을 승인했다. 이 지시에 따라 현재의 전 세계적인 교전능력을 넘는 특정 능력을 유지하여, 기존의 군 사업을 통해 항구적인 능력을 개발하고 획득할 때까지 부족한 능력을 보완할 수 있게 되었다.

10) Unmanned Aircraft Systems Interoperability Initiative (UI2) Capability Based Assessment, 2012년 5월 14일: <https://extranet.acq.osd.mil/uwir/docs/UI2%20CBA%20Report%20Final%20Signed.pdf>.



그림 5 임무/능력 영역별 UGS

국방부는 1990년대 초부터 UGS 능력에 대한 전사적 접근 방식을 유지해왔다. 합동 지상로봇 엔터프라이즈(Joint Ground Robotics Enterprise, JGRE) 구성으로 합동 근무 능력과 협동성이 향상되고 국방부의 노력을 UGS에 집중하기 위한 수단이 되었다. JGRE의 초점은 기술 발전과 전투원의 요구에 따라 시간이 흐르면서 진화했다. 현재의 엔터프라이즈 초점은 국방부 전체의 중복을 없애면서 비용이 저렴하고, 임무 유연성이 우수하며, 지원이 가능한 미래시스템을 보장하기 위해 군 전체의 UGS 사업을 동기화하여 중복을 없애고 투자를 극대화하는 것이다.

의회는 우려에 대한 대응 조치로, 미 육군은 30년 UGS 캠페인 계획을 개발했다. 이 캠페인 계획은 UGS RDT&E 노력을 육군 현대화 요구 사항에 맞게 조정하고 동기화하기 위한 광범위한 접근방법으로 개발되었다. 이에 따른 UGS 실행 명령의 목적은 지속성·방호력·내구성이 향상된 유인-무인팀으로 구성된 현대화된 부대를 만드는 것이다. 이 목표가 실현되면 전투원의 육체적 및 인지적 업무량이 감소하는 반면에 전투능력은 증

가할 것이다. 최종 상태는 이동성과 기동성, 방호력, 정보 및 지속성이 향상되고 유인-무인팀으로 구성된 비용이 저렴한 현대화된 부대이다.

### 1.3.3 무인해양체계

무인해양체계(UMS)는 무인 수상정(Unmanned Surface Vehicle, USV)과 무인 잠수정(Unmanned Undersea Vehicle, UUV)이 모두 포함된 무인 함정(Unmanned Maritime Vehicle, UMV)과, 필요한 모든 지원 구성요소 그리고 필수 임무 달성에 필요한 완전 통합형 센서와 탑재체로 구성된다. UMS에 지원되는 자금이 FYDP 전체에서 45% 감소하고 있지만, 미래 UMS 재산목록은 계속 증가할 것이다. 실제로 신형 연안 전투함이 운용되기 시작함에 따라, 이를 지원하는 UMS의 수가 늘어날 것이다. UMS 개요는 그림 6을 참조한다.



그림 6 임무 영역별 UMS



## 1.4 향후 환경

1.3 항에서 언급했듯이 전략환경이 빠르게 변하면서 크게 예산 문제, 안보 요구 사항 진화, 군사환경 변화의 세 가지 요소 때문에 절박감을 느끼지 않을 수 없다. 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3 항에서는 예산문제를 다루었고 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 항에서는 안보 요구 사항과 군사환경을 다루고, 미국의 전략문서에서 예측하는 미래 운용환경에 대해 설명한다.

### 1.4.1 목표

2010년 4개년 국방검토서에는 국방부의 명백한 목표 두 가지를<sup>11)</sup> 명시했다.

- 미래 위협에 대처하기 위해 필요한 능력을 강화하며, 현대전에서 승리할 수 있도록 미군의 능력을 재편한다.
- 전투원의 시급한 요구를 더욱 잘 충족시킬 수 있도록 국방부 프로세스를 계속 적극 지원한다. 즉, 사용 가능하며, 비용이 적게 들고, 실제로 필요한 무기를 구입하고, 세금이 제대로 사용되는 지를 확인한다.

현재의 보수적인 재정환경에서는 내핍 국방예산이 국가의 전략을 책임 있게 지원하는 향상된 능력을 획득하고 적절한 기술혁신에서 선두를 유지하는 데 초점이 맞추어져야 한다. 이러한 전략은 전 세계의 잠재적 갈등을 토대로 한다. 공통의 우선순위를 제시하는 전략 및 예산 문서인 “Sustaining U.S. Global Leadership: Priorities for 21st Century Leadership(미국의 글로벌 리더십 유지: 21세기 리더십 우선과제)”과 “Defense Budget Priorities(방위 예산 우선사항)”(둘 다 2012년 1월에 발표됨)에는 미국의 군사전략은 다시 아시아·태평양 지역에 초점을 맞추게 된다고 명시되어 있다.<sup>12)13)</sup>

11) “Quadrennial Defense Review,” 2010년 2월.

12) “Sustaining U.S. Global Leadership: Priorities for 21st Century Leadership,” Defense Strategic Guidance, 2012년 1월.

13) “Defense Budget Priorities,” 2012년 1월.

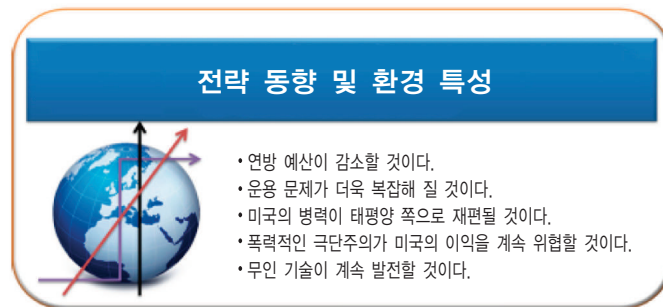
실제로 오늘날 전 세계 분쟁이 증식됨에 따라, 앞으로는 아시아·태평양의 안보와 번영을 포함해 더욱 광범위한 도전과 기회에 집중하게 될 것이다.

- 버락 오바마, 미 대통령<sup>14)</sup>

따라서 국방부 계획 주기에서 공군, 육군 및 해군의 초점은 “합동 작전 접근 개념”에 기술된 아시아·태평양 지역의 전략 상태와 유사한 현재와 미래의 위협과, A2/AD 안보 과제를 해결할 수 있는 작전 능력의 향상에 맞추어질 것이다.<sup>15)</sup>

현재의 문제 해법으로는 지금부터 20년 후에 발생하는 문제를 해결하지 못할 것이다. 미국이 앞으로 25년 후까지 분쟁에서 군사적으로 우위를 갖기 위해 준비해야 하는 전략적 세계 상황은 어떤 모습일까? 그 작전 환경은 어떠한 것인가? 잠재적 경쟁 상대는 누구일까? 미국이 네트워크로 연결된 영역 간(cross-domain) 해법을 사용하며 합동 전략의 성공을 보장할 수 있는 첨단 기술의 필수 무인 능력에 어떻게 투자해야 할 것인가?

## 1.4.2 동향 및 특성



이러한 환경적 동향과 특성 그리고 이것이 국방부에서 운용하는 무인체계에 어떤 영향을 줄 것인지를 고려한다.

14) “Quadrennial Defense Review Report,” 2010년 2월.

15) “Joint Operational Access Concept,” 2012년 1월 17일.

- 연방 예산의 감축(그리고 그에 따른 군 기관 예산의 감축) 압박은 계속 증가할 것이므로 국방부는 군의 요구를 초과하는 능력을 획득할 여유가 없게 된다. 이러한 압박이 커지면서 합동군 전체에서 상호 운용 및 정보 공유를 강화할 필요성이 더욱 커질 것이다.<sup>16)</sup>
- 기술 변화가 가속화되면서 운용 문제가 더욱 복잡해질 것이다.<sup>17)</sup> 기술적으로 향상된 능력을 쉽게 수용할 수 있고, 여러 임무 요구를 지원할 수 있는 체계를 설계하는 것이 더욱 중요해질 것이다.
- 미군은 재편될 것이다.
  - 긴장과 변화로 중동의 불확실성이 높아질 것이다.
  - 전력 대 전력 또는 종합적으로 경쟁할 수 없는 적군은 특정 지역이나 영공에 대한 접근을 막는 방향으로 전략을 수정하여, 중요하지만 보호 수준이 낮은 지역(예: 남아시아, 아프리카, 중동)을 표적으로 삼을 것이다. 이러한 전략에는 핵무기 확산 시도가 포함될 가능성이 높다.
- 과격한 극단주의는 미국 본토에서뿐만 아니라 전 세계에 걸쳐 미국의 이익을 계속해서 위협할 것이다.
- 무인 기술은 다양한 능력 영역에서 계속 향상될 것이다.
  - 경쟁국들의 무인 기술이 미국을 따라잡고 있다.
  - 데이터 집약형 다중 센서/다목적 능력이 점차 진화하고 있다.
  - 무인 기술의 혁신이 급속히 증가하고 있다.
- 사이버 영역도 지상, 해양 또는 공중과 우주처럼 쉽게 분쟁 환경이 될 것이다.<sup>18)</sup>
- 적군의 무인체계는 저지해야 하는 군사력에 새로운 저고도, 지상 및 상륙 위협까지 추가하여 공중, 지상 및 해양 작전을 복잡하게 만들 것이다. 이러한 우려 때문에 병력이 새로운 환경에서 작전을 수행할 수 있도록 지원하는 전술, 기법, 절차 및 훈련을 포함해 익숙한 대응 방안의 개발이 필요할 것이다.

### 1.4.3 운용 시나리오

다음 미래 가상 시나리오를 통해 현재의 신기술을 미래의 무인체계에 적용할 때 발생할 수 있는 능력에 대한 통찰력을 얻을 수 있다.

16) "Sustaining U.S. Global Leadership: Priorities for 21st Century Leadership," Defense Strategic Guidance, 2012년 1월.

17) 상계서

18) "Joint Operational Access Concept," 2012년 1월 17일.

### 1.4.3.1 환경 설정

2020년에 국제 연합(UN) 국제 원자력 기구(IAEA)의 핵 조사단이 두 번째 방문국인 Norachi에서 3주 만에 추방되었다. IAEA 조사단의 핵 부지 접근이 거부됨에 따라 이 국가의 핵 계획 안에 “군사 범주”가 있는지 확인할 수 없었다. Norachi 정부 대변인은 자국의 핵 계획에 군사 용도는 없다고 주장한다. 한편 Norachi의 지도자는 국영 TV를 통해 자국은 무기 등급 핵 농축 능력이 있다고 선언하며 서방 세력의 “침략을 방지하기 위한” 새로운 군사 훈련을 공표한다. 서방의 우려는 지하 깊이 묻혀 있어 감시하거나 필요할 경우에 공격하기가 훨씬 어려운 새 우라늄 농축 시설에 집중되어 있다. 그리고 WMD 물질 또는 기술의 이동 및/또는 판매 가능성도 서방 세력에 대한 위협을 증가시킨다.

서방 관리들은 Norachi가 방어태세로 전환하고 있거나, 순전히 평화적인 용도라고 주장하는 자국 핵 계획을 추진할 시간을 벌고 있는지 여부를 놓고 의견이 나뉘어 있다. UN은 원유 수출 금지를 포함해 Norachi에 대한 상품 판매를 금지시키는 방식으로 대응했다. Norachi에 우호적인 인접국들은 이에 반대한다.

UN은 대 Norachi 수출 금지를 집행하고 감시하는 일에 미국과 동맹국들이 지원해줄 것을 요청한다. Norachi는 해안에 위치하며 내륙은 산악지역이다. 그림 7을 참조한다. 여러 항구에는 군사시설과 정박지 외에 상업 운수회사들도 있다. 그리고 Norachi는 상품을 수송할 수 있는 현대식 도로망과 항공 운송망도 갖추고 있다.

### 1.4.3.2 미군

- 전통적인 유인 공중, 해양 및 지상 군
- 지상 기반 무인 항공기
- 항공모함과 지원 함정에서 운용되는 해양 기반 무인 항공기
- 무인지상체계
- 수직 이륙 무인체계
- UUV
- 소형 전술 UAS 및 UGS

### 1.4.3.3 Norachi 군

- 자국 방위 지상군
- 수상함(경비정과 호위함)
- 킬로(Kilo)급 잠수정
- 대공포 및 지대공 미사일 체계를 갖춘 통합 방공망
- 최신형 4세대 전투기
- 수준 높은 재머
- 정보수집용 센서(sensor intelligence)

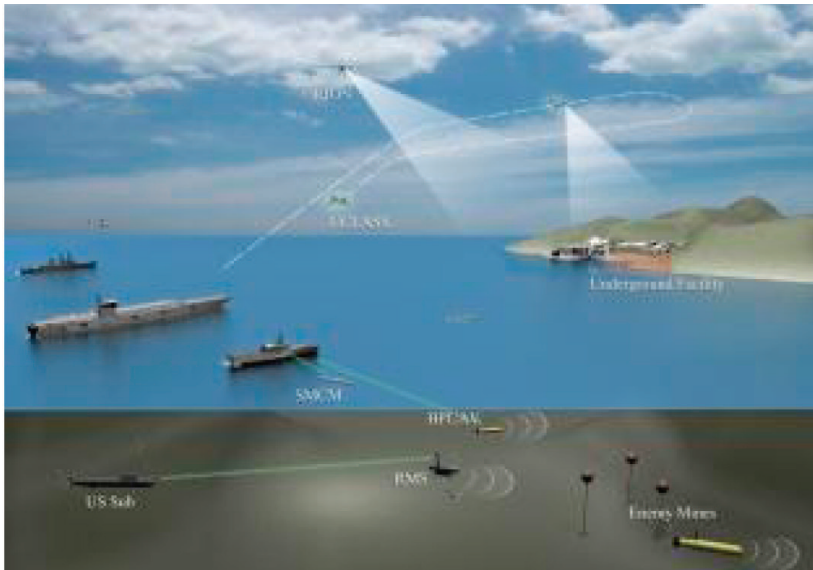


그림 7 작전 전투공간

### 1.4.3.4 공중, 해양 및 지상 정보 수집

국가통수기구(National Command Authority, NCA)는 UN 결의안에 따라 작전사령관(Combatant Commander, CCDR)에게 Norachi에 대한 제재 조치를 지원하는 임무를 맡긴다. NCA는 잠재적 위협 확대의 조짐을 알 수 있도록 Norachi에 대한 감시 및 정찰 노력의 강화도 요청한다.

제재 조치의 실행을 위해 CDR은 다양한 지상 및 해양기반체계를 이용해 ISR 및 차단 임무를 수행한다. 무인체계는 이 임무의 수행에서 매우 중요한 역할을 한다. 이 나라에 대한 지상 및 해상 접근을 감시하기 위해 여러 날 동안 ISR 및 통신중계 임무를 수행할 수 있는 고고도 장기체공(High-Altitude Long-Endurance, HALE) UAS를 포함한 공군과 해군의 무인체계는 다양한 센서로 지속성을 넓힌다. 그리고 항공모함 USS Abraham Lincoln과 항공모함 타격단 함정은 Norachi 수출금지의 해양 부분을 집행하는 일을 돕는 임무를 맡았다. CDR은 무인 항공모함 발사 공중 감시 및 타격 체계(Unmanned Carrier Launched Airborne Surveillance and Strike System, UCLASS)를 사용하여 지속적인 ISR 및 타격 능력을 갖는다. 첨단 센서세트를 갖춘 선박 기반 및 지상 기반의 UAS와 UMS를 사용하여 바다를 통해 Norachi로 오가는 이동을 효과적으로 추적하고 확인할 수 있다. UUV는 수중 이동을 감지하고 확인된 잠수정을 정밀하게 추적하는 효과적인 네트워크를 제공한다. 이러한 수중체계 일부는 체류시간이 상당히 길어 적군의 해안선을 정찰할 수 있다.

며칠 만에 무인 정찰 비행과 UMS 정보 수집으로 이 지역의 해양 이동을 포함해 이 지역과 WMD 시설의 생활 패턴이 확인된다. 활동 기반의 알고리즘으로 들어오는 정보 데이터를 이용해 Norachi 핵 시설 네트워크에 이상한 점이 있다는 결론을 내린다. 추가 무인자산을 사용하여 이러한 이상한 점을 추가로 조사한다. 특수 작전군이 저렴한 소형, 저전력 무인센서체계를 배치한다. 새처럼 생긴 비행체가 배치되어 눈에 띄는 시설 한 곳을 감시한다. 이 비행체는 전력선 위에 앉아 그 전력을 이용해 정보를 수집하여 영상을 전송한다. 견고한 UGS가 배치되어, 자율적으로 험한 지형을 다니며 좀 더 정밀한 동영상 감시를 제공한다. 이러한 전동 차량은 태양/달 전지판 변환기와 근처에 앉아 있는 새 모양의 비행체 같은 인근의 공중 자산에서 저전력 레이저광을 받아 작동한다. 그림 8을 참조한다. 이러한 무인자산을 응용하고 그에 따라 수집된 정보 데이터를 분석하여 미국 지도부는 Norachi가 핵 부지에서 결정적인 개발단계에 도달했다는 결론을 내린다. 인간정보(human intelligence; 인적수단을 사용하여 수집한 정보)를 종합하여 이 결론을 확인한다.

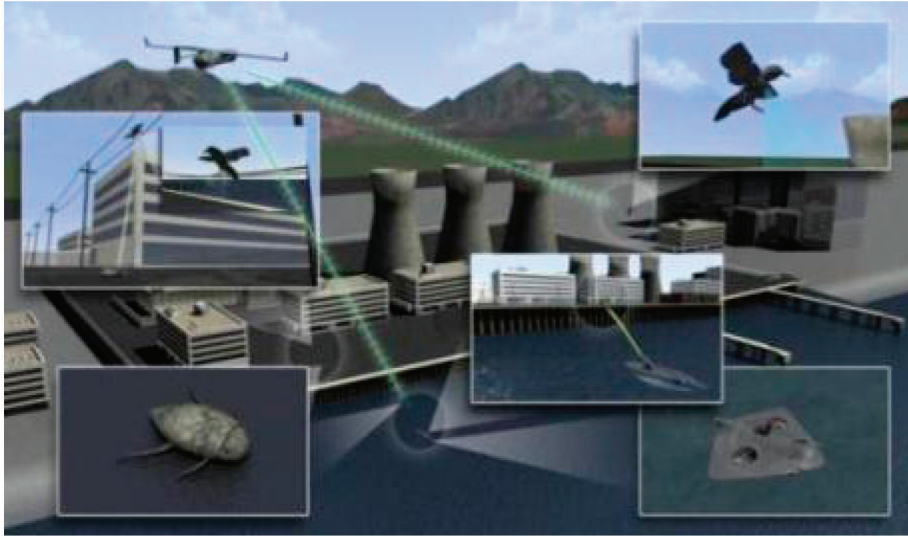


그림 8 미래 무인체계의 배열(개념)

#### 1.4.3.5 긴장 고조

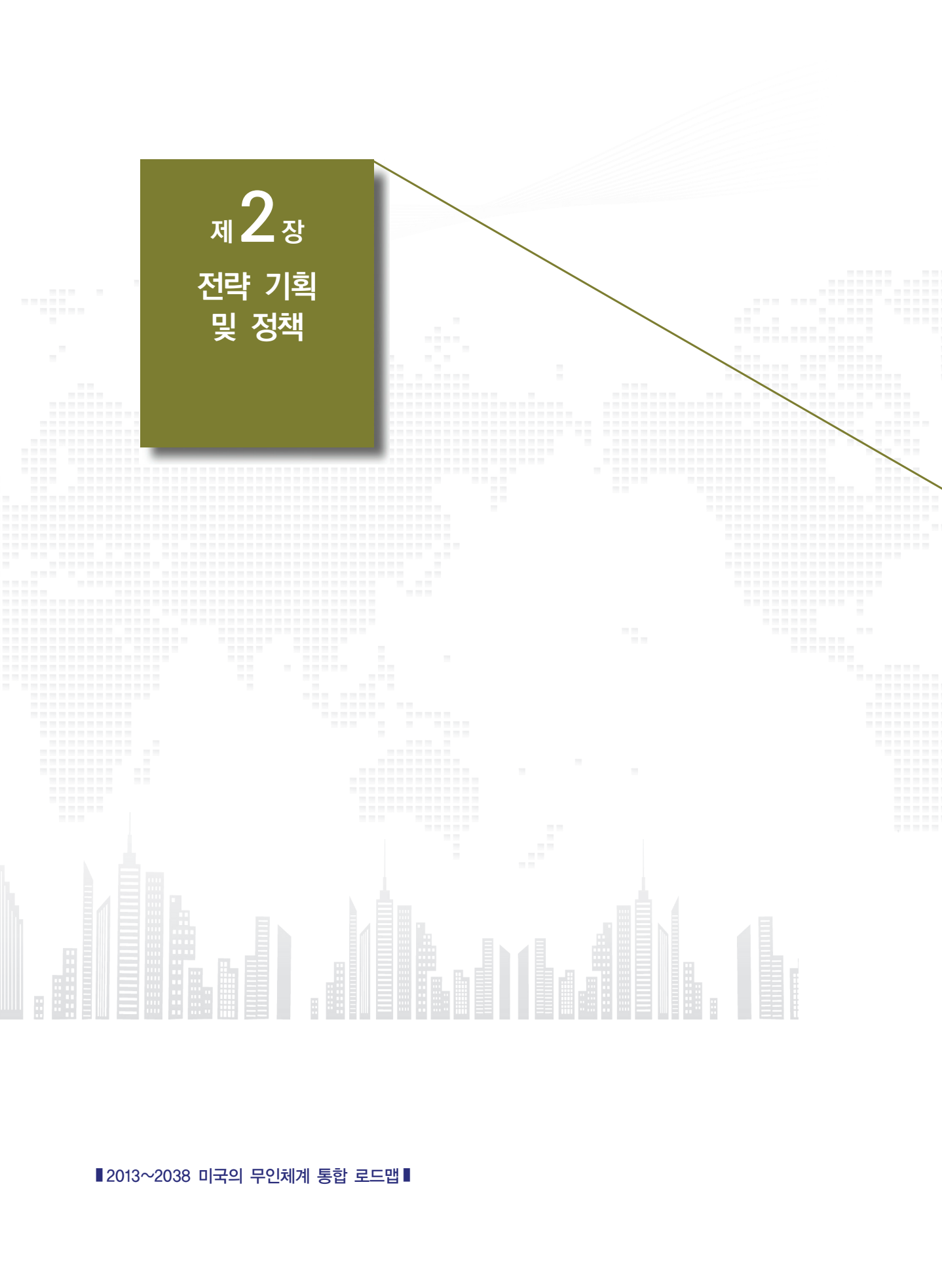
Norachi는 국제사회가 자국의 핵 프로그램이 성숙되었다는 것을 알아차렸다고 판단한다. Norachi는 지원을 받기 위해 같은 생각을 갖는 다른 국가에 접근하여 WMD 물질 판매를 협상한다. 인간정보를 통해 국제사회는 이를 알게 되었으나, WMD의 이동 방법이나 시점은 모른다. WMD 확산 위협과 비국가 활동세력(non-state actor)에 의한 탈취 및 도용 가능성이 더해져서 Norachi의 긴장은 고조된다.

미국은 WMD 시설에서 나오는 모든 반출물을 탐지하기 위해 높은 감시 수준을 유지한다. 자동 신호처리 및 활용 알고리즘을 갖춘 공중·지상센서로 구성된 통합 네트워크로 활동을 감시하고 이를 토대로 센서에 신호를 보낸다. 이러한 센서는 주요 WMD 저장 시설에서 나오는 비정상적인 차량 이동을 탐지한다. UN은 WMD 확산과 테러리스트의 WMD 이용 가능성이 Norachi의 가능한 대응보다 위협하므로 WMD 타격을 승인한다. 고고도 공중체계가 침투하여 차량을 추적하고, 진입하는 요격기로 신호정보를 보낸다. 타격패키지는 연안의 항공모함에서 발진하며, 전술정보 통신중계·재밍·타격 등을 지원하는 많은 전투지원 UAS를 동반하는 유인 전술항공기로 구성된다. 합동요격전투기는



지휘함 역할을 하며, 지원하는 무인체계와 협력하여 요격항공기와 재밍항공기는 완벽한 네트워크로서 동작한다. 타격패키지는 Norachi 영공을 침투하여, 호송단을 공격하여 차단한다. 탈출팀은 바로 뒤를 따라 지역을 확보하고 WMD를 찾아낸다. 탈출팀은 무인 수직이륙 수송기에 화물을 싣고 그 지역을 떠난다. 작전이 끝난 후에도 Norachi의 상황이 바뀌는 것을 인지할 수 있도록 공중·해양·지상체계는 계속 유지한다.

이 이야기에서 설명한 것처럼 현재의 신기술을 활용하고, 이러한 기술을 무인체계에 적용할 때 여러 가지 새로운 능력이 가능할 수 있다.



제 2 장  
전략 기획  
및 정책

주요국 국방·군사 동향 시리즈

- 전략 지침
- 의회 지시
- 획득 방침
- 국방부 정책 고려사항

2013~2038  
미국의 무인체계 통합 로드맵





## II 제2장 전략 기획 및 정책

### 2.1 전략 지침

국방부는 지상과 수중에서 대기 상층부를 비행하는 항공기까지 다양한 무인체계를 이용하여 임무를 완수한다. 과거에는 이러한 체계가 진행 중인 작전을 강화하는 역할을 하여 일부 체계는 생산 준비를 마치기 전에 충분한 훈련 계획도 없이 실전에 배치되었으며, 어떤 체계는 전투원의 시급한 요구를 충족하기 위해 제한된 수단 신속히 개발되었다.

무인체계는 극히 어려운 환경에서 군사 작전이 계획되고 실행되는 아프가니스탄의 전투 작전에서 가치를 계속 입증해 보이고 있다. 실제로 적군은 전투에서 점차 비전통적 수단을 사용하고, 주민 속에 숨어서, 비대칭 전술을 이용해 목표를 달성하고 있다. 미래 전투에서는 이러한 전술은 물론 미군 계획을 무력화하는 소위 “하이브리드” 및 A2/AD 접근법을 포함한 그 외의 다양한 새로운 대항 방법에 대비해야 한다. 무인체계는 자체 능력과 성능 장점 그리고 유인체계보다 위험을 더 감수할 수 있는 능력이 있다. 이로써 다양한 전투의 전체 영역에서 실행하는 미국 작전에 매우 중요한 역할을 할 것이다.

국방부는 무인체계의 가치가 전장에서 입증되었기 때문에 이의 개발과 획득에 소요되는 예산 비율을 늘렸다. 무인체계는 소수 혁신적 실험 체계에서 정규 사업 개발로 바뀌고 있으며 의회 지시에도 포함되고, 여러 획득 방침과 국방부 정책의 영향을 받고 있다.



## 2.2 의회 지시

### 2.2.1 입법 요구

- UAS 영공 통합을 위한 실행 위원회(Executive Committee, ExCom) 창설
- 연방 항공국(Federal Aviation Administration, FAA) 계획: 2015년까지 UAS를 국가 공역 체계(National Airspace System, NAS)에 통합

## 2.3 획득 방침

- 필수 원가/추정 원가<sup>19)</sup>
- 가격 적정성<sup>20)</sup>
- 구매력 강화<sup>21)</sup>
- 로드맵 지침 — 가격 적정성이 필수 요구 사항<sup>22)</sup>

19) Carter, Ashton B., Under Secretary of Defense, Acquisition, Technology, and Logistics, "Should-cost and Affordability Memorandum": <http://www.acq.osd.mil/docs/Should-cost%20and%20Affordability.pdf>.

20) 상계서

21) Better Buying Power (Public Site): <https://acc.dau.mil/bbp>.

22) Carter, Ashton B., Under Secretary of Defense, Acquisition, Technology, and Logistics, "Implementation Directive for Better Buying Power — Obtaining Greater Efficiency and Productivity in Defense Spending":

[http://www.acq.osd.mil/docs/USD\(AT&L\)\\_Implementation\\_Directive\\_Better\\_Buying\\_Power\\_110310.pdf](http://www.acq.osd.mil/docs/USD(AT&L)_Implementation_Directive_Better_Buying_Power_110310.pdf).

## 2.4 국방부 정책 고려사항

현재 세계 환경에서 무인체계 사용으로 제기되는 많은 문제 중에서 몇 가지는 국방부 정책 문제가 되었으며, 지휘부의 적극적 방향 지시가 요구되었다. 지난 2년 동안 여러 무인 문제 중 국방부에서 고려해야 했던 다섯 가지는 자율성, 데이터 보호, 데이터 활용, 선택적 혁신, 유·무인체계 팀 편성(Manned-Unmanned System Teaming, MUM-T)이다.

### 2.4.1 자율성

국방부는 무인 항공기를 “인간 조종사가 탑승하지 않고 원격 제어 또는 자율 프로그래밍을 통해 비행할 수 있는 항공기 또는 기구”로 정의한다.<sup>23)</sup> 따라서 항공기가 원격 제어될 때는 자율적이지 않다. 그리고 자율성이 있을 때는 원격 제어 상태가 아니다. 두 조건은 공존할 수도 있지만



(제어와 비제어), 현재 국방부 UAS는 원격으로 운용되며 연결이 끊긴 조건과 같은 극한 상황에서는 자동화 기능을 사용하여 사전에 프로그래밍된 지침을 자동으로 수행한다. 영어권에서는 “자율성(autonomy)”이라는 용어를 자동화된 작동(automated operation)으로 종종 잘못 사용하므로 구분할 필요가 있다. 4장에서는 자율성과 인지 거동에 대해 상세히 다루며, 자동화에 관한 연구 개발이 인간 제어를 요하는 자동 체계 상태에서 인간 개입 없이 결정하고 반응할 수 있는 자율체계 상태로 발전하고 있다는 사실을 제시한다. 국방부는 이러한 발전의 영향을 계속해서 조심스럽게 검토할 것이다.

23) JP 1-02, Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms, 2010년 11월 8일(2013년 4월 15일 수정): [http://www.dtic.mil/doctrine/new\\_pubs/jp1\\_02.pdf](http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp1_02.pdf).

기술을 이용해 특정한 인적 활동을 줄이거나 없앴으로써 능력을 향상시키고 비용을 절감할 수 있는 잠재력, 다른 말로 자동화는 국방부의 다양한 개선 가능성을 높여준다. 그러나 자동화를 특정 활동이나 기능에 적용할 때 어려운 질문도 제기된다. “인간의 개입 없이 작동할 수 있게 해주는 능력을 갖춘 체계가 언제 야전 배치될 것인가?”라는 질문에는 단순한 공학 문제를 넘어 법, 정책 또는 윤리 문제로까지 확대되는 질문들이 종종 뒤따른다. 인간의 직접적인 개입 없이 자율적으로 과업을 수행하는 체계가 의도된 매개변수 내에서 기능하는 것을 보장하도록 어떻게 설계할 것인가? 좀 더 넓게는 자율 능력에 더 많은 감독과 인간의 직접 제어가 유지되어야 하는 경우를 분간할 때 사용되어야 하는 기본 원칙에 관한 질문이 뒤따른다.

이와 관련된 질문이 “어떤 활동이나 기능이 어떤 수준의 자동화에 적합한가?”이다. 국방부는 인간의 직접 개입이 적은 과업을 자동 수행하는 체계가 의도된 매개변수 내에서 기능하도록 보장하는 설계방법을 주의 깊게 고려한다. 국방부가 보유하고 있는 무인 항공기 대부분은 아직 인간의 제어로 작동되지만 인간 개입이 매우 제한적이다. 그리고 이 기능은 더 정확하고 사고가 적게 수행하며, 인간 중심적 프로세스보다 훈련도 적어진다. 결과적으로 능력 향상과 비용 절감 모두가 실현된다. 이 특정 자동 프로세스는 여전히 인간의 감독을 통해 활동을 취소하거나 우회를 시작한다. 하지만 인간의 직접 입력을 감독의 하나로 크게 줄여준다. 인간-체계 공학은 안전하고 효과적인 운용을 위한 대응 지휘통제(Command and Control, C2)를 지원하는 효과적인 인터페이스의 분석, 확인 및 구현에 엄격하게 적용되고 있다.

체계는 안전하고 확실하게 임무를 수행하도록 설계되고 검증되며, 자동화된 작동은 체계를 제어하는 운용자에게 완벽해야 한다. 이렇게 자동화한다고 해서 운용자가 체계 제어를 모니터링하지 않는 것은 아니다. 현재 무인체계의 자동 기능에는 무인 항공기의 필수 비행 작전, 항법, 이·착륙과 기지 복귀 절차를 실행하도록 하는 통신 두절 인식이 포함된다. 기술이 성숙하고 추가 자동화 기능이 신중하게 도입되면 국방부는 계속해서 자율성의 의미를 세심하게 검토할 것이다. 무장 플랫폼과 관련하여 국방부 훈령(DoD Directive, DoDD) 3000.09는 자율 능력의 개발과 사용 정책을 규정하고 있다.<sup>24)</sup>

24) DoDD 3000.09, Autonomy in Weapons Systems, 2012년 11월.

## 2.4.2 데이터 보호 - 단기, 중기 및 장기

**단기(0-4년).** UAS C2와 데이터 링크 암호화는 UAS 운용, ISR과 그 외의 통신 정보를 보호하는 데 필수적이다. 현재 국방부는 UAS C2 통신과 정지 영상 및 동영상용 암호화와 키 관리를 규정하고 있다. 기밀 통신의 처리에는 유형 1 인증 암호화가 필요하며, 일반 통신의 처리에는 최소한 FIPS 140-2 인증 암호화를 사용해야 한다.<sup>25)</sup> 국방부 예규(DoD



Instruction, DoDI) S-4660.04에도 국가 안전국(National Security Agency, NSA)이 상호운용성을 위해 제공하는 암호화 키 사용과 같은 추가 암호화와 키 관리 방법이 명시되어 있다.

**중기(4-8년).** 미래의 암호화 솔루션에는 출시 기간이 더 짧고, 연합 상호운용성이 향상되고, 키 관리가 강화된 제품이 포함될 것이다. 기밀 정보를 보호할 수 있는 소프트웨어 Suite B<sup>26)</sup> 암호를 사용하면<sup>27)</sup> 제품 인증이 더욱 빨라져 연합 협력자(partner)의 사용을 좀 더 빨리 승인할 수 있게 된다. 조만간 UAS 비제어 암호 제품이 개발되어 연합 상호운용성이 향상되고 수명주기 및 군수 비용이 절감될 것으로 예상된다. 키 관리가 향상되면 동적으로 결합하고 분리되는 UAS 공중 네트워크에서 동적 그룹 키 기법의 확장성, 효율, 표준화도 향상된다.

**장기(8년 이상).** 장기적으로 구성요소 통합 발전, 더 빠른 데이터 률<sup>28)</sup> 암호화, 개방형 표준으로 UAS 암호화가 향상될 것이다. 하드웨어 통합으로 칩 및 보조 프로세서 암호화 모듈이 하나로 묶이면 더 작은 그룹 1 UAS의 일상적인 암호화 속도와 경제성이 모두 향상될 것이다.<sup>29)</sup> 하드웨어가 향상되면서 데이터 률 암호화도 빨라질 것이다. 공통 무선 및 암호 인터페이스의 표준화로 원격 UAS 관리가 향상되고 수명주기 비용이 낮아질 것이다.

25) 그룹 2~5 UAS에 적용되는 이러한 요구 사항의 자세한 내용은 DoDI S-4660.04, Encryption of Imagery Transmitted by Airborne Systems and Unmanned Aircraft Control Communications (U)(2011년 7월 27일)에서 확인할 수 있다.

26) Suite B 암호는 NSA에서 정의한다. [http://www.nsa.gov/ia/programs/suiteb\\_cryptography/index.shtml](http://www.nsa.gov/ia/programs/suiteb_cryptography/index.shtml).

27) 추가 정보는 국가 안보 체계 위원회(Committee on National Security Systems, CNSS) 정책(CNSSP) 15를 참조한다.

28) data rate, 주어진 시간 내에 한 지점으로부터 다른 지점으로 옮겨진 디지털 데이터의 양, 항공우주공학사전(역주)

29) 상업 부문에서는 Intel이 2010년에 코어 프로세서에 몇 단계의 AES 암호화 및 암호 해독을 단일 지침에서 실행할 수 있는 고급 암호화 표준(Advanced Encryption Standard, AES) 신규 지침(AES-NI)이라고 하는 시행 지침을 시행했다.

### 2.4.3 데이터 활용

국방부에 상당한 과제와 기회를 주는 해상도 및 시간 지배적(time-dominant) 요구 사항이 늘면서 센서의 수가 증가하면서 데이터 양과 가용성이 늘고 있다. 전장에서 사용되는 센서가 점점 증가하고 센서 능력도 향상되면서, 전투원에게 제공되는 데이터도 증가한다. 그러나 전투원이 이러한 대용량 데이터를 적시에 처리하고 활용하기가 점차 어려워지고 있다. 이 문제는 전송 링크의 양쪽 끝 부분이 더욱 심하다. 대용량 데이터의 크기를 줄인 후에 전송하거나, 대용량 데이터가 이동하는 데이터 고속 전송장치의 크기와 속도를 늘려야 한다. UI2 CBA에서 식별하여 우선순위를 부여한 여러 문제점이 이 점을 상세히 보여준다.

그리고 수신된 데이터는 분석가들이 의사 결정자의 결론을 도출하는 데 사용되어야 한다. 데이터 포맷이 완료되고 우선순위가 부여된 상태로 수신될 경우에는 정보 이용에 필요한 분석가 수가 줄게 된다. 이와 비슷하게, 다양한 데이터베이스가 표준 방식으로 보관될 경우, 다양한 전투원 정보 셀에서 데이터베이스를 활용해 결론을 도출하는 데 필요한 분석가의 수도 훨씬 줄 것이다. 예상 분석가/소비자와 비예상 분석가/소비자 모두가 데이터에 바로 접속할 수 있어야 한다.

자동 활용 기법이 분산된 공통 지상기지국(Distributed Common Ground Station, DCGS) 계열, 공격 및 무인체계용 합동 아키텍처(Joint Architecture for Unmanned Systems, JAUS) 사업, 그 외 무인계열체계 요소의 지상 기반 정보 생성 체계에서 발전하고 있다. 현재의 센서 자원 관리 지휘를 확대하여 사전에 설정된 데이터 해상도와 보고 기준도 포함시켜야 한다. 이러한 능력을 UAS 탑재형 애플리케이션 요구 사항의 기초와 시제(prototyping)로 사용할 수 있도록 해야 한다. 탑재 활용에 대해서는 4.6.4 항에서 자세히 다룬다.

SSQ(Strategic Studies Quarterly)<sup>30)</sup>는 전투원 상황 인식에 국방부 개선이 필요하며 확실하게 정비된 동적 ISR 군으로의 개발에 급격한 변화가 필요하다는 점을 인정했다. 이 공군 보고서는 다음을 제안한다.

30) "Air Force Strategic Vision for 2020-2030," Strategic Studies Quarterly, 2011년 봄.

1. 감시능력이 점차 원거리 능력이 되고 있으므로 고공 감시능력을 국가 경찰국과 공동으로 계획하고 시행해야 한다.
2. 전후(아프가니스탄과 이라크) 전환기 감시 및 경찰 구조를 기획할 때 DCGS(미가공 및 무인체계에서 도출되는 정보의 주요 사용자)에 중점을 두고, 미국 및 동맹국 정보를 처리하고 보급하는 쪽으로 초점을 옮겨야 한다.
3. 자동화 기술을 활용하여 데이터 분석을 향상시켜, 분석가가 최우선 작업에 투입될 수 있도록 한다. 번역 소프트웨어, 인공 지능, 원시 데이터(신호와 전자 정보)를 처리하는 전자적 수단을 신속하게 개발하는 것이 엄청난 양의 데이터를 관리하는 가장 실제적인 접근 방식이다. 여기에 공군 자금이 우선 지원되어야만 한다. 그리고 협업 도구를 사용해 고가치 표적 정보 수집 임무 이용을 포함한 전통적인 데이터 활용을 바꿀 수 있을 것이다. 전통적으로 이 활동에 대량의 인적자원이 사용되므로, 우선순위 도구로 분석가 요구가 감소할 것이다.



#### 2.4.4 선택적 혁신

국가 군사전략과 합동개념문서 모두에 미래 능력향상에 기술혁신을 활용하는 비전이 제시되어 있다. 앞에서 말한 예산 제한 때문에 미래 임무 소요는 기존 기술을 혁신적으로 향상시킨 기존 체계를 활용하는 능력향상에 자금을 투입하는 것으로 충족해야 할 것이다. 이런 접근 방식은 센서를 개조하여 데이터 흐름을 개선하거나, 표준 메시지 세트 아키텍처를 적용하여 상호운용성을 개선하는 것처럼 단순할 수 있다.

…예산 제한이 심화되는 시기에도, 육군은 UAS 개선에 자금을 적절하게 투입하고 있다… 기술 발전으로 센서, 카메라와 다른 장비가 아날로그에서 디지털 시대로 넘어오면서 훨씬 작고, 가벼워지며, 에너지 효율 및 효율성이 향상되고 있다.

- Tim Baxter 대령, 항공사업 관리실의 육군 UAS 과제 관리자<sup>31)</sup>

현재의 특수한 재정 상황에서는 혁신이 지속되어야만 한다. 여기에는 기존 CONOPS 개선뿐만 아니라 완전히 새로운 CONOPS 개발도 포함되어야 한다. 혁신적인 접근 방식은 모든 미래 무인체계 개발에서 더욱 강조되어야 한다. 무인체계는 비슷한 유인 플랫폼보다 작고, 가볍고, 빠르고, 기동성이 우수하며 더 큰 위험을 감수할 수 있는 체계를 추구하는 새로운 장을 열어준다. 특히 무인자산은 유인자산이 수용할 수 없는 위험을 무릅쓸 수 있다. 이는 장갑과 스텔스를 대신하는 저가의 소모성체계 같은 새로운 CONOPS의 장을 열어준다. 달리 말해, 고가의 정교한 능력보다 일단의 일회용 저가 플랫폼들이 소모됨으로써 생존할 수 있다는 것이다.

#### 2.4.5 유·무인체계 팀 편성

기술의 발전과 군사적 적응으로 공중, 지상 및 해양 영역의 무인체계가 무인 및 유인체계 팀으로 합쳐질 것이다. 유·무인체계 팀 편성(Manned-Unmanned System Teaming, MUM-T)은 국방부가 중동에 대한 중점은 계속 유지하면서 지리적 우선순위를 아시아·태평양으로 전환하고 있기 때문에 필수적이 될 것이다. 국방부는 A2/AD 문제에도 불구하고 조만간 더 작고, 민첩한 유·무인체계로 전력을 투사하면서 신속하게 공격을 저지하고 격퇴할 수 있게 된다. MUM-T는 다음과 같은 핵심능력을 발휘하게 된다.

- 더 원거리에 있는 지상, 지하(터널), 해양의 폭발물을 무력화한다.
- 여러 진입 지점을 지원하는 기동성을 확보한다.

31) 출처: [http://blog.af.com/huntsville-times-business/2012/04/armysunmanned\\_aircraft\\_systems.html](http://blog.af.com/huntsville-times-business/2012/04/armysunmanned_aircraft_systems.html).



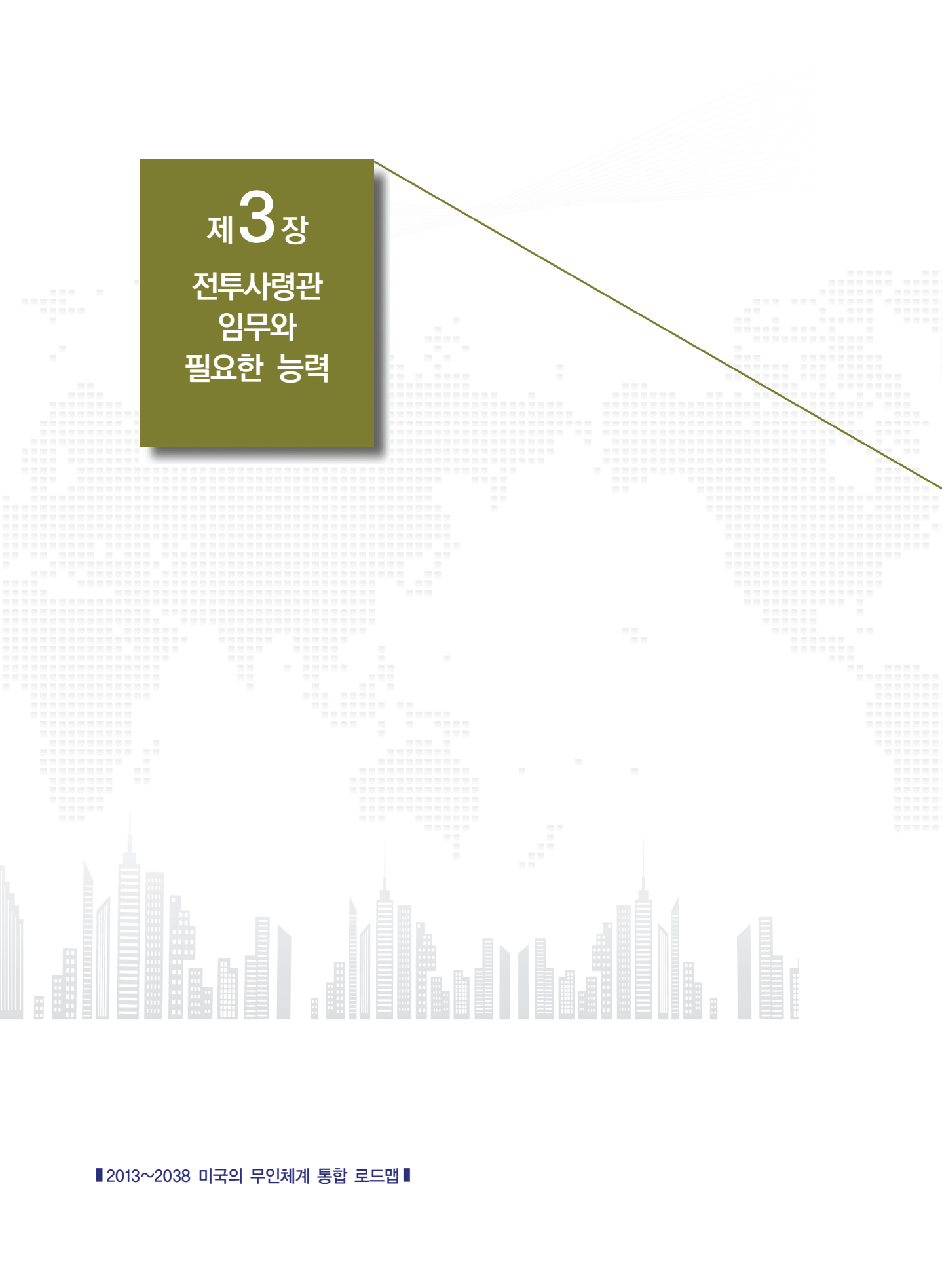
- 공격 작전의 전개에 요구되는 이동 및 기동성을 제공한다.
- 병력과 군수에 수반되어야 하는 해안 통신선을 구축하고 유지시킨다.
- 외진 전투 전초를 보호한다.
- 지속적인 감시를 통해 단일 및 삼중 캐노피 내부와 도심 지역 내의 위협과 위험을 탐지하고 무력화시킨다.



## 제2장

### 전략 기획 및 정책





제 3 장  
전투사령관  
임무와  
필요한 능력

- 왜 무인인가?
- 요구 절차
- 합동 능력 영역(JCA)
- 향후 전망

2013~2038  
미국의 무인체계 통합 로드맵





## ■ 제3장 전투사령관 임무와 필요한 능력

### 3.1 왜 무인인가?

무인체계의 보급과 사용은 계속해서 급증하고 있다. 지난 10년간의 분쟁에서 주로 ISR 임무를 수행하는 무인항공체계가 가장 많이 증가했다. 나머지 영역의 무인체계 사용도 증가하고 있다. 무인체계 사용은 대부분의 영역에서 계속 증가할 것으로 예상된다. 무인체계는 상황 인식 향상, 사람 작업부하 감소, 임무 수행 향상, 민간인과 병사에 대한 전 반적 위험 최소화가 가능하며 이 모두가 절감된 비용으로 가능함을 입증했다.

무인체계의 능력은 유인체계에 비해서 특별한 것이 아니다. 무기체계는 유·무인에 상관없이 거의 모든 영역에서 효과를 발휘한다. 합동군 내에서 무인체계에 대한 요구 사항은 없지만 무인체계가 일부 능력을 더 잘 충족한다는 점에 주목할 필요가 있다. 무인체계는 지속성, 다기능성, 생존성을 제공하고 인명에 대한 위험을 낮춰주며 대부분의 경우에서 특히 지루하거나, 더럽거나, 위험한 임무에 선호되는 대안이다. 이 점을 고려하여 무인체계가 이러한 지루하거나, 더럽거나, 위험한 임무에 최적화되고 있다.

- 지루한 임무는 유인체계에 적합하지 않은 단순한 작업이 장기간 수행된다는 점에서 무인체계에 적합하다. 장시간 관찰이 수반되는 감시임무가 좋은 예다. 현재 무인체계는 광범위한 임무를 충족하고 있으며 무인체계의 능력이 향상되면서 모든 영역에서 그 수가 증가할 것이다.
- 더러운 임무는 인원을 위험한 조건에 불필요하게 노출시킬 가능성이 있다. 화생방 탐지 임무가 그 예이다. 무인체계의 경우, 운용자를 위험에 덜 노출시키고도 이러한 더러운 임무를 수행할 수 있다.
- 위험한 임무는 위험도가 높다. 성능과 자동화 능력이 발전되면서 무인체계가 본질적으로 위험한 임무를 점차 많이 수행하여 인원의 위험 노출을 감소시킬 것이다.

## 3.2 요구 절차

모든 크기와 형태의 무인 플랫폼이 크게 성장했으며, 그에 해당하는 탑재체의 수와 능력도 함께 증가했다. 이런 체계 일부는 신중한 요구 및 획득절차를 거쳐 개발되었다. 무인체계의 합동군 통합을 지원하고 전투사령관이 이 능력을 필요로 할 때 전장에서 사용하도록 정책이 바뀌었다. 합동 긴급 운용 소요(Joint Urgent Operational Needs, JUON) 절차를 통해 많은 체계가 빠르게 획득되어 실전에 곧바로 배치되었다. JUON으로 합동 전투에 상당한 능력이 성공적으로 추가되었다. 이러한 무인체계가 빠르게 개발되어 전투원의 시급한 요구를 단기간에 충족했지만 체계 상호의존성 및 상호운용성 검토를 포함한 정규 합동능력 통합개발체계(Joint Capabilities Integration and Development System, JCIDS) 절차를 통한 엄격한 요구 사항 검토와 합동 조정을 거치지 않았다. 그리고 무인체계의 장기 전사적 능력(long-term enterprise-wide capability) 포트폴리오에 대한 충분한 고려가 없었다. 그 결과 요구 사항 개발에 구조와 체계를 부여하는 좀 더 광범위한 합동 능력 영역(Joint Capability Areas, JCA) 차원에서의 적절한 고려가 없었다. 앞으로 최근 요구된 JCIDS 훈련 주요 성능 매개변수(Key Performance Parameter, KPP) 같은 인자를 고려하여 운용자, 유지 담당자 및 책임자들이 요구 절차에서 완전한 설계 능력을 좀 더 빠르고 완벽하게 알 수 있게 될 것이다.

지속 사업(그리고 결국에는 POR)으로의 전환이 필요한 사업과 다른 사업으로 유지해야 하는 사업 센서 또는 기타 구성품을 명시하기 위한 정식 검토 및 승인 절차가 시행되었다. 이 절차에서 JUON과 전투사령관의 통합 우선순위 목록(Integrated Priority List, IPL) 요구 사항뿐만 아니라 전술사령관 요구가 명시된 합동 직접 지원 공중(Joint Direct Support Aerial) ISR JROC-승인 초기능력 문서에 명시된 능력도 고려되었다.

최근에 국방부는 긴급하고 신중한 능력 개발을 간소화하여 전투원의 요구를 적시에 충족하면서 한편으로는 장기 경제성과 지속성을 중요하게 고려하도록 JCIDS 요구 절차를 수정하였다. JCIDS는 국방부의 획득과 기획·계획·예산·집행의 기획관리(Planning, Programming, Budgeting, and Execution, PPBE) 절차를 지원하는 주요 절차이다. JCIDS는 전투원에게 필요한 능력을 할당된 임무를 완수하기 위해 관련된 운용 성능 기준으로

식별할 수 있게 해준다. 이러한 조정을 통해 능력 개발 초기에 전투 소요를 좀 더 잘 이해할 수 있고, 우선순위를 매긴 유효하며 좀 더 포괄적인 요구 사항을 제공할 수 있다. 이후 국방부의 획득 기관은 잘 정의된 요구 사항 능력을 충족하는 옵션을 선택하는 데 집중할 수 있게 된다. 그림 9는 서로 연계되고 간소화된 절차를 보여준다.

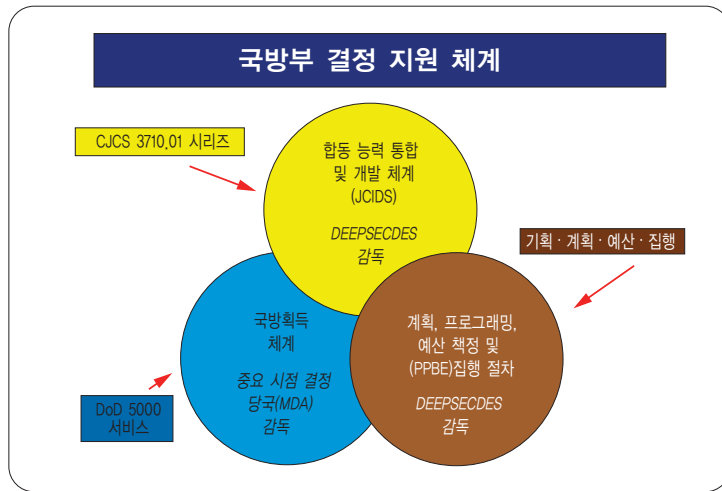


그림 9 연계된 JCIDS 절차

JCIDS 절차의 주요 결정 기관은 합동참모본부 부의장이 의장을 맡는 JROC이다. JROC는 미국연방법전 10편(Title 10 of the USC)에 따라 합동 요구 사항에 관한 전투사령관의 의견을 고려하고 요구 사항 정립 시 비용·일정·성능 절충(tradeoff)을 고려할 책임이 있다. 현재 JROC는 좀 더 확실한 요구 사항 검토 절차로 영향력을 강화하고 있다. JROC는 비용·일정·성능 절충에 관한 좀 더 정확한 정보를 사용하고 좀 더 철저한 위험 분석을 통해 복잡한 문제를 조기에 반복적으로 처리하고 있다. JROC는 현재 방위 전략의 위험과 가격 적정성을 비교하여 합동 능력을 계속 평가한다. 무인체계는 JROC 또는 그 외의 국방부 포럼 내 다른 체계와 경쟁하기 위해서는 비용·일정·성능 지표에서 더 우수한 능력을 제공해야 한다.

제약이 심한 현재 재정 환경을 고려해 볼 때, 국방부는 효과적이고도 적정 가격인 무인체계를 만들 경우에 효율적인 영역을 조사해야 한다. 국방부는 특히 공통성, 표준화와

합동 획득 전략의 이용을 고려해야 한다. 무인체계는 상호운용성, 자율성, 모듈성, 효과도와 유인체계와의 협력 향상을 포함한 능력 격차를 해소하는 데 있어 보다 효율적이 되어야 한다. 이외에 국방부는 이러한 무인체계의 가격이 처음부터 적정하고, 개발과 양산 단계에서 비용이 거의 증가하지 않으며, 수명주기 비용이 제어될 것을 원한다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 최초 개발 활동에서부터 전체 범위의 DOTMLPF-P 옵션을 고려해야 한다.

JCIDS 절차로 검증을 받은 능력 요구 사항을 통해 PPBE 절차에서 자금을 지원 받을 우선순위 활동에 대한 정보가 제공된다. PPBE 절차의 목표는 DoDD 7045.14에 따라 제한된 재정 내에서 달성 가능한 병력, 장비, 훈련 및 지원을 최상으로 조합하여 제공하는 것이다.<sup>32)</sup> 이 목표를 달성하기 위해 PPBE 절차는 전략 계획 및 합동 계획 지침에서 대통령과 국방장관이 정한 목적을 달성하고자 한다. PPBE 절차에서 군 기관은 전략 계획을 달성할 수 있도록 가용 자원(예: 재정, 인력, 물자)을 검증된 요구 사항에 맞춘다. 주요 과제는 균형 잡힌, 적정 가격의, 능력 기반 서비스 사업목표각서(Program Objective Memorandum, POM)를 작성하는 것이다. POM 방침이 주어진 요구 사항을 충족할 수 있는지 평가하고 필요할 경우 합동 및 연합 능력에 맞게 수정한 후 최종적으로 대통령 예산안에 포함된다.

POM 방침에 포함되는 중요한 정보는 각 전투사령관의 IPL이다. 이 목록들은 전투사령관이 해마다 국방장관, 의회 및 합동참모본부에 전달한다. IPL은 특정한 또는 교차하는(cross-cut) 능력격차가 될 수 있다. 합동참모본부는 격차에 대한 권고 해법을 개발한다. 이러한 격차의 범위는 현재 사업의 사업 변경, JCIDS를 통한 새 능력 문서의 시작, 과학기술 솔루션에 대한 투자로 새로운 연구와 실험의 시작에 이를 수 있다. JROC는 위험 평가와 국방부에서 진행 중인 노력의 충분성을 토대로 완화하는 데 가장 중요한 격차를 결정한다. 이러한 격차 우선순위 결정은 능력격차분석(Capability Gap Analysis, CGA) 절차에 속하며 PPBE 절차에 제공되는 주요 정보가 된다. 특정 능력격차가 분류되면, 대표적으로 필요한 다양한 능력이 포함된다. CGA 절차에서 합동참모본부는 어떤 체계가 능력격차를 가장 잘 충족할 수 있는지를 결정한다. 무인체계는 특별 고려 대상이 아니다. 체계가 능력을 충족할 수 있음을 입증해야 지원을 받을 수 있다.

32) DoDD 7045.14, Planning, Programming, Budgeting System (PPBS).

합동참모본부 의장 예규(Chairman of the Joint Chiefs of Staff Instruction, CJCSI) 6212.01F에는 JCIDS 고려사항이 하나 더 나온다.<sup>33)</sup> 이것은 책임을 상세히 정의하고 네트워크 준비된 주요 성능 매개변수(Net Ready Key Performance Parameter, NR KPP)를 개발하는 정책과 절차, 합동 인터페이스 또는 합동 정보 교환이 포함되는 모든 정보기술(IT) 및 국가안보체계(NSS)에 대한 인증 요구 사항을 규정한다. 국방부 최고 정보 책임자(CIO)도 IT와 NSS를 다루는 DoDI 8330를 공표하는 최종 단계에 참여한다.<sup>34)</sup> 이 공표는 DoDD 4630 공표와 DoD CIO의 임시 지침 각서를 대신하게 된다. DoDI 8330은 ‘계층화된 책임(tiered accountability)’이라는 새로운 개념을 사용하여 국방부와 외부 임무 협력자(partner)들의 상호운용성 요구 사항을 충족한다.

### 3.3 합동 능력 영역(JCA)

JCA<sup>35)</sup>는 현재 국방부가 능력 검토 및 관리에 우선으로 사용하는 방법이다. JCA 체제는 능력과 능력 격차를 국방부와 다양한 포트폴리오 전체에서 조정하여 유사한 소요를 서로 연결하고, 효과적인 솔루션을 활용하며, 관련 활동을 동기화할 수 있는 구조를 제공한다. 또한, 공용 합동 과제 목록 같은 다양한 체제를 이용해 과제, 조건 및 필요한 능력을 식별하고 조직할 수 있다.



#### 합동 능력 영역

JCA 정의:

능력 분석, 전략 개발, 투자 결정, 능력 포트폴리오 관리, 능력 기반 병력 개발 및 운용 계획을 지원하도록 기능이 분류된 국방부 능력들의 모음

33) CJCSI 6212.01F, Net Ready Key Performance Parameter (NR KPP), 2012년 3월.

34) DoDI 8330 (DRAFT), Interoperability of Information Technology (IT), including National Security Systems (NSS).

35) 출처: <http://www.dtic.mil/futurejointwarfare>.

JCA를 기준으로 현재 및 예상 무인체계를 확인하여 무인체계에 맞는 제품 라인 포트폴리오와 이것이 현재 및 미래의 국방부 임무에 어떻게 기여하는지를 파악할 수 있다. 각 JCA는 일반적으로 해당 능력과 관련하여 요구되는 효과가 나타나도록 실시되는 관련 임무와 과제의 집합을 나타낸다. 1계층(Tier One) JCA 아홉 개가 정의되어 있으며, 무인체계는 전투공간 인식, 병력 적용, 보호 및 군수 JCA에서 핵심 기여 요소이다. 각 영역은 합동참모본부(JS)의 기능별 능력 위원회(Functional Capability Board, FCB)에 할당된다. FCB 연락처 정보는 보안 인터넷 프로토콜 라우터망(Secure Internet Protocol Router Network, SIPRNet)을 통해 Intellipedia에서 확인할 수 있다.<sup>36)</sup>

현재 기술과 향후의 기술 발전을 통해 단일 플랫폼에서 여러 능력 영역에 걸쳐 다양한 임무를 수행할 수 있게 될 것이다. 이러한 다기능성은 국방부가 더 높은 투자수익률을 달성할 수 있음을 의미한다. 그리고 영역 조건이나 군 임무에 독특한 솔루션이 필요한 상황이 있는 것과 같이, 합동체계가 각 군의 임무를 수행할 기회가 있을 것으로 예상된다.

### 3.3.1 전투공간 인식 JCA - JS/J-28, BA FCB

전투공간 인식은 전 영역의 무인체계가 ISR 및 환경 수집 관련 작업을 수행하는 데 미래에 크게 기여할 수 있는 능력 영역이다. 이 JCA의 응용 부문에는 공중, 지상, 해상, 수중 감시 및 정찰이 포함된다. 현재는 이러한 기능을 전체 영역과 임무 전반에서 몇몇 체계가 수행하고 있다. 앞으로는 기술을 통해 임무 수행 시간을 몇 시간에서 며칠로 연장할 수 있으며, 모든 영역에서 장기 지속 감시정찰이 가능할 것이다. 무인체계는 병사-플랫폼 직접 제어 방식의 광범위한 C2 옵션을 C2에 의존하지 않는 다양한 CONOPS 옵션에 통합할 것으로 보인다. 따라서 체계에 유기적 자체 인식 기능을 제공하는 탑재 센서가 의도했던 주요 임무와 상관없이 전투공간 인식에 기여할 것이다. 이 목표를 달성하기 위해서는 방대한 양의 센서 데이터를 공유 환경 이해로 해석하는 데 필요한 작업·수집·처리·활용·배포(Tasking, Collection, Processing, Exploitation, and Dissemination,

36) 출처: <http://www.intelink.sgov.gov/wiki/jroc>.



TCPED) 절차가 무인체계 개발 및 야전 배치에 포함되어야 한다. 진행 중인 여러 노력은 이러한 절차를 간소화하는 것이다. 이 능력 영역은 과제와 임무를 여러 영역에서 공동으로 수행하고 단일 영역 안에서 협력하는 데 도움이 된다.

### 3.3.2 전력 적용 JCA - JS/J-8, FA FCB

전력 적용(Force Application)도 기동성과 교전에 기여하는 무인체계의 확산이 포함되는 JCA이다. 현재 Predator, Reaper 및 Gray Eagle UAS가 무기화되어 공격 작전, 비정규전과 고가치 표적 및 개인 조사를 수행한다. 이런 경향은 모든 영역에서 계속될 것이다. 공중 영역에서 UAS의 예상 임무 영역에는 공대공 전투, 전자전(Electronic Warfare, EW), 적 방공망 제압 및 무력화가 포함된다. 지상에서 UGS는 원격으로 실시되는 비살상 군중 통제, 하차 공격 작전, 무장 정찰 및 돌격 작전 등의 임무를 수행할 것으로 예상된다. 해양 영역에서는 UUV와 USV가 지뢰 부설 및 지뢰 무력화 임무에 특히 적합할 것으로 예상된다.

국방부 인력은 자율 또는 무인 무기체계의 사용 시를 포함해 전시 국제법을 준수해야 한다. 예를 들어, DoDD 2311.01E 4.1절에는 “국방부 산하 기관 구성원들은 분쟁의 성격이 어떤 것이든 모든 무장 분쟁과 그 외의 모든 군사 작전에서 전시 국제법을 준수해야 한다”고 명시되어 있다.<sup>37)</sup>

현재 무장 무인체계는 사람이 교전을 결정하는 상황에서만 살상 전력을 배치한다. 이러한 체계에서는, 전력을 사용하고 특정 교전 대상을 선택하는 결정을 사람이 내린다. 미국은 사람이 감독하는 자율 모드가 있는 유인 함정과 설치물의 방어 체계를 운용하고 있는데, 이러한 체계를 수십 년 동안 운용해왔다. 기술이 발전하고 자동 기능이 더 많이 도입되고 있어, 국방부는 안전하고 확실한 운용을 보장하고 실수로 인해 의도하지 않은 교전이 발생할 가능성을 최소화하기 위해 무기체계에서 자율성이 갖는 의미를 계속해서 심각하게 고려할 것이다. 이런 이유에서 DoDD 3000.09, 무기체계의 자율성은 자율 능력을 새로운 방식으로 사용하게 될 제안된 무기체계를 정식으로 개발하기 전에 정책을 검토할 것을 명령한다.

37) DoDD 2311.01E, DoD Law of War Program, 2006년 5월 9일.

### 3.3.3 방호 JCA - JS/J-8, 방호 FCB

무인체계가 공격 방지 또는 효과 완화에 도움을 주도록 방호를 특별히 적용한다. 무인체계는 지루하거나, 더럽거나, 위험하다고 판단되는 여러 보호 임무에 적합하다. 미래에는 항법과 조종의 자동화가 향상되므로 무인체계가 소방, 오염 제거, 비상기지 보안, 시설 보안, 장애물 건설 및 파괴, 차량과 인력 수색 및 조사, 지뢰 제거 및 무력화, 폭발물 처리(Explosive Ordnance Disposal, EOD), 사상자 추출 및 부상자 대피, 해양 차단 같은 임무를 수행할 수 있게 된다. 방호 JCA에서 영역 내 협력과 영역 간 협조가 증가할 것이다.

### 3.3.4 군수 JCA - JS/J-4, 군수 FCB

군수는 모든 영역에서 무인체계를 사용하여 합동군 배치, 분배 및 공급에 적합하다. 무인체계는 본국과 전진 배치 관련 군수임무를 수행하게 될 것이다. 능력의 목적은 전체 범위 작전에서 무인화물체계를 사용하여 지루하고, 더럽고, 위험한 임무에서 이용해 유인 자산을 해방시켜 작전 영역 내에서 좀 더 어려운 임무를 하게 하는 것이다. 다음과 같은 임무가 무인체계에 특히 적합하다.

- 일상적인 군수품(예: 식량, 물, 탄약, 의약품)을 모든 유형의 지상 지형에서 전방 부대로 운송
- 해상에 위치한 해양 기반 자산의 재보급
- 특수 작전 병력 지원
- 광범위하게 분산되어 있는 작전 병력에게 일상적(24시간 내내) 및 즉시(시간을 다투는) 군수 지원을 위한 대체 전달 옵션
- 검사, 오염 제거 및 재급유 같은 일상적인 정비 관련 작업
- 물자 취급 및 전투 공병

정책에 의해 현재 금지되어 있지만 무인체계의 미래 능력에는 부상자 대피 및 간호, 사체 발굴, 도시 지역 구조가 포함될 수 있을 것이다. 무인 차량의 용도는 기상, 지형,



가용성 및 적군의 배치로 인해 위험도가 적합하지 않을 때 유인 차량을 운용해야 할 요구를 줄여 위험을 최대한 낮추는 것이다.

### 3.4 향후 전망

로드맵은 무인체계의 지속적인 개발, 야전 배치 및 사용에 관한 국방부의 비전을 제시한다. 4장에서는 능력을 향상시키고 비용을 낮추기 위한 기술에 대한 투자에 대해 다룬다. 전투원들은 무인체계만의 장점, 특히 그 지속성, 다기능성, 인명 위험 감소를 높이 평가한다. 합동참모본부는 합동 요구 사항을 충족하고 효과와 가격 적정성이 있는 한 무인체계를 계속 지원할 것이다. 무인체계는

- 모듈성과 상호운용성을 통해 더 효율적으로 능력을 제공해야 한다.
- 자동화 및 성능 강화를 통해 효과를 강화해야 한다.
- 엄격한 환경에 맞게 개발된 복원력이 향상된 통신과 변조(tampering)에 더욱 안전하게 생존성을 강화해야 한다.
- 무인에서 “인적 요소”를 없애야 한다. 현재 인건비가 국방부에서 가장 높은 단일 비용이므로 무인 체계를 운용하고 유지하는 데 필요한 인원을 줄이기 위해 노력해야 한다. 자율성, 협력, 다중 플랫폼 제어, 티핑(tipping), 큐잉(cueing)이 크게 향상되어 필요 인원이 감소했으나 훨씬 더 많은 노력이 있어야 한다.

JROC는 UAS가 합동 교리로 전환하기에 충분히 성숙되어 기존 합동 교범에 통합 가능한 지 여부를 판단하기 위해 2011년 11월에 승인된 합동 CONOPS에 대한 합동 교리 및 계획 컨퍼런스의 검토를 지원한다.





제 4 장  
무인체계  
기술

- 서론
- 상호운용성과 모듈성
- 통신 체계, 스펙트럼 및 복원력
- 보안: 연구 및 정보/기술 보호(RITP)
- 지속적 복원력
- 자율성 및 인지 거동
- 무기

2013~2038  
미국의 무인체계 통합 로드맵



## I 제4장 무인체계 기술

### 4.1 서론

무인체계의 다양한 응용범위에서 기술이 빠르게 발전하면서 한때 “전투 신뢰 체계” 범위에 들지 않는 귀찮은 차량과 체계였던 것들이 불과 몇 년 전까지만 해도 생각하지도 못했던 전투 임무 영역에서 역할을 담당할 수 있게 되었다. 배터리 수명과 컴퓨터 신호 처리 능력 증가, 센서의 크기와 복잡도 감소 그리고 신뢰성·정비성·자동화·운용자 인터페이스 등의 개선으로 무인체계는 현재 작전 지휘관의 도구 중에서 없어서는 안 되는 구성요소가 되었다.

지휘관들이 21세기 초기 10년 동안 실시된 운용에서 무인체계의 능력(및 그 한계)에 더욱 익숙해졌다면 이후에는 최근 운용과 극명한 차이를 보이는 양면적인 어려움에 직면하게 된다. 첫째, 국가 안보 전략이 아시아·태평양 지역의 위협으로 이동하면서 환경과 잠재적 적군의 능력을 토대로 하는 운용상 고려사항도 달라지게 된다. 둘째, 심한 재정 압박(해외 비상작전 자금 지원)과 기껏해야 현상을 유지할 것으로 예상되는 기본 예산 수준 때문에 무인체계 운용자와 공급자 모두 제조, 항공 전자 및 배치 비용에서부터 인건비 절감과 군수에 이르는 무인체계의 소유 총비용에서 효율을 높여야 하는 과제를 안게 될 것이다. 이 과제는 어느 한쪽 측면만 고려할 수 없는 양면성을 갖는다. 즉, 예산 제약 조건에서 단기, 중기, 장기에 걸쳐 운용상 요구를 충족해야 한다. 그림 10의 DoD<sup>38)</sup>에 대한 대통령의 2012 S&T 예산 요청의 예를 참조한다.

38) Bob Baker(Plans & Programs 부책임자, Defense & Engineering 차관보)의 국방부 S&T 사업 브리핑에 관한 FY2012 대통령 예산 요청에서 발췌한 슬라이드 15번, 2011년 6월 21일.

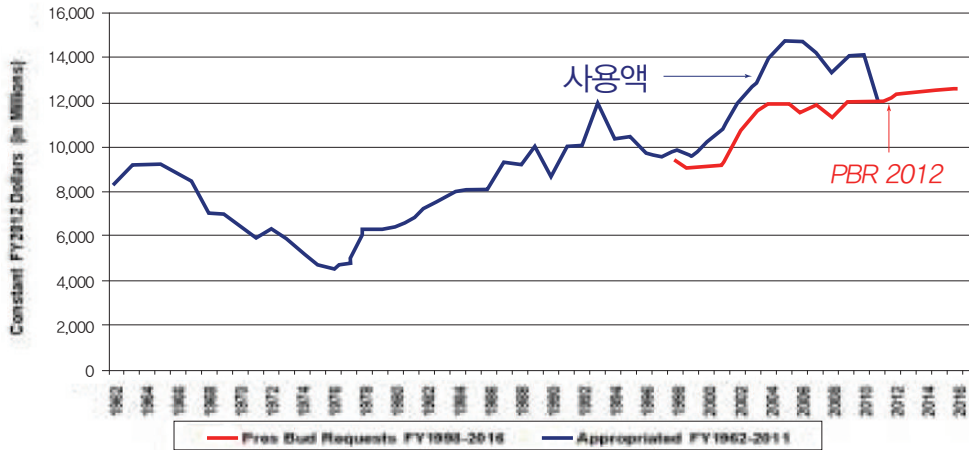


그림 10 DoD S&T 자금 지원: FY1962-2016

새 지침을 발표할 때 전략 핵심요소 다섯 가지와 미래 군사력에 대한 비전의 다섯 가지 핵심요소를 강조했다. 각 요소를 요약해보면 첫째, 군의 규모는 축소되겠지만 기민성·유연성·배치의 신속성 및 기술은 향상될 것이다. 따라서 첨단 군이 될 것이다. 마지막으로 다섯째, 성장하고, 적응하며, 동원할 수 있고, 필요에 따라 증대시킬 수 있는 능력과 마찬가지로, 새로운 능력과 기술 중에서 매우 중요하고 핵심적인 투자항목을 보호하고 우선적으로 처리할 것이다.

- Leon E. Panetta, 전 국방장관<sup>39)</sup>

국방부의 새로운 전투 전략과 예산 제약에 따라 국방부 획득·기술·군수지원 차관(USD(AT&L))은 다음과 같이 국방과학위원회 연구를 후원하고 있다.

“국방과학위원회는 차세대 주요 군사 능력을 2030년까지 개발하거나 실전에 배치할 수 있는 신기술을 연구해줄 것을 요청받았으며, 연구를 통해 다음과 같은 산출물이 나올 것이다.”

1. 2014년부터 2020년까지 응용 기술 및 기술 시연에 대한 국방부 연구개발 투자의 방향을 제시하기 위한 권고안
2. 식별된 기술을 실현 가능한 응용 부문과 능력에 배치

39) 출처: <http://www.defense.gov/transcripts/transcript.aspx?transcriptid=4962>.

3. 유망한 기술 집합에 대해 혁신을 장려하고 기존 체계로의 블록 개량을 통해 작전 능력을 향상시키는 진입 지점 또는 새 체계 및 작전 개념의 진입 지점을 제공하는 실험이나 개념 시연을 제안

연구는 2012년 1월 군사 전략 지침 “Sustaining U.S. Global Leadership: Priorities for 21st Century Defense”에 따라 추진된다.<sup>40)</sup>

이 연구에는 국방부 범위 밖에 있으나, 향후 군 능력에 기여할 수 있는 기술의 발전 가능성을 조사하고 평가하는 일이 포함될 것이다. 이러한 제안으로 양자 컴퓨터 공학, 마이크로 전자공학, 로봇 공학, 나노 소재, 유전학, “빅 데이터(big data)”, 대체 에너지원, 첨단 소재, 모델링 및 시뮬레이션 등의 영역에 대한 국방부 투자가 증가할 것이다. 해양·지상·공중·우주 및 사이버 영역에서 벌어지는 전쟁의 특성을 크게 강화하거나 바꿀 수 있는 기술이 이 연구의 초점이 될 것이다.

이 장에서는 무인체계의 기술 발전과 관련된 여섯 가지 관심 영역을 살펴본다. 이 영역들은 국방부의 전략 우선순위 이동을 반영하며, 무인체계를 포함한 전체 체계의 수명 주기 비용을 계속 절감해야 하는 요구 사항에 대해서도 다룬다. 각 항에서 그림 11에 정의된 단기, 중기 및 장기 목표를 다룬다.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+
요구되는 능력	<b>단기:</b> 향후 5년 내에 운용되어야 하는 능력과 개선 항목이다. 이러한 항목은 기본적으로 산업 투자가 성숙해야 하며 운용 시연을 통해 신속한 실전 배치와 개별 및 운용 대표 데이터를 포함한 예산 우선순위 결정이 보장되어야 한다. S&T 6.3 자금 지원을 통한 첨단 기술 프로그램에 대한 투자도 어느 정도 여기에 적용된다.			<b>중기:</b> 연구실과 S&T 기관 (DARPA, IARPA, ONR/NRL, AFRL, ARL, HJ-APL, MIT-LL)의 개별 프로젝트 단계에 있을 수 있는(또는 현재 진행 중인) 능력과 개선 항목이다. 이러한 항목은 기본적으로 S&T 6.3 프로그램과 S&T 6.2 자금을 통한 응용 연구 프로그램을 통한 투자가 필요하다. 중기 목표의 기간은 5 ~10년이다.			<b>장기:</b> 소재 개발이나 새로운 절차 또는 접근 방식 같은 기본 연구 단계에 있는 능력과 개선 항목이다. 이러한 항목은 기본적으로 S&T 6.1 자금을 통한 기본 연구 프로그램에 대한 투자가 필요하다. 장기 목표의 기간은 10년 이상이다.					

그림 11 단기, 중기, 장기 목표

40) USD(AT&L) 각서, “Terms of Reference—Defense Science Board Study on Technology and Innovation Enablers for Superiority in 2030,” 2012년 3월 15일.

국방부가 능력을 강화하고 비용을 줄이기 위한 여섯 가지 기술 영역은 상호운용성과 모듈성, 통신 체계, 스펙트럼 및 복원력, 보안(연구 및 정보/기술 보호: Research and Intelligence/Technology Protection, RITP), 지속적인 복원력, 자율성과 인지 행동, 그리고 무기류다. 그 밖의 중요한 영역으로는 센서 공중 투하, 기상 감지, 고성능 컴퓨팅(High- Performance Computing, HPC)이 있다.

#### 4.1.1 상호운용성과 모듈성

신호처리와 알고리즘 발전과 함께 센서 및 무기 기술이 급속히 성장하고 있으며, 때로 국방부에서 야전에 배치한 플랫폼의 성능과 소재를 개량하는 속도를 앞지르고 있다. 현재 수많은 센서·통신·무기체계는 상용 프로세스와 전자표준기술의 영향으로 계속 진화하고 있다. 기술혁신은 수년간 사용하도록 설계된 국방부의 주요 체계 재고와 결부되어 플랫폼 내 문제(모듈성)와 플랫폼 간 문제(상호운용성)를 제기한다. 모듈성과 교차영역 데이터 공유를 강화시키며, 상호운용이 가능한 인터페이스는 향후 수명주기 비용을 최소화하고, 부대구조 요구 사항을 감소시키며, 변화하는 위협이나 새로운 가용 기술에 신속하게 적응할 기회를 부여한다. 자세한 내용은 4.2를 참조한다.

#### 4.1.2 통신 체계, 스펙트럼, 복원력

모든 무인체계가 직면하고 있는 문제는 통신링크의 가용성, 통신링크가 지원하는 데이터량, 통신 스펙트럼의 인증, 그리고 모든 무선주파수(RF) 하위체계의 간섭(예: 전자기)에 대한 복원력이다. 자세한 내용은 4.3을 참조한다.

### 4.1.3 보안: 연구 및 정보/기술 보호(RITP)

무인체계는 부여된 임무를 완수하기 위해 핵심 프로그램 정보와 민감한 기밀 데이터가 함께 사용되는 경우가 많아 RITP가 필요하다.

무인체계에는 무단 접속/통제 방지, 데이터의 무단 또는 우발적 유출 방지, 우수한 기술 보전뿐만 아니라, 새로운 센서·무기·신호처리 소프트웨어에 좀 더 빨리 적응할 수 있도록 적절한 보안대책이 포함되어야 한다. 자세한 내용은 4.4를 참조한다.

### 4.1.4 지속적인 복원력

무인체계의 연료/중량 비율이 크게 향상되면 본질적으로 지속성이 더욱 향상되어 무인체계의 설계를 최적화하면 전체적으로 보다 효과적인 정박시간을 확보할 수 있다. 그리고 항공전자기기, 전원 및 추진력, 데이터 저장 관리를 추가로 소형화하여 체계의 크기를 줄일 수 있으며, 여기에 향상된 지속성을 결합하면 투자를 최소화할 수 있다. 지속성 향상을 위해서는 신뢰성·정비성·생존성 향상이 필요하다. 따라서 크기·무게·전원 및 냉각 (Size, Weight, Power, and Cooling, SWaP-C)을 더욱 향상시키는 것은 무인체계를 포함한 모든 체계의 특징이므로, 광범위한 전투효과를 보장하기 위해서는 신뢰성·정비성·생존성 강화와 함께 이 요구 사항이 달성되어야 한다. 자세한 내용은 4.5를 참조한다.

### 4.1.5 자율성 및 인지 행동

거의 모든 무인체계는 통신, 인적자원 및 체계 효율성에 영향을 주는 기본 이동체의 운용과 행동을 능동적으로 제어해야 한다. 국방부 예산에서 가장 큰 원가 상승 원인 중 하나가 인력이다. 무인체계를 운용하려면 상당수의 인력이 임무 수행, 데이터 수집·분석, 계획, 재계획 중에 무인체계를 관리하는 데 투입된다. 따라서 국방부에서 가장 중요한 것은 중요한 정보와 이벤트를 포착하는 것은 물론 이러한 데이터를 개발·기록·재생·예측·분석 후 단순한 원시정보가 아니라 실제로 “실행 가능한” 정보를 제공할 수 있는

체계와 센서 그리고 분석 자동화를 증대시키는 것이다. 무인체계의 다른 측면과 마찬가지로 자율성 강화의 필요성은 재정적 압박을 받는다. 즉, 인력 소요와 위험 노출을 줄이고 운용효과는 증대시키면서 제한된 예산으로 운용하여야 한다. 자세한 내용은 4.6을 참조한다.

#### 4.1.6 무기류

새로운 탄약을 포함하여 무인체계를 이용하여 무기를 운송하는 옵션의 확대에는 현재 일부 능력이 통합되어 있으며 추가적으로 무인 전력 구조에 무기를 탑재한 플랫폼을 추가하는 새로운 옵션이 포함된다. 무인체계와 무기의 사용을 완벽하게 통합하기 위해서는 특정 무기 관련 영역뿐만 아니라 앞 절(4.1.1~4.1.5)에 기술된 핵심기술 영역도 활용하는 것이 중요하다. 자세한 내용은 4.7을 참조한다.

#### 4.1.7 센서 공중 투하

무인센서는 베트남 전쟁 중에 광범위하게 사용되었으며, 병력과 장비가 남쪽에 도착하는 속도를 줄이는 데 큰 역할을 했다. 여러 유형의 무인 지상 센서를 설치하면 징후, 정보, 통신 중계, 기상 보고, 활동 식별, 중요한 사람/표적 탐지, 무기 동작개시 신호, 거의 실시간 정보가 가능하며 배열 배치를 통하여 움직임 예측할 수 있다. UMS를 사용하여 센서를 배치하면 전담 병력을 배치하거나 여러 번 출동비행하지 않고도 지속성을 높이고 활동 및 표적을 확인/식별하여 지역이나 지점을 모두 보호할 수 있다.

외부에서 장비를 수송하기 위한 무인 플랫폼이 많이 갖추어져 있으며, 이 모두가 제어되는 감시 및 자율 은밀 이동을 제공하는 임무계획을 갖고 있다. 무인 지상 센서 기술이 증가하고 있으며 특이한 정보를 수집하여 보고할 수 있고 정확하고 은밀하게 설치할 수 있는 좌표 추적 위치 능력을 사용할 수 있다. 무인이동체 계열은 일반적으로 영상정보와 함께 정확한 설치 위치를 제공할 수 있으며 임무계획과 경로 추적을 지원할 수 있는 보조 센서가 있다. 그러나 지속성과 상황 인식의 개선 필요성은 필요한 무인자산의 수와 능력 이상으로 계속 증가하고 있다. 미래에는 UAS 플랫폼과 프로파일의 침투가 어려운

전투공간에서 센서와 비운동 능력 등을 정확하게 배치하는 데 적합할 것이다. 미래에는 한 영역을 통과하는 병력의 추적/식별이 가능한 “어태치 보트(attach bot)” 배치도 포함될 것이다.

#### 4.1.8 기상 감지

UAS 플랫폼은 다양한 고도, 거의 모든 기상조건에서 1주일 내내 하루 24시간을 쉬지 않고 전체 작전지역을 비행한다. 이러한 임무는 센서 계획과 정확하고 시기 적절하게 기상이 예측되어야 CCDR을 지원할 수 있는 데이터 수집이 가능하며, 기상으로 인해 발생할 수 있는 사고를 피할 수 있다. 또한 정확한 일기예보는 보조 지상 및 비행계획 동기화를 지원한다. 미래의 일기예보는 DCGS 기상 응용 프로그램과 CONUS 기상국에서 거의 실시간으로 수집될 것이며, 다른 기상정보와 서로 연관시켜 전술지휘관에게 좀 더 정확한 예측정보를 제공하게 된다. 기상 감지정보는 자동으로 형식화되어 DCGS와 기타 해당 기상 예측 및 보고 위치와 자동으로 연결되는 플랫폼의 데이터 링크에서 다중 송신을 거쳐 보도될 것이다. UAS의 운용 지속시간이 획기적으로 증가함에 따라, 발사와 회수를 보장하기 위해서는 기상예보가 더욱 더 중요하게 될 것이다. 그리고 기상 때문에 발생할 수 있는 사고를 피할 수 있도록 선회한계(ranging limitations)가 정확해질 것이며, 조정비행(coordinated flight) 및 지상 운용이 향상될 것이다.

#### 4.1.9 고성능 컴퓨팅(HPC)

매우 많은 데이터 용량과 고해상도 센서로 인해 대역폭 문제가 발생하고 있다. 각 센서와 통신장비마다 서로 다른 정보를 처리하는 독립된 구성요소가 있다. 이렇게 개별화되어 있어서 비표준 기체 키트, 구성요소 인터페이스 및 SWaP-C 구성의 폭이 넓다. 미래 기술을 통해 무인체계 대부분에 표준 HPC(계열) 능력을 갖게 될 것이다. HPC는 통합된 플러그 앤 플레이 표준 성능을 구현하기 위하여 공통의 소프트웨어 정의 아키텍처와

일치하는 공통의 하드웨어 정의 아키텍처와, 하나의 초소형 새시에서 모든 신호처리를 담당하게 될 응용 프로그램 아키텍처를 형성할 수 있다. 공통 아키텍처는 UAS 공급자가 저렴한 비용으로 통합하기 위해 사용할 수 있게 될 것이다. HPC 계열을 사용하거나 공통 하드웨어를 사용할 경우에도 신호처리보드, 메모리 또는 기타 전자장치 중에서 가능한 몇 가지 구성요소 교환과 같은 기술 삽입(technology insertions)이 지원될 것이다. 더 나아가 소프트웨어 다운로드를 향상시킬 것이다. HPC를 무인체계 내 여러 하위체계에서 적용하여 클라우드 컴퓨팅과 다중 보안, 통신, 공개 표준, 데이터 저장, 비용, 간편한 기술 삽입, SWaP-C 등의 어려움을 해결할 수 있다.

## 4.2 상호운용성과 모듈성

### 4.2.1 배경

전쟁은 점차 복잡해지고 있으며 군사 작전에서 각 군과 그 외의 합동, 기관 간, 정부 간, 다국적(Joint, Interagency, Intergovernmental, and Multinational, JIIM) 간의 개별 자산에 대한 비용 대비 효율적인 통합이 요구된다. 그리고 무인체계는 이러한 작전에서 점차 중요한 역할을 하고 있다. 이런 이유 때문에 국방부는 JIIM 간의 공조를 통해 표준 정보 교환 요구 사항(Information Exchange Requirement, IER)을 개발하는 것은 물론 이를 안정화시켜야 한다. 합동 및 군 요구, 상호운용성 프로파일(Interoperability Profile, IOP), 미들웨어(다중 시스템 입출력) 및 그 외의 영역을 다루는 안정적 IER이 유인 및 무인체계 전반에서 필요한 상호운용성 수준에 도달해야 한다.

국방부 구성요소에서 사용되는 IT 및 NSS는 필요할 경우 합동군과 연합군, 다국적군 그 외의 미국 정부 부서 및 기관, 비정부 기관의 기존 및 미래 체계, 장비와 상호 운용이 가능해야 한다는 것이 (연방법에 근거한) 국방부 정책<sup>41)</sup>이다. DoDD 5000.01은 “체계,

41) CJCSI 6212.01F, Net Ready Key Performance Parameter (NR KPP), 2012년 3월 21일.

부대, 병력은 데이터, 정보, 물자, 서비스를 다른 체계, 부대, 병력과 서로 주고받을 수 있어야 하며, 다른 미군 및 연합군과 효과적인 상호 운용이 가능해야 한다”고 규정하고 있다.<sup>42)</sup> CJCSI 6212.01F에 따라 국방부 구성요소는 기존 IT 솔루션의 아키텍처, 표준, 정의된 인터페이스, 모듈식 설계, 재사용을 통해 기존 IT, 개발 중인 IT 및 제안된(마일스톤 A 이전) IT와 상호 운용 및 지원이 가능하고 주둔국, 다국적 연합, 연방, 주, 지역, 부족 기관(tribal agency)들과 상호 운용이 가능한 IT를 개발하고, 획득하고, 시험하고, 배치하고, 유지관리해야 한다.

국방부 무인체계는 그동안 시급한 작전 요구 사항을 지원하도록 신속하게 실전에 배치해야 하는 군의 특정 요구에 맞게 개발되었다. 이러한 체계는 실전에 신속하게 배치하는 데 도움이 되었지만, 완벽하게 안정적인 IER은 어쩔 수 없이 전장의 긴박함에 희생되어 왔다. 따라서 실전에 배치된 체계는 일반적으로 군 전반 유인 및 무인 플랫폼과의 상호운용성이 제한적일 수밖에 없다. 무인체계가 실전에 점차 많이 배치됨에 따라 개방형 아키텍처(Open Architecture, OA), 비독점 인터페이스, 정부 소유의 데이터 권리, 표준 IOP가 상호 운용과 확장이 가능하고 개방적인 좀 더 광범위한 네트워크 중심 환경을 지원해야 할 것이다.

따라서 국방부는 개방형 체계 설계 원칙과 아키텍처를 채택하여 경쟁력을 높이고, 체계 간 재사용을 장려하며, 상호운용성을 강화하고 있다. 이 새로운 획득 모델은 복수 공급자 솔루션 접근 방식으로 신기술을 신속하게 채택하여 새로운 위협에 대응하고, 기술 노후화를 방지하며, 새로운 능력의 실전 배치 시간을 단축해야 한다. 예를 들어, 국방부는 획득 효율을 높이고 총 소유 비용을 낮추기 위해 UAS 지상 통제소(Ground Control Station, GCS)용 OA 구현을 지원하는 개방형 사업 모델을 채택하고 있다. 이 노력에는 4.2.4.3에서 설명하는 공통 UAS 관제장비(UAS Control Segment, UCS) 아키텍처의 적용도 포함될 것이다.

42) DoDD 5000.01, The Defense Acquisition System, 2003년 5월 12일.

### 4.2.2 상호운용성 기능 설명

미 국방부의 상호운용성 비전이 적용되는 범위는 JIIM 영역이다. 적절한 상호운용성의 성공적인 정의와 시행을 통해 전투원의 능력을 추가하고, 혁신을 장려하고, 사업 비용 통제를 지원할 수 있을 것이다.

체계, 부대 또는 병력이 다른 체계, 부대 또는 병력과 서비스를 주고 받고 서비스, 부대 또는 병력을 활용하며, 이렇게 교환된 서비스를 이용해 함께 효과적으로 작전을 수행할 수 있다. 체계와 그 사용자 사이에서 정보나 서비스를 직접 그리고 효과적으로 교환할 수 있을 때 통신-전자 체계 또는 통신 전자 장비 항목 사이에서 달성되는 조건이 이 정책의 사용 예가 될 것이다.<sup>43)</sup>

상호운용성은 무인체계를 사용하는 임무의 지속적인 성공에 필수적이며 이는 군과 그 이해관계자의 장기 목표를 의미한다. 최근 몇 년 동안 전장의 시급한 요구와 그에 따른 신속 획득 접근 방식의 결과로 무인체계는 같은 무인체계끼리 또는 외부 체계와 상호운용이 되지 않았다. 전투 개발 부서는 미래 무인체계의 핵심 요소로 상호운용성을 요구하고 있다. 유인 및 무인체계가 정보를 공유할 수 있으면 전투 능력이 증가하고, 상황 인식이 향상되며, 자원의 융통성이 높아질 것이다. 상호운용성은 무인체계가 할당된 임무를 수행하는 능력을 더욱 높여줄 것이다.<sup>44)</sup> 확실하게 안정화되고, 시행되고, 유지되는 상호운용성은 부대의 역량을 배가시키고, 전투원 능력을 향상시키며, 통합 시간을 단축하고, 군수활동을 단순화하며, 총 소유 비용을 낮출 수 있다.

새로운 획득 규정은 상호운용이 가능한 체계 및 체계 계열(Families of System, FoS)의 획득을 명시하고 있다.<sup>45)</sup> 이 전체 목표를 지원하는 성숙되고 안정화된 IER과 그 외의 핵심 상호운용성 영역이 정의된 후에는 국방부의 무인체계는 현재의 시스템으로는 어려운 여러 영역에서 다음과 같이 상호운용성을 보여주어야만 한다.

- 동일 영역 내 서로 다른 체계들 사이: 여러 이종 무인체계에 공통의 GCS 또는 OCU 사용
- 서로 다른 영역의 체계 사이: 지상, 공중 및 해양 이동체가 서로 협력

43) 무인 상호운용성 프로그램(UI2) 능력 기반 평가, 2012년 3월 1일.

44) JP 1-02, 국방부의 군사 및 관련 용어 사전, 2001년 4월 12일(2009년 3월 17일까지 수정).

45) DoDD 5000.1, 첨부물 1, E1.10절.

- 다양한 작전개념과 전술, 기법 및 절차(Tactics, Techniques, and Procedures, TTP)로 각기 다른 군 조직에서 운용되는 체계 사이: 합동군 체계가 공통의 과제 또는 임무를 함께 수행
- 다국적 연합 작전에서 다양한 운용 개념(Concepts of Employment, CONEMP)과 TTP 또는 북대서양 조약 기구(North Atlantic Treaty Organization, NATO) 표준화 협약에 따라 연합군과 동맹군이 운용 및 사용하는 체계 사이: 연합군 및 동맹군 체계가 사전에 정의된 역할과 책임에 따라 공통의 과제나 임무를 함께 수행
- 공통의 환경에 있는 군 체계와 다른 실체가 운용하는 체계 사이: 군 UAS가 NAS와 국제 공역을 민간 항공사와 일반 항공과 공유하거나 군 UGS가 민간 도로 환경에서 안전하게 운용

#### 4.2.3 모듈성 기능 설명

현재 구성요소의 하위 체계 모듈성과 상호운용성은 경제적인 개선, 정비, 유지, 능력 증대에 있어서 매우 중요하다. 탑재체, 센서, 소프트웨어, 계산 알고리즘, 장치의 진화속도가 이동체 플랫폼 속도보다 훨씬 빠르기 때문에 상호운용이 가능한 구성요소(하위 체계) 인터페이스를 만들어 모듈성을 강화하면 미래 수명주기 비용을 최소화하고 변화하는 위협이나 새로운 가용 기술에 신속하게 적응할 수 있게 된다. 기존의 독점 구성요소를 개량하는 것은 전체 플랫폼의 사용을 중단하고 교체해야 할 수 있으므로 비용도 많이 들고 논리적 타당성도 없다. 이러한 폐쇄형 개발 접근 방식은 발전된 기술의 적용과 새로운 능력의 채택을 지연시키는 불리한 특성을 야기시켰다. 4.2.2에서 언급한 상호운용성 특성 외에도 무인체계는 모듈성이 필요하다. 즉, 동일하거나 적어도 유사한 구성요소를 동일한 또는 다른 유형의 체계에서 사용할 수 있어야 한다. 예를 들어, 서로 다른 센서를 무인체계(이동체와 그 지원 체계)에서 플러그 앤 플레이 방식으로 사용할 수 있어야 한다.

#### 4.2.4 상호운용성 및 모듈성 증대를 위한 국방부 방침

다음 세부항목에는 국방부, 정부 기관 및 산업계 사이의 협력과 기술 발전이 요구되는 국방부 방침이 요약되어 있다. 부록 C에도 각 방침에 대한 자세한 설명이 있다.

#### 4.2.4.1 무인 상호운용성 방침(UI2) 능력 기반 평가(CBA)

이 CBA는 무인체계 상호운용성 과제 요구에 대한 운용평가를 수행하고, 이러한 요구를 충족할 수 있는 능력의 격차를 확인하여 우선순위를 정하며, 잠재적 DOTMLPF-P 우선순위를 확인하여 확인된 능력 격차를 완화하기 위한 합동 실무 그룹(Working Group, WG) 노력의 성과물이다. CBA 부록 G에는 우선순위 목록과 29개 합동 상호운용성 격차 각각에 대한 설명이 나온다. 각 군 기관은 그 임무 책임과 관련된 CBA 측면을 확인하게 될 것이다. UAS TF의 상호운용성 통합 사업관리팀(Interoperability Integrated Product Team, I-IPT)이 전투원의 능력을 높이기 위해 군 기관과 계속 협력하여 CBA 내에서 확인된 격차를 좁힐 것이다.

#### 4.2.4.2 표준 및 관리 노력

국방부는 표준 IOP 구현으로 전체 UAS 아키텍처 내의 필수 인터페이스를 표준화하여 무인체계의 상호운용성 달성을 위해 노력하고 있다. “표준은 계속 진화하므로” 새로운 노력과 체계 개량을 위한 인터페이스 전반에서 통신 프로토콜, 메시지 형식, 구현 방법을 명확하고 일관되게 정의하는 것이 핵심 관건이 될 것이다. 그리고 여러 체계의 입출력을 해석할 수 있는 미들웨어의 개발도 핵심 관건이 될 것이다. 이 노력은 현재 및 미래 무인사업에서 획득, 기술 및 군수 수명주기 관리의 효율을 높일 것이다.

#### 4.2.4.3 UAS 제어 세그먼트(UCS) 아키텍처

UCS 아키텍처는 육군, 해군, 공군에서 현재 및 미래 UAS 사업의 소프트웨어 집약형 능력을 대표하는 체계이다. 그 목표는 서비스 지향 아키텍처(Service-Oriented Architecture, SOA) 원칙을 기반으로 하는 아키텍처를 개발하는 것이다. 앞으로 각 군에서 이 아키텍처를 UAS 제어체계의 능력을 획득하고, 통합하고, 확장하는 공통의 사업 모델로 채택하게 될 것이다.<sup>46)</sup>

46) 출처: <https://ucsarchitecture.org/>.



#### 4.2.4.4 무인체계 상호운용성 프로파일(USIP)

USIP는 JCIDS 문서에 연계된 표준 IOP를 개발하라는 국방부 차관의 “무인항공체계(UAS) 각서 14667-07”(2007년 9월 13일) 명령의 시행이다. USIP는 승인된 국방부 및 합동 상호운용성 우선순위의 서비스 수준(Service level) 시행을 촉진하며 이에 따라 새로운 서비스 IOP 또는 기존 IOP 개정을 요구한다.

USIP는 “능력 기반 상호운용성”을 만들어 CJCSI 상호운용성 요구 사항도 지원한다. USIP의 목적은 특정 임무 능력을 지원할 때 상호운용성을 보장할 수 있는 표준 프로파일을 정의하는 것이다. USIP는 국방부 표준, 정보기관 표준, 군 특정 IOP, 상용 표준을 참조하여 능력 기반 상호운용성을 달성할 수 있다. 승인된 모든 USIP 표준은 국방부 IT 표준 및 프로파일 저장소(DoD Standards and Profile Registry, DISR)에서 확인할 수 있다.

#### 4.2.4.5 서비스 인터페이스 통제 실무 그룹(Service Interface Control Working Groups, ICWG)

군 수준 ICWG의 목적은 UAS 사업/제품 관리자, 개발자, 군 및 최종 사용자를 군 특정 상호운용성 솔루션의 개발과 구현에 적극 참여시키는 것이다. 이 협력 조직(정부-산업 제휴)은 다양한 제품 라인 전반의 상호운용성을 촉진하기 위해 각 군 내에 설립된 표준 권장 기구의 역할을 한다.

#### 4.2.4.6 서비스 상호운용성 프로파일(Service IOP)

그동안 무인체계는 매우 결정론적인(deterministic) 점대점(point to point) 인터페이스를 사용해왔다. 그러나 네트워크 중심 전쟁을 위해서는 UAS 사업에서 FoS 유형의 아키텍처를 지원하는 공통 표준을 구현해야 한다. 널리 수용되거나 승인되는 표준은 다양한 옵션으로 너무 광범위하게 정의되어 규정 준수는 되지만 상호운용성(예: 공통 데이터 링크(Common Data Link, CDL) 표준과 동영상 표준 위원회(Motion Imagery Standards Board, MISB) 표준)는 안되는 경우가 많다. 인터페이스 “표준”이 다양해 구현 전략과 해석도 다양하다. 진정한 상호운용성을 위해서는 FoS에서 군 수준의 IOP 개발이 필요하며, 결국 이러한 IOP는 다른 군의 IOP와 상호운용이 가능해야 한다.

#### 4.2.4.7 국방부 CIO 상호운용성 조정그룹

미 국방부장관의 효율화 계획에 의거 국방부 CIO와 합참 전략평가참모본부(J-8)는 2011년 8월 26일자 양해각서에서 상호운용성 인증 위원단(Interoperability Certification Panel, ICP)의 모든 권한을 국방부 CIO로 이관한다고 공식적으로 합의했다. 이후 국방부 CIO는 ICP의 명칭을 ISG(Interoperability Steering Group)로 바꾸었다. 국방부 CIO는 상호운용성 실무그룹 의장을 임명하고 국방 정보 체계국(Defense Information Systems Agency, DISA)과 합동 상호운용성 시험 사령부(Joint Interoperability Test Command, JITC)와 협력하여 상호운용성 정책, 사업, 시험 및 인증을 검토하는 활동을 지시할 것이다.

#### 4.2.4.8 합동 상호운용성 시험 사령부(JITC)

JITC는 DISA 시험 및 평가 담당부서의 한 조직이며 국방부 전체 IT 및 NSS의 합동 및 연합 상호운용성을 인증하는 책임(DoDI 4630에 따름)을 맡고 있다. JITC는 군, 합동 참모 본부, 국방 장관실(OSD), 국방부 CIO와 긴밀하게 협력하여 상호운용성 조정그룹에 면제, 확장, 전체 상호운용성 인증 및 규정 준수 상태에 대한 권고안을 국방 획득 집행위원회(Defense Acquisition Executive, DAE)와 서비스 획득 집행위원회(Service Acquisition Executives, SAE)에 보고한다.

#### 4.2.4.9 합동 기술 센터/체계 통합 연구실(JSIL)

JSIL은 실제 비행시험 전에 제품 개발 과정에서 체계 통합 준비상태 평가를 지원한다. JSIL은 전체 분산 지휘훈련 및 실험에서 다중 통합 시뮬레이션 환경(Multiple Unified Simulation Environment, MUSE)을 사용하여 탑재체, 비행체, 지상 체계 구성요소, 합동 인터페이스의 분산 HWIL(Hardware in the loop) 시험을 제공한다. JSIL의 목적은 합동 무인체계 계열에 시뮬레이션, 통합 및 전체 범위 시험 지원을 제공하는 것이다.



#### 4.2.4.10 국방부 IT 표준 및 프로파일 저장소(DISR)

DISR은 합동 기술 아키텍처(Joint Technical Architecture, JTA) 버전 6.0에 공식적으로 등재되어 있는 국방부 IT와 NSS 표준 및 관련 정보의 온라인 저장소이다. DISR이 JTA를 대체한다. 승인된 모든 USIP는 DISR로 제출된다. 해군은 DISR을 사용하여 승인된 서비스 IOP를 공식화할 계획이다.<sup>47)</sup>

#### 4.2.4.11 미래 공중 능력 환경(FACE)

육군 공통 운용환경(Common Operating Environment, COE)은 보안 및 상호운용 응용 프로그램을 다양한 컴퓨팅 환경에서 신속하게 개발 및 실행할 수 있는 승인된 컴퓨팅 기술군 및 표준이다. COE 방침 내에서 FACE는 육군 항공의 구현물이다. FACE의 목적은 국방부 항공전자 시스템에서 휴대성, 능력기반의 응용프로그램을 지원하는 표준 COE를 만드는 것이다.

#### 4.2.4.12 센서/플랫폼 인터페이스 및 엔지니어링 표준화(Sensor/Platform Interface & Engineering Standardization, SPIES) 방침

SPIES 방침의 목적은 획득, 통합 및 수명주기 비용을 낮추고, 기민성을 향상시키며, 해군/국방부 표준화를 통해 개방형 아키텍처와 상호운용성 목표를 촉진하고, 시스템 성능, 신뢰성, 정비성 및 가용성을 유지하는 전자광학/적외선(Electro-Optical/Infrared, EO/IR) 센서-플랫폼 인터페이스 표준을 개발하는 것이다.

#### 4.2.4.13 UGS용으로 정의된 IOP

탑재체, 센서, 소프트웨어 및 전산 장치는 기본 플랫폼보다 훨씬 빠른 속도로 진화할 것으로 예상되므로 모듈성 강화를 위한 상호운용이 가능한 인터페이스를 만드는 것은 향후 수명주기 비용을 최소화하고 변화하는 위협이나 새로운 가용 기술에 신속하게 적응할 수 있게 해준다. 2009년에 만들어진 로봇체계 공동 프로젝트 연구소(Robotic

47) 출처: <https://gtg.csd.disa.mil/uam/homepage.html?timestamp>

Systems Joint Project Office, RS-JPO) I-IPT는 전투 개발자, 과학기술 단체 및 민간 산업과 협력하여 UGS용 상호운용성 표준을 구축하고, 채택하고, 적용하는 일을 하고 있다. 이 노력은 UGS IOP에서 정의한 시행 지침에 따라 무인체계용 합동 아키텍처(Joint Architecture for Unmanned Systems, JAUS)에 자동차 공학회(Society of Automotive Engineers, SAE) AS-4 표준을 활용하는 것에 초점을 두고 있다.

#### 4.2.4.14 첨단 폭발물 처리 로봇 체계(Advanced Explosive Ordnance Disposal Robotic Systems, AEODRS) 공통 아키텍처

현재 실전에 배치된 EOD 로봇체계는 사용자 제어장치, 아키텍처 및 설계가 서로 다르고, 자율성이 제한적이며, 기업에 독점된 소프트웨어를 갖춘 개조된 상용 제품이다. AEODRS는 불발 폭발물, 대 급조 폭발 장치, WMD 임무에 대응할 수 있는 향상된 모듈식 EOD 능력을 합동군에 제공하기 위해 해군의 폭발물 처리 프로그램 사무국(PMS 408)을 통해 해군 폭발물 처리 기술 부서에서 시행하고 있다. AEODRS는 세 가지 종류의 체계로 구성되며, 점진적으로 실전에 배치될 정부 소유의 공통 체계 아키텍처와 인터페이스를 사용한다. 이 공통 아키텍처는 UGS FoS가 모듈식 플러그 앤 플레이 구성요소 및 상호운용성을 지원할 수 있는 물리, 전기 및 논리적 인터페이스를 제공한다.

#### 4.2.4.15 시험 평가 - 아키텍처와 벤치 테스트

AEODRS 사업은 아키텍처 테스트베드와 시뮬레이션 환경을 사용하여 아키텍처 정의 문서와 인터페이스 제어 문서에 의해 정의된 논리 인터페이스를 확인한다. 테스트베드를 이용하여 AEODRS 공통 아키텍처 준수 여부를 확인하는 방식으로 능력 모듈을 평가한다. 각 능력 모듈을 테스트베드에 개별적으로 연결하여 개별 능력 모듈이 아키텍처와 성능 요구 사항을 충족하는지 확인한다.

#### 4.2.4.16 GEOINT 기능 관리자 승인(GFMSA)

국방부 지리 공간 정보(Geospatial Intelligence, GEOINT) 관리자와 정보기관 GEOINT 기능 관리자의 이중 역할을 담당하고 있는 국가지형정보국(National Geospatial-Intelligence

Agency, NGA) 책임자는 GEOINT 기능 관리자 승인(Functional Manager Seal of Approval, GFMSA) 인정 절차를 정립하였다. GFMSA는 IT 구성요소가 신뢰할 수 있는 독립된 부서로부터 시험 및 평가를 받았으며 국립 지리 정보 체계(NSG)에서 정한 표준과 상호운용성 적합기준을 충족한다는 사실에 대한 인정이다. GFMSA는 CJCSI 6212.01F에 따른 GEOINT 관련 상호운용성 시험과 평가 기준, 조치 및 요구 사항을 개발하는 NGA의 책임을 다룬다. GFMSA는 GEOINT에 상당한 주의를 갖고 기존 범규의 시험 평가 절차를 따르면서 GEOINT 시험 기준, 조치 및 요구 사항의 가시성을 높여준다.

GFMSA 목표는 NSG 엔터프라이즈 전체에 표준 기반의 상호운용이 가능한 작업 환경을 조성하는 것이다. GFMSA 절차를 이용해 사업 및 프로젝트 관리자는 필요한 GEOINT 능력이 제공되는지 확인할 수 있다. 사업/프로젝트 관리자에게 가장 어려운 점 중 하나는 획득 개발을 수용할 수 있도록 높은 수준의 능력 요구 사항을 관리 가능한 기능, 운용 및 기술 구성요소로 확장하는 것이다. 1) “사업 활동의 결과로 어떤 것이 발생해야 하는지?”와 2) “이것이 발생하는 시점을 어떻게 알 것인지?”가 핵심 질문이다. 사업/프로젝트의 GEOINT 기능적 측면에서 GFMSA 인정 프로그램은 이러한 질문에 답할 수 있는 충실도를 높여주고 NSG 엔터프라이즈 전체에 실현되어야 하는 GEOINT 표준의 적용과 상호운용성 목표 및 운용능력을 이해하는 데 필요한 연구를 최소화한다.

NGA 산하 기관인 NSG 상호운용성 대응팀(Interoperability Action Team, NIAT)은 GEOINT(관련 메타데이터) 표준화 및 아키텍처 배치 분야의 주제 전문가로 구성된 지원 조직이다. GFMSA는 NIAT 기능과 밀접하게 연결되어 NSG 엔터프라이즈 전체의 GEOINT 상호운용성을 촉진한다. NIAT는 체계의 능력을 지원하기 위해 연결된 센서/플랫폼에 GEOINT 영역의 전문가들이 참여하는 프로그램 사무국을 돕는다. NIAT는 요구 사항 및 획득절차, 합동 능력 기술 시범, 신속 대응 능력 전반의 획득 범주(Acquisition Category, ACAT) 사업을 지원한다. GFMSA는 체계 내에 이러한 사항이 구현되어 엔터프라이즈 전체의 데이터 및 메타데이터 상호운용성을 충분히 지원하는지 확인한다. 이 노력에는 NSG 엔터프라이즈 전체에 걸친 GEOINT 기능 및 능력 통합을 위한 규제, 아키텍처, 운용, 기능 요구 사항을 충족하는 데 필요한 표준의 적절한 제공도 포함된다.

#### 4.2.5 상호운용성 및 모듈성 핵심 기술

현재 IER 성능은 인터페이스 소유권, 데이터, 대역폭, 통신 파형, 주파수와 설정, 공유되는 데이터 유형(예: 영상, 탐지, 음성), 필요한 메타데이터 태깅(tagging)(최종 사용자, 처리 요구/능력, 데이터 유형에 따라 다양함)을 포함하는 여러 요인에 의해 좌우된다. 다양한 사용자 사이에서 데이터를 공유할 수 있는 플랫폼의 능력은 주로 위에서 기술한 특성에 좌우되며, 대부분의 경우 각 특성에서 체계 공학적 절충(tradeoffs)을 통해 체계의 개발, 생산, 유지관리 및 성능이 최적화 된다.

IER 성능의 개선 및 유지와 관련된 두 가지 주요 과제는 서로 밀접한 관계가 있다. 1) 서로 다른 IER용 플랫폼을 신속하게 수정하면서 문제가 있는 IER과 안전성 저하(특히 공중 플랫폼)를 피할 수 있어야 하며, 2) 서로 다른 센서 능력에 맞게 플랫폼을 신속하게 개조하면서 동시에 새로운 감지능력이 적절한 IER을 통해 분배되는지 확인할 수 있어야 한다.

“핵심” 플랫폼 체계의 이러한 요구 진화속도를 따라잡기는 어려울 것이다. 그러나 몇 가지 핵심 기술이 성숙되면 이러한 요구를 충족하면서 플랫폼 영향을 최소화할 수 있을 것이다.

- **미들웨어.** 데이터 태깅(tagging)과 포맷을 간편하게 조절하여 진화하는 분석 및 처리 요구에 맞출 수 있다. 핵심 플랫폼 센서나 컴퓨터에 영향을 주지 않고 “원시” 센서 데이터 리태깅(retagged) 또는 포맷이 가능할 경우에는 IER 성능을 유지하면서 기술 발전의 장점을 실현하고 플랫폼 영향을 최소화하기가 훨씬 쉬워질 것이다.
- **다중 포맷 검색 및 처리.** 서로 다른 데이터 유형을 동시에 수집하고 처리할 수 있는 능력이다. 성능 유지를 위한 이 핵심능력은 플랫폼 영향을 최소화할 수 있다. 실전에 배치된 체계의 데이터 포맷, 태그, 내용을 알 수 있고, 처리 및 분석 알고리즘과 전산화가 서로 다른 데이터 포맷, 유형과 동시에 상호작용할 수 있는 경우에는 분석가의 검색 작업부하를 줄여 분석에 재할당할 수 있으며, 미들웨어를 통해 그리고 노후화 문제나 관련된 새로운 성능 요구에 따른 개선과 함께 플랫폼이 제품을 보다 효과적으로 업데이트할 수 있다.
- **연합 임무 컴퓨팅.** SWaP-C 제약 문제를 해결할 때 플러그 앤 플레이 방식으로 탑재체를 바로 사용할 수 있는 능력이다. 중앙 집중식 임무 컴퓨터에 의존하지 않는 기존 플랫폼에 새 탑재체를 추가하는 것은 중앙 집중식 컴퓨팅으로 신규 플랫폼에 새 탑재체를 추가하는 것보다 훨씬 더 수월하다. 약 20년 전 중앙 집중식 임무 컴퓨팅하에서는 탑재체를 물리적으로 추가하면서 임무 컴

퓨팅 재인증에 드는 비용 때문에 수정이 더 어렵고 시간도 더 들었다. 임무 컴퓨팅 원리를 변경하거나 연합임무 컴퓨팅을 탑재체(또는 GCS) 수준으로 낮추면 신기술을 통합하는 시간이 훨씬 더 빨라질 것이다.

- **범용 탑재체 어댑터.** 플랫폼별 SWaP-C를 고려하여 서로 다른 탑재체를 설치하고 분리하는 능력이다. 연합 임무 컴퓨팅 및 플랫폼 SWaP-C가 결합될 때 표준 하드웨어 및 인터페이스 설치 지점은 새로운 요구에 맞게 플랫폼을 신속하게 재구성하기 위한 주요사항이다. 현재 플랫폼 무기 체계는 SWaP-C 및 데이터 인터페이스가 정의되어 있고 수송해야 하는 무기로 통제되기 때문에 이 기능이 사용된다. 탐지용 탑재체에 사용되는 유사접근 방식도 중요한 역할을 할 것이다.

#### 4.2.6 요약

4.2.4.1 ~ 4.2.4.16에서 약속한 방침(initiative)들이 전부는 아니고 상호운용성과 모듈성 및 성숙하고 안정된 IER 추구를 위한 방대하고 다양한 노력과 관심을 보여주는 역할을 한다.

전장의 기동 공간 전선이 분명하지 않아 정보, 센서, 탑재체 및 플랫폼 공유의 필요성이 절실하다. 재정적인 분야에 있어서도 분명하지 않으며, 공급업체들은 범용 탑재체 어댑터 같은 도구, 서로 다른 임무 컴퓨팅 원리, 핵심 공개 하위 체계(Key Open Subsystem, KOSS)를 활용하고, 기존 체계와 유인체계에서 입출력을 관리하는 미들웨어 솔루션을 개발하며, OA 방향으로 추진하고, 소프트웨어를 재사용하며, 안전한 저장소를 개발하는 방식으로 공개 표준을 최대한 지켜야 한다. 무인체계에 대한 의존도가 점점 더 증가함에 따라 군 및 합동체계와의 데이터 통신 능력과 내적 및 외적 적응 능력은 새로운 위협에 대한 전투 효과를 유지하면서 더 가능한 기술을 이용하는 데 필수적인 역할을 할 것이다. 그림 12는 무인체계의 상호운용성 및 모듈성 목표를 요약한 것이다.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+
요구되는 능력	<b>단기:</b> 미들웨어 또는 해석기를 기존 체계에 구현하여 표준 준용 극대화, 범용 탑재체 어댑터, KOSS 분석을 통해 개방형 인터페이스로 이 동할 후보자를 확인하여 구현			<b>중기:</b> 소프트웨어 재프로그래밍이 가능한 인터페이스, 범용 탑재체 어댑터, 연합 미션 컴퓨팅				<b>장기:</b> 다중 입력/다중 출력 체계 및 하위 체계				

그림 12 무인 체계의 상호운용성 및 모듈성 목표

## 4.3 통신 체계, 스펙트럼 및 복원력

### 4.3.1 서론

무든 무인체계(완전 자율체계 제외)가 직면하고 있는 핵심 과제는 통신링크의 가용성, 통신링크가 지원하는 데이터 용량, 스펙트럼 할당량 지정, 모든 RF 하위체계의 간섭(예: 전자기)에 대한 복원력이다. 군과 기관은 CCDR의 임무 요구를 충족할 수 있도록 상호운용성 요구 사항을 만족시키고 개선하기 위해 지속적으로 노력해야 한다. 국방부 무인체계는 운용 통제 및 임무데이터 분배과정이 있어야 하고, 특히 자율체계가 아닌 경우에는 이러한 과정이 더욱 필요하다. 일부 UGS와 UMS는 이러한 유형의 정보 교환에 전송케이블을 사용할 수 있으나, 기동성이 뛰어난 무인작전인 경우에는 이러한 정보교환을 전자기 스펙트럼(Electromagnetic Spectrum, EMS)을 이용하여 신호를 전송하거나 또는 다른 수단(예: 음향이나 광학)을 사용할 가능성이 더 높다.

그림 13은 무인체계 지원에 필요한 통신망 운용 아키텍처(OV-1)를 보여준다. 유인체계도 이 아키텍처에 포함되어 있어 유인 및 무인센서와 다른 C2 체계 사이에 공통 통신 지원 인프라가 필요함을 알 수 있다. 지휘·통제·통신 및 컴퓨터(C4)를 지원하는 인프라는 플랫폼과 무관(무인 또는 유인)하여야 한다. 운용 아키텍처는 다양한 EMS 주파수 대역, 통신 게이트웨이, 중계 장소, 데이터 센터, 데이터 배포 노드, 지상 무선 및 네트워크 서비스를 사용한다. 이 아키텍처에서 통신링크는 무인 플랫폼과 각 탑재체의 C2를 지원하고, 이러한 탑재체로부터의 정보를 전술·운용 및 전략 담당자에게 지원하는 백홀(backhaul) 기능을 한다. 탑재체 임무 데이터는 가능한 전 세계 어디에서나 사용자가 접속할 수 있는 데이터 센터에 항상 저장되어 있어야 한다. 데이터 센터에서는 실시간 및 비 실시간 ISR 데이터와 기타 임무 데이터를 신속하고 용이하게 검색하고, 입수하고, 사용할 수 있다. 4.3.2 ~ 4.3.17 항은 무인 통신체계 아키텍처에서 필요하거나 계획된 개발을 다루고, 각 영역에 적용 가능한 표준과 체계 지침을 식별한다.

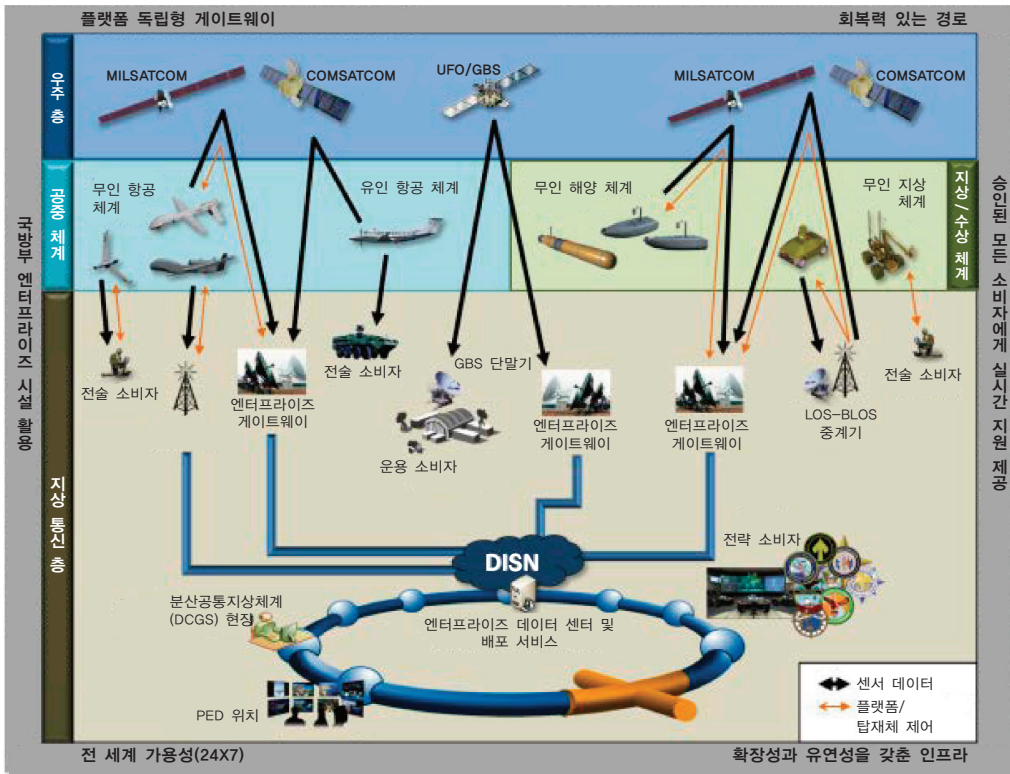


그림 13 높은 수준의 C4 인프라 운용 개념도(OV-1)

### 4.3.2 현재 무인체계의 통신 인프라 문제

지난 10년 동안 전 세계 전투작전에서 얻은 운용 교훈, 세부 분석 연구, 사후 검토, JUON 및 전투 임무 요구명세서에는 무인 플랫폼 지원 능력에서 C4 인프라의 부족이 반복적으로 지적되어 있다. 구체적인 문제점은 다음과 같다.

- **전 세계 연결 능력 미흡.** 무인 플랫폼의 고대역폭 데이터(예: 동영상(Full-Motion Video, FMV))를 전 세계 전략·작전·전술 사용자에게 배포할 수 있는 능력과 용량이 부족하다. 현재 무인 인프라의 대부분은 중동 지역에 집중되어 있어, 전 세계 다른 지역의 작전은 지원하지 못한다.

- **고가의 위성/통신망 계약.** 각 체계의 위성통신 대역폭 대부분은 상업적 임대를 통해 개별적으로 조달된다. 주로 전통적인 DISA 상용 위성통신(SATCOM) 포트폴리오에서 고급망을 사용한다. 대부분 체계는 개별 플랫폼 중심 지상망 인프라를 사용하여 전술·작전·전략 소비자와 연결된다. 이러한 접속은 주로 상용망을 임대하기 때문에 각 체계의 간접비가 더욱 증가한다.
- **독립적 개별 인프라.** 대부분의 무인체계 사업은 초가시선(Beyond-Line-Of-Site, BLOS) 통신과 지상망 인프라 접속용 게이트웨이를 포함하여 공급업체 독점 통신 솔루션이 정해져 있다. 이러한 접근 방식은 플랫폼 간의 자원 공유를 어렵게 하고, 인프라 간접비가 크게 상승하며(예: 시설, 사업 관리), 시스템 상호운용성을 방해한다.
- **정보 공유 어려움.** 대다수 체계는 전용 신호처리·활용·배포(Processing, Exploitation, and Dissemination, PED) 및 임무 데이터 인프라를 사용하여, 체계·군·단체 사이의 효과적인 데이터 공유를 어렵게 한다.

간단히 말해 현재 무인체계의 통신 인프라는 불필요하게 노력이 중복되는 경향이 있고, 상호운용성이 부족하며, 체계 데이터를 사용하고자 하는 소비자에게 분배하지 못한다.

몇 가지 핵심적인 가설을 세우면 향후 무인체계를 운용할 때 직면하는 과제를 가장 잘 해결할 수 있는 방법을 좀 더 쉽게 파악하는 데 도움이 된다.

- **계획된 자원이 제한될 것이다.** 최근 몇 년 동안 대부분의 무인체계 작전은 OCO 자금 지원으로 유지되어 왔다. 이러한 자금은 앞으로 군대가 축소되면 사라질 것이다. 사업 자원이 없으면 현재 제한적 임대 상태인 C4 인프라가 위축될 것이다.
- **C4 인프라 수요가 증가하고 있다.** 무인체계의 데이터 용량 요구조건은 센서 기술의 발전과 전 세계 배포를 위하여 증가할 것이고, 강건하고 유연한 통신 인프라가 필요하게 된다. 이에 따라 여러 수준으로 분류된 개별 정보를 다중 송신하는 전송량도 증가하게 될 것이다. UAS 데이터링크는 여러 개의 고대역폭 데이터링크를 통합하여 네트워크 기능을 할 수 있게 될 것이다. 첨단 공중 라우터로 단일 데이터링크 개별 데이터를 분류하여, 기밀이 보장되는 전송기능으로 해당 소비자에게 전달할 수 있어야 한다. 온보드 신호처리를 통해 사용자 능력에 맞는 적절한 대역폭, 압축률, 초당 영상 프레임 수 및 해상도를 제공할 수 있는 응용 프로그램도 제공해야 한다.
- **운용환경이 어려워질 것이다.** 향후 무인 임무는 C4 운용환경이 유리하거나 열악한 환경 모두에서 발생할 것이다. C4 인프라는 복원력이 있어야 하며, 적대적인 전자기 및 사이버 환경에서도 임무를 수행할 수 있어야 한다.

- **공개 표준으로 상호운용성이 향상된다.** 앞으로 무인체계 플랫폼과 관련 통신 인프라의 개발은 공개 표준과 인터페이스에 의해 상호운용이 가능하고 제한된 자원을 효율적으로 활용할 수 있도록 유도되어야 한다.
- **엔터프라이즈 능력으로 효율성이 향상된다.** 여러 무인사업에서 공유하는 센서에 무관한 통신 인프라를 구축하면 비용이 절감되고 정보 공유 및 상호운용성이 향상될 것이다.

### 4.3.3 통신 게이트웨이 및 중계소

국방부와 상용 게이트웨이를 군사용 및 비군사용 위성과 국방정보체계망(Defense Information Systems Network, DISN) 전송과 인터넷 프로토콜(Internet Protocol, IP) 중심 서비스에 접속할 수 있게 하면, 이를 통해 전 세계에 임무 데이터가 배포되어 무인체계에 대한 장거리 C2가 가능해진다. 그리고 중계소는 임무 데이터와 C2 연결용 BLOS 무선체계를 포함한 가시선(Line-Of-Sight, LOS) 통신을 DISN에 연결한다.

현재 플랫폼 중심의 수많은 독점 게이트웨이가 중동지역의 작전 지원에 사용되고 있다. 게이트웨이의 장기 지출을 줄이고 무인체계의 정보처리 효율성과 효과성을 향상시키기 위해, 국방부는 기존 글로벌 엔터프라이즈 SATCOM 게이트웨이 시설(예: 텔레포트 표준 전술 진입점(Standard Tactical Entry Point, STEP))을 활용하는 플랫폼에 무관한 게이트웨이로 전환할 것이다. 기존 엔터프라이즈 게이트웨이는 공통·안전 설비, 운용자와 유지관리자, 랙 공간을 제공할 수 있다. 그리고 점유 공간, 전력, 난방·환기·냉방(Heating, Ventilation, and Air Conditioning, HVAC)을 중앙에서 관리할 수 있다. 따라서 여러 무인체계 사업국의 노력이 중복되는 것을 방지할 수 있다. 이러한 정부 자산을 활용함으로써 현재 일부 무인체계에만 사용되는 독점 게이트웨이를 기반으로 하는 통신 인프라에 대한 경제성을 크게 높일 수 있다. 이미 진행 중인 단기 활동으로 이탈리아 Lago Patria Gateway와 노스캐롤라이나 Pope 공군기지, STEP 현장에서 유인 및 무인 ISR 연결이 구축되고 있다. 이러한 시설은 상용 Ku 대역 SATCOM을 활용하는 아주 다양한 공중 플랫폼을 지원하도록 구성될 것이다.

각 게이트웨이 현장에는 주파수 분할 다중접속(Frequency Division Multiple Access, FDMA)(예: 향상된 대역폭 효율적 모델)과 다중 주파수 시분할 다중접속(Multiple

Frequency Time Division Multiple Access, MF-TDMA) (예: Joint IP 모뎀, iDirect, Linkway, Linkstar, Advantech) 모뎀을 포함한 여러 IP SATCOM 체계가 배치될 것이다. 이러한 게이트웨이는 모뎀과 지상 단말기 사이에 중간주파수(Intermediate Frequency, IF) 신호경로를 제공한다. 모든 IP 지원 모뎀은 통합 IP 전송 및 경로 지정 네트워크에 연결되어 IP 패킷의 동적경로 제공과 DISN 서비스에 접속한다. 각 게이트웨이 현장에서 협력기술을 제공하여 자동화된 대역폭 균일화, 이중 통신, 다중 수준 보안정보의 추가 IP 배포(경로 지정), 대체경로 지정, 복구 및 데이터 백업을 지원할 것이다.

SATCOM 게이트웨이만으로는 위성의 서비스 구역에 배치된 모든 전투원 요구 사항을 충족하지 못할 것이다. 특정 운용환경은 이러한 게이트웨이 및 관련 SATCOM 자산 범위를 벗어나 SATCOM 게이트웨이가 현재 통신할 수 없는 위성의 서비스가 필요할 수 있다. 이런 시나리오에서는 전용 BLOS 게이트웨이가 계속해서 무인체계를 지원해야 할 것이다. DISA는 상용위성 게이트웨이를 포함시키도록 SATCOM 게이트웨이 엔터프라이즈를 확대하는 방향을 모색하기 위해 산업계와 공동연구개발협약(Cooperative Research And Development Agreement, CRADA)을 개발하고 있다. DISA의 SATCOM 게이트웨이 비전에는 상용위성 게이트웨이를 블랙(암호화) 패킷의 DISN 진입 지점으로 활용하는 것이 포함된다. 이 능력을 갖추면 더욱 비용이 낮은 대안으로 단점을 보완할 수 있고 새로운 모든 진입 설비, 기저대역과 암호화 장비, 지상-국방부 네트워크 연결을 구축하기 위해 전담 공급업체를 고용할 필요가 없을 것이다.

이 CRADA 노력을 지원하기 위해 DISA는 게이트웨이 전송기술의 향상, 특히 모뎀 IF 출력의 시설 간 전송을 위한 디지털 IF 기술 개발도 모색하고 있다. 이 능력을 갖추게 되면 DISN 광섬유 코어를 통해 모든 모뎀에서 전 세계 모든 안테나까지 쉽게 연결할 수 있게 된다. 디지털 IF를 이용해 모뎀 자산을 중앙 집중식 엔터프라이즈 현장에 통합하고 SATCOM 게이트웨이를 단순한 무선 접속시설로 바꿀 수 있게 될 것이다. 그리고 디지털 IF를 이용해 상용 게이트웨이를 무선 접속시설로 사용하여 국방부 SATCOM 게이트웨이가 충분한 범위를 제공하지 못하는 지역에 블랙 패킷 전송을 지원할 수 있게 될 것이다.

무인체계가 LOS 체계를 사용 가능성이 있는 전 세계 소비자에게 쉽게 연결하기 위해서는 표준 중계체계 아키텍처가 있어야 한다. 아프가니스탄 작전을 지원하기 위해 JUON

은 다량의 센서 트래픽을 전달할 수 있는 중계시스템 개발을 추진했다. 이러한 C4 인프라를 구축하여 배치하기까지에는 1년 이상이 소요되었다. 아프가니스탄 작전지역을 벗어난 작전을 지원하고 이 능력을 비상작전을 시작할 때 사용할 수 있도록 국방부는 향후 중계시스템을 관리하고 개발할 에이전트 지정을 고려할 예정이다. 지정된 에이전트는 가급적 기존 무선시스템을 활용할 것이다. 예를 들어, FMV 및 C2 데이터의 LOS 전송에 사용되는 첨단 통신기를 양방향 글로벌 방송서비스(Global Broadcast Service, GBS) 시스템과 연결하면 무인체계 아키텍처용 표준 중계 구성요소를 제공할 수 있다.

#### 4.3.4 엔터프라이즈 데이터 센터와 분배 노드

정보기관과 국방부 정보차관(Under Secretary of Defense for Intelligence, USD(I))은 데이터에 접속할 수 있도록 보장할 책임이 있으며, 전투원의 접근성을 향상시키는 데 크게 기여했다. 결국 NGA와 NSA는 영상 및 신호정보의 기능전투 지원기관이며 데이터 저장 및 배포에 대한 권한과 책임을 갖고 있다. 현재 무인체계의 스토브파이프 특성<sup>48)</sup>은 이러한 체계의 데이터 저장, 취급 및 배포에까지 확대된다. 간접비를 줄이고, 필요 병력을 최소화하며, 다양한 군·기관 및 동맹군 간에 데이터 공유를 향상시키려면 데이터를 승인 받은 모든 소비자에게 배포하기 위해 구축된 표준 인프라를 갖춘 클라우드 지원 엔터프라이즈 데이터 센터에 무인체계 데이터를 통합해야 한다. 이 접근 방식은 데이터 센터를 통합하고 축소하며 모든 플랫폼과 합동 소비자를 지원하는 특정 수의 시설을 구축하라는 연방 및 국방부의 전체 명령과 일치한다. 이 목표를 달성하기 위한 최근 노력에는 정보기관의 “빅 데이터” 클라우드 컴퓨팅 노력과 전 세계 사용자에게 FMV 데이터를 실시간으로 배포하도록 구축된 DISA의 통합비디오 배포서비스(Unified Video Dissemination Service, UVDS)가 있다. 그림 14를 참조한다.

48) stovepipe 특성 : 정보흐름이 한 방향 또는 단일 체계로 제한되어, 인접체계와 횡적인 통신이 어렵거나 불가능한 특성



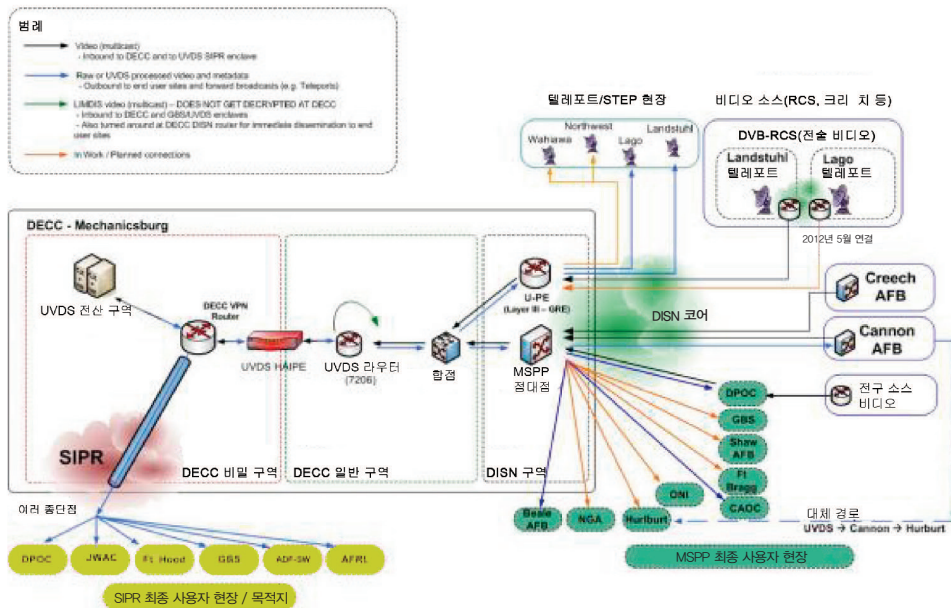


그림 15 현재 UVDS 운용 아키텍처(2012년 2월)

### 4.3.5 위성 통신

현재 무인체계 아키텍처에서 발생하는 상당한 비용은 상업적 임대를 통한 위성 대역폭 조달에서 비롯된다. 배치된 무인체계 임무를 지원하는 데 사용되는 대부분의 대역폭은 불리한 조건으로 개별적으로 조달되었다. 여러 무인체계의 상용 SATCOM 임대를 하나로 모으면 국방부의 향후 비용이 크게 절감될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 미래 COMSATCOM 서비스 획득(Future COMSATCOM Services Acquisition, FCSA) 계약 구조를 사용하여 DISA 상용 SATCOM 포트폴리오를 통해 향후 임대 협약을 조사해야 한다. 그리고 국방부는 기업과 1년 또는 장기 임대의 필요성을 최소화하는 혁신적인 다른 계약 기회와 협약을 추구해야 한다. 이러한 접근 방식은 정부 고객의 가격 경쟁력을 높이고 구매력을 증가시킬 수 있다. 호환되는 파형을 포함해 공통 인프라를 사용하면 위성 대역폭 공유가 가능하고 총 수요를 각 체계의 개별 요구량 이하로 줄일 수 있을 것이다.

그리고 변화하는 임무환경에 맞추어 FCSA 계약구조에 능력을 “급증”시키기 위한 유연성이 포함될 것이다.

좀 더 효율적인 상용 임대 외에도 국방부 SATCOM 자산을 더 많이 활용하여 위성 대역폭의 전체 비용을 추가로 줄일 수 있다. 광대역 글로벌 위성통신(Wideband Global Satellite, WGS)을 국방부 엔터프라이즈 게이트웨이와 함께 사용하여 상용 트랜스폰더의 무인체계 데이터 부하를 줄일 수 있다. 그러나 이 전략은 무인 플랫폼에 설치된 Ka 대역 단말기가 없어 현재는 타당성이 없다. BLOS 접속이 필요한 모든 무인체계 사업은 군용 SATCOM 자원을 활용하고, 고비용의 연간 상용 임대를 피할 수 있도록 Ka 대역 능력을 구축하는 계획을 수립해야 한다. 가급적 무인체계 BLOS 통신기는 운용 유연성을 높이고 가용 국방부 자원을 사용할 수 있도록 상용위성과 군사위성 대역을 모두 지원하는 것을 고려해야 한다.

이러한 장점은 군 부대에서 상용 SATCOM 서비스를 사용할 경우 발생할 수 있는 운용 위험과 철저히 비교해야 한다. UAS 사업은 미국 외 국가의 군용 SATCOM 서비스를 사용할 때 발생할 수 있는 위험을 관리하는 전략과 대비책을 고려해야 한다. 구현 전략의 주요 구성요소에는 필요성, 관련된 모든 운용 시나리오에서 확인된 발생 가능한 운용 위험, 그리고 비용 효과(장점)와 운용 위험 사이의 최적 균형이 포함되어야 한다.

#### 4.3.6 네트워크 인프라 및 체계

무인체계 사업은 전 세계를 연결시키기 위해서 가능한 기본적인 지상파 네트워크 인프라로 DISN 코어를 활용해야 한다. DISN 코어로 연결되는 지점들은 이미 국방부 게이트웨이 현장에서 이용할 수 있다. 그리고 DISA는 무인체계 중계 솔루션 세트를 보강하기 위해 DISN 코어와 엔터프라이즈 광역 네트워크 IP 서비스를 추가로 개발하고 있다.

엔터프라이즈 게이트웨이의 IP 네트워크 구성요소는 DISN에 접속하기 위해 여러 보안 구역에 경로를 지정하고 암호화/복호화를 수행한다. 암호화된 무인체계 트래픽이 국방부 게이트웨이 네트워크 중심의 수렴 라우터를 통해 전달되면 이 라우터는 IP 모델 허브와 DISN을 연결한다. 수렴 라우터는 일반적으로 3계층 비밀이 아닌 일반 서비스 제

공자 경계 끝과 2계층 다중 서비스 제공 플랫폼에 모두 연결되어 있어, 여러 트래픽 유형·가상 사설 네트워크 터널·회로 접속 등을 지원한다.

무인체계 설계 구성과 DISN은 체계가 실전에 배치되기 전에 정확한 IP 주소와 포트를 보장하고 서비스 할당이 설계에 포함되도록 계획해야 하며, 네트워크 침입 사건에 신속히 대응할 수 있도록 체계의 네트워크 구성을 현장에서 수정할 수 있게 해야 한다.

그러나 무인체계 설계 구성과 DISN은 가장 민감한 유형의 센서 또는 신뢰성이 매우 높은 기타 임무 기능에 사용되는 모든 IP 기반 체계에 내재된 지터(jitter)와 지연 문제를 수정하는 기술을 제공해야 한다. 모든 IP 기반 환경에서 전송할 경우 기존 무인체계에서 발견되는 버퍼링 문제는 패킷 감소로 인한 민감 데이터 손실을 야기할 수 있다. 과거에는 비동기 전송모드 같은 결정적 기술이 정확한 시간과 버퍼 복원력을 제공하여 지터나 지연이 전혀 없이 완벽하게 데이터를 전송했다. 무인체계와 DISN은 무인이동체에서부터 각 무인 제어 세그먼트, 다양한 네트워크, 최종 사용자인 임무 협력자에 이르기까지 그 사이에 있는 가장 민감한 센서들 사이에서 패킷 손실이 전혀 없는 유사한 네트워크를 개발하여 제공해야 한다.

DISN 코어 연결은 모든 운용 가능한 환경에서 즉시 사용하기는 어려울 것이다. 배치된 여러 무인체계의 네트워킹을 통해 비가시선(Non-Line-Of-Sight, NLOS), 시가지, 적대적 또는 잡음이 심한 EMS 환경에서 체계의 접속성을 강화하여 수집된 정보를 GIG로 중계 또는 전송해야 할 것이다. 현재 구상 중인 네트워크 개념에는 재밍 탐지에 대응할 때 드문 드문 연결된 방향성 네트워크에 대해 토폴로지(topology) 제어 알고리즘을 사용, 전파방해기를 탐지하는 인지 알고리즘을 개발, 방향성 네트워크에 탄력 있는 토폴로지 제어를 활용, IP 기반, 자율적, 자기 조직화(self-organizing), 서로 다른 종류의 네트워크를 사용, 분리된 독립 네트워크(즉, 리치백(reach back) 없는) 내에서 UAS에 LOS 제어를 제공 등이 포함되어 있다. 2012년에 공군은 Net-T 시연에 포함된 몇 가지 지상노드와 UAS 네트워크를 시연하였다. 또 다른 개념은 국방 고등연구기획국(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)의 LANdroids 사업<sup>49)</sup>에 포함된 것으로 이 사업은 그 기동성을 활용해 자율적으로 이동할 수 있는 소형, 저가, 지능형 로봇 무선 네트워크 중계 노드의 배치가

49) 출처: <http://www.darpa.mil/ipto/programs/ld/ld.asp>.

필요하다. 이 사업을 통해 자가 구성, 자가 최적화, 자가 치유, 테더링(tethering), 전력 관리 능력을 시연할 계획이다. 향후 네트워크 구성에 SOA 접근 방식을 적용하고 멀티캐스트 통신기술을 이용해 반자율 및 자율 협력을 지원하는 데 관심이 있다.

#### 4.3.7 안테나

기동성이 뛰어난 체계와 통신하기 위해서는 이득이 높고, 견고하며, 저렴하고 또한 여러 방향으로 전송할 수 있는 안테나가 필요하다. 규모가 더 큰 UAS는 더 멀리 떨어진 체계와 연결하기 위해 고도로 집중된 빔을 사용할 수도 있다.<sup>50)</sup> 위상배열 안테나와 “스마트(smart)”(여러 안테나 신호를 결합 포함) 안테나가 발달하면서 전통적인 접시형 안테나를 대신할 수 있지만, 이러한 안테나는 SWaP-C 항목에서 트레이드 오프(trade off)가 필요하다. 국방부와 산업계는 다중 초점 및 과냉각 안테나 체계 같은 기법도 계속 개발해야 한다.

향후 안테나 체계는 광대역 주파수 신호를 수신할 수 있어야 하며 동시에 주파수를 선별할 수 있어야 한다(4.3.13 참조). 따라서 위상배열이 타당한 접근방법이다. 동적 제어(예: 널(null) 재머) 요소(~ 9개 요소) 배열은 현재 사용할 수 있으나, 훨씬 더 많은 수의 등각 요소(예: 메타 물질 사용)와 이동체 표면에 몰딩되는 요소가 개발 중에 있다(2020).

SWaP-C와 로우 프로파일(low-profile) 측면이 주요 개발 영역이다. 공통 구경을 사용할 경우 코사이트(co-site) 간섭 효과를 최소화하고 인접 주파수 대역 내에서 동시에 송수신할 수 있는 잠재력을 높이는 새로운 간섭 완화 방법을 개발해야 한다.

#### 4.3.8 송신기/수신기 시스템

향후 송신기/수신기는 상호운용성, 복원력, 효율, 운용 유연성이 향상되어야 한다. 가급적 향후 BLOS 통신기는 상용 Ku 대역과 군용 Ka 대역 연결을 모두 지원해야 한다.

50) 이 연결에 GPS(위성 위치 확인 시스템)를 사용할 수 있을 것이다.

해군의 Triton과 육군의 Gray Eagle 같은 사업은 이미 이 방향으로 진행되고 있다. 이러한 하드웨어는 운용환경 전반에서 유연성을 극대화하고 열악한 환경에서 체계의 복원력을 높여줄 것이다. 무인센서 플랫폼에 다중 대역 단말기를 사용할 경우에 발생하는 어려움은 기술적 제한이 아니라 예산의 제한 때문이다. 무인 플랫폼의 다중 대역 단말기를 개량하거나 새로 설치할 때 상당한 선불 비용이 발생한다. 그러나 이러한 체계의 수명주기 비용은 비용이 높은 상용 임대 SATCOM 대역폭에 계속 의존하여 운용을 지원하는 Ku 대역 전용 플랫폼의 수명주기 비용보다 낮다. 그리고 모든 플랫폼은 다중 대역 LOS 통신기 사용을 고려해야 한다. 이 전략은 경쟁할 수도 있는 위성자원의 연결 대안을 제공하고, 링크 다양성/복원력을 향상시키며, 향후 지상 및 공중(예: 합동 공중 레이어 네트워크(Joint Aerial Layer Network, JALN)) 중계노드와의 접속을 향상시킨다. 송신기/수신기 시스템에 관한 이 광범위한 지침 외에도 다음과 같은 권고안도 제시된다.

- **송신기.** 현재 송신기의 반도체증폭기(Solid-State Power Amplifier, SSPA)는 일반적으로 갈륨비소(Gallium Arsenide, GaAs) 기판 재질이다. 현재 개발 중인 질화갈륨(Gallium Nitride, GaN) SSPA는 GaAs SSPA보다 장점이 많다. GaN SSPA는 효율이 GaAs 증폭기의 두 배 이상이며, 증폭기 운용대역을 증가시켜, 더 광범위한 운용주파수를 제공할 수 있다. GaN 시스템의 높은 전송 효율은 냉각 요구도 줄여줄 것이다. 이러한 편익을 달성하기 위해 증폭기를 설계할 때 증폭기에서 요구되는 순간 전력에 맞게 조절되는 적응형 동작점 제어장치를 포함시킨다. 이렇게 설계를 강화하면 사용하지 않을 때는 전력이 자동으로 차단되면서 순간 전력이 더 높을 때 왜곡을 최소화할 수 있도록 조절해 적정상태로 유지시켜 송신기의 고출력 증폭기(High-Power Amplifier, HPA)에 필요한 평균 주 전력을 크게 줄일 수 있다. GaN 기술은 현재 선택된 주파수 대역에서 사용할 수 있으며, 조만간 실전에 배치할 수 있을 것이다(2014). HPA는 신호처리 기반의 신호 사전 왜곡 기법을 사용하여 증폭기의 전송특성의 기본 비선형성을 보상할 수도 있다. 항재밍 및 RF 간섭 위험을 낮추기 위해 주파수 도약 특성을 계속 개발해야 한다.
- **수신기.** 순간 대역폭 성능과 아날로그-디지털 변환기 샘플링 속도는 해마다 계속 향상되고 있다.<sup>51)</sup> 그리고 집적 칩 제조 방법도 향상되어 부품 크기와 수가 크게 줄었고, 다양한 송수신 및 안테나 기능과 구성요소를 단일 칩에 통합할 수 있게 되었다(2013). 이러한 수신기에 더 높은 시스템 선택성, 우수한 불요신호 특성(인접 채널 및 오프 채널에서의 부정적인 전자기 환경 영향(E3)에서 80dB~90dB 이상),

51) Lundberg, Kent H., High-Speed Analog-to-Digital Converter Survey, MIT Press, 2002년.

불리한 E3에 대한 저항성을 통합해야 한다. 안테나 및 신호처리 하드웨어 사이의 데이터 및 신호 전송 속도를 높이는 데 광섬유가 사용되었다(2012).<sup>52)</sup> MEMS (Micro Electro-Mechanical System)의 개발로 더 작고, 유연성이 높으며, 성능이 더 우수한(100배 이상) 수신기를 설계할 수 있다(2015). 이러한 수신기는 RF 앞단의 감도를 크게 저하시키는 인접 고출력 송신기가 있을 때에도 작동할 수 있어야 하며, 조정할 수 있는 아날로그 프리셀렉터(preselector) 필터링(혁신적으로 낮은 SWAP-C 기술 사용)을 통해 감도가 둔해지는 것을 줄일 수 있을 것이다. 미래 개발품은 신뢰성과 제조 수율이 향상되고, 열 특성·통합 복잡성·생산비는 저하될 것으로 예상된다.

- **송신/수신시스템.** 이러한 시스템에서는 모놀리식 마이크로파 집적회로(Monolithic Microwave Integrated Circuit, MMIC)를 사용하는 공간 전력, 결합, 고출력, 반도체 증폭기 같은 신기술이 강조될 것이다. MMIC(간혹 “미믹(mimic)”으로 읽음)은 마이크로파 주파수(300MHz~300 GHz)에서 작동되는 일종의 집적회로 장치이며 일반적으로 마이크로파 혼합, 출력 증폭, 저잡음 증폭, 고주파 스위칭 같은 기능을 수행한다. MMIC은 일반 집적회로보다 크기가 작고 저렴하다.

소프트웨어 정의 무전기를 포함하여 최근 개발로 다양한 기술이 나왔으나, 이 기술의 공식적인 표준은 아직 개발된 것이 없다. 최근에 VITA 49 무선 전송(Radio Transport, VRT) 표준<sup>53)</sup>이 상호운용성 딜레마의 해법으로 제안되었다. 이 표준은 RF 스펙트럼의 분석과 RF 방출 위치 확인에 사용할 수 있는 상호 운용성 체계를 제공한다. 이 체계는 IF 데이터 패킷의 시간 표시(time-stamped) 신호 데이터와 콘텍스트 패킷의 메타데이터를 전달하는 전송 프로토콜을 기반으로 한다. 이 프로토콜은 특정 하드웨어 구현에서 수신기 데이터를 추출하므로, 이를 이용해 수신기 아키텍처, 제조업체 및 물리적 링크와 상관없이 공통 소프트웨어 모음을 개발할 수 있다.

#### 4.3.9 UMS 통신

해양의 역동성은 수중 및 해상통신을 어렵게 하는데 이는 UUV와 USV에만 있는 특성이 다. 그러나 UUV와 USV 통신 요구 사항 사이에는 큰 차이가 있다. UUV는 자율성이 매우

52) DARPA 광학 RF 통신 부가물 및 해군 연구실의 지원 능력 사업을 참조한다. 이 응용은 공중체계보다는 지상 기반체계용이다. 이 응용은 신호 손실도 크게 줄여 선택된 구성요소의 배치가 더욱 유리하다.

53) Robert Normoyle(DRS-Signal Solutions)의 작업 참조.

높고 해상에서 활동하는 USV보다 필요한 대역폭이 작다. USV는 충돌 규정과 안전 때문에 워치스탠더(watchstander)에게 생생한 피드백을 전송해야 하며, 이를 위해 상당한 대역폭이 필요하다. 자율성의 신뢰도가 향상되면 대역폭이 감소할 수 있으나, USV는 임무 유형 때문에 항상 더 높은 대역폭이 필요할 것으로 예상된다. 예를 들어, USV는 일반적으로 운전자/무기 담당자가 능동적으로 감독해야 하는 해상표적과의 교전에 사용될 것이다.

UUV는 임무 달성에 지장을 주지 않는 향상된 실시간, 양방향 통신의 개발로 효율과 효과가 강화될 것이다. 해군의 수중 우위 로드맵(Undersea Dominance Roadmap)(2012년 발간)에는 UUV, 분산 네트워크체계(distributed netted system), 전술 플랫폼을 연결하는 현재 및 미래 아키텍처가 규명되어 있다. 해군은 계획한 연안 전투공간 감시용 UUV 150척의 최초 생산을 시작했다. 이 UUV는 최대 6개월 동안 자율 감시임무를 완수할 수 있다. 첨단 UUV 센서와 비밀 통신, 지연시간이 짧은 통신 및 네트워킹 능력으로 상황이 달라질 것으로 본다.<sup>54)</sup> 해군 연구실의 S&T 연구개발 노력을 통해 미래 개발제품이 나올 것이다.

#### 4.3.10 스펙트럼 고려사항

EMS는 국가<sup>55)</sup> 및 국제<sup>56)</sup> 수준에서 상당한 규제를 받는다. 연방 획득규정 및 예산 관리국 정책에서는 스펙트럼 의존형 체계(Spectrum-Dependent System, SDS)에 자금이 지원되기 전에 미국 스펙트럼 승인을 받도록 규정하고 있다. 국방부 정책과 군 기관 규정에 따라 기술 매개변수를 국가 스펙트럼 승인 절차와 주둔국 승인 절차에 따라 사전 승인을 받은 후에만 미국이나 기타 국가에서 스펙트럼을 운용할 수 있다. 레이더 같은 다양한 공중 통신체계와 능동센서는 미국 및 주둔국 스펙트럼 규정과 기술 표준에 따라 설계·제작되어, 실전에 배치된 후 제대로 기능을 수행하고 있으나, 규정을 준수하지 않는 상태로 실전에 배치되어 최종 운용 제약을 충족하지 않는 체계와 센서도 많다.

54) 해군의 업데이트된 UUV 로드맵.

55) 미국 정부에 관한 내용은 국가 전기통신정보국의 연방 무선주파수 관리 규정 및 절차 매뉴얼을 참조한다. Washington, DC, 2008년 1월판, 2009년 9월 개정(47 CFR 300.10에 따라 참고문헌에 포함됨).

56) 국제 전기통신연합(International Telecommunication Union, ITU), 무선 규정, 스위스 제네바, 2007년판.

미군의 작전은 현재 C2, 센서, 데이터링크 시스템에 적합한 스펙트럼을 사용할 수 없는 세계 여러 지역에서 진행되고 있다. 미국, 협력국 및 연합군이 현재 임무영역을 처리하기 위해 배치하고 향후 예상되는 임무영역을 처리하기 위해 배치할 수 있는 SDS 수가 상당히 증가했다. 그리고 이러한 SDS는 더 많은 정보를 수집하며, 정보를 전투원에게 직접 전송할 때 더 많은 대역폭이 필요한 임무를 수행하는 경우가 많다. 그리고 점차 배경잡음이 많고 적대적으로 바뀌는 스펙트럼 환경 때문에 임무영역의 스펙트럼 잡음이 증가하고 있다. 따라서 DoD SDS에는 스펙트럼 효율과 효과의 개선에 대한 요구가 지속되고 있다.<sup>57)</sup> 모든 무인체계는 DoDI 4650.01에 따라 개발과정에서 스펙트럼 지원 및 위협평가(Spectrum Supportability and Risk Assessment, SSRA)를 완료해야 한다. SSRA는 규제, 기술 및 운용 스펙트럼 지원 가능성을 확인하여 이를 완화하는 것이다. 국가 및 국제 스펙트럼 규정과 정책이 급변할 수 있으므로<sup>58)</sup> 개발자들은 통신체계 설계를 완료하기 전에 해당 국방부 스펙트럼 관리국과의 긴밀한 연락을 유지해야 한다.

NAS의 분리되지 않은 부분에서 국방부 UAS 운용을 확대하는 것에 대한 관심이 크다. 이 확대는 비행의 안전성 및 규제 요구 사항 때문에 특정 유형의 스펙트럼 할당을 사용하여 C2와 감지·회피(Sense And Avoid, SAA) 기능을 수행해야 할 것이다. 우선 할당은 민간 항공기관에서 주의 깊게 관리하며 남겨둔 할당이다. 필요할 경우 정부 사용자가 대체 할당을 사용할 수 있다. 단, 동일한 보호 수준이 입증되어야 한다. 이 동일한 수준에는 신뢰성과 데이터 지연 같은 더 높은 성능 사양이 포함될 수 있다.

원격 위치에서 UGS를 운용할 때는 LOS와 NLOS 조건을 조정하여 전투원에게 상황 인식과 정찰 정보를 제공해야 한다. 한정된 지역, 출입문 등을 처리할 때 필요한 근 실시간 영상을 지원하기 위해서는 광대역 주파수가 필요하다. UGS 운용으로 다양한 임무를 지원할 때는 정확한 주파수의 가용성이 매우 중요하다. 이 가용성은 주둔국의 국경 내 스펙트럼 할당과 지정, SDS 운용 요구 사항, 혼잡 등 여러 요인으로 결정된다. 해당 SSRA의 결과에 따라 다중 대역 운용에 맞게 SDS를 계획하고 설계해야 하며, SDS는 뛰어난

57) 앞으로 모든 신규 및 수정된 SDS 사업은 마일스톤 A 전에 SSRA를 실시해야 한다(출처: DoDI 4650.01).

58) 비교적 단기 스펙트럼 사용 변화는 ITU와 그 2012년 전 세계 무선통신컨퍼런스(Worldwide Radiocommunication Conference, WRC)에서 나타났으며 UAS 스펙트럼 사용이 컨퍼런스 의제 중 하나였다. UAS용 주파수 대역 사용 변화도 FAA와 국제 민간 항공 기구(International Civil Aeronautics Organization, ICAO)에서 2015년에 열릴 WRC 준비 과정에서 NAS 공역 및 다른 국가 공역에서 UAS 운용의 일환으로 나타날 수 있다.



조정 유연성을 제공하여 전 세계 사용을 극대화해야 할 것이다.

DARPA의 차세대 프로젝트와 그 후속 WNaN(Wireless Network after Next) 사업으로 동적 스펙트럼 접근(Dynamic Spectrum Access, DSA)의 타당성이 입증되었다. DSA는 다른 인접 SDS가 특정 대역을 실제로 사용하는지 여부에 따라 주파수 대역을 변경하여 사용할 수 있는 능력을 제공한다. 육군도 WNaN을 육군 POR에 포함시킬 것을 고려하고 있다. 그러나 최근 공군 과학자문위원회 연구에서는 DSA가 입증되지 않은 기술이라고 밝혔다. 개발 과제에는 대응책에 대한 감응성, 기존 체계와의 통합 비용, 표준 개발(규제 측면 포함), 코사이트(co-site) 간섭이 포함된다(2015).

#### 4.3.11 파형

국방부 정책에 따라, CDL은 ISR 센서를 장착한 모든 공중 유인·무인 플랫폼의 국방부 표준 파형이다. 전술 CDL 장비를 포함해 모든 종류의 ISR 광대역 단말기는 사양 7681990과 기본 사양 60038365를 따라야 한다.<sup>59)</sup> 그리고 광대역 단말기 종류는 사양 60038368의 최신 개정본을 준수해야 한다.<sup>60)</sup> 통신능력을 업그레이드하는 기존 ISR 사업은 해당 CDL 사양의 최신 개정본을 준수해야 하며, 현재 상호운용이 가능한 CDL 버전을 시행하지 않는 체계는 이전 계획을 개발하여 국방부 CIO와 USD(I)의 검토를 받아야 한다. 이러한 요구 사항으로부터의 면제는 USD(AT&L)의 승인을 받아야 한다.

파형 사양의 CDL 계열(현재 다섯 종류)에 따라 단말기가 S, C, X, Ku, Ka 대역에서 작동할 수 있다. 기타 대역은 현재 고려 중이며(그림 16 참조), 여러 공중·지상 ISR 플랫폼에 사용되고 있다. 현재 계획은 CDL을 점대점 능력에서 향상시키는 것이다. 단기 추가 능력 계획에는 첨단 암호화 솔루션(전략 및 전술 수준에서 임무 재할당을 지원하는 민첩하고 역동적인 키 분배 방법 포함), 동적 적응 파형 매개변수, A2/AD 요구 사항(항

59) 사양 번호 7681990, 표준 공통 데이터링크(Standard Common Data Link, Std-CDL) 파형용 성능 사양(2009년 11월)과 사양 번호 60038365, 네트워크 중심 공통 데이터링크용 최고 사양(Capstone Specification for the Network-Centric Common Data Link, CAPSTONE)(2007년 11월).

60) 사양 번호 60038368, 광대역 효율-공통 데이터링크(Bandwidth Efficient-Common Data Link, BE-CDL) 파형용 성능 사양(2011년 5월).

재밍, 저 피탐지(Low Probability of Intercept/Low Probability of Detection, LPI/LPD))이 포함된다. 중기(2019년) 계획에는 새로운 네트워킹 기능이 포함된다(예: 자가 치유 및 자가 구성, 임시 네트워킹, 교란 억제 네트워킹, 동적 및 다중 접속 네트워크 관리). 장기(2020년 이후) 계획에는 자율 정책 기반 네트워크 관리와 인지 CDL이 포함된다. CDL 파형 변경은 DoDI 4630.09<sup>61)</sup>를 준수해야 한다.

### 17.2–50.2 GHz SSRA

(JSC 보고서 DSO-CR-12-022)

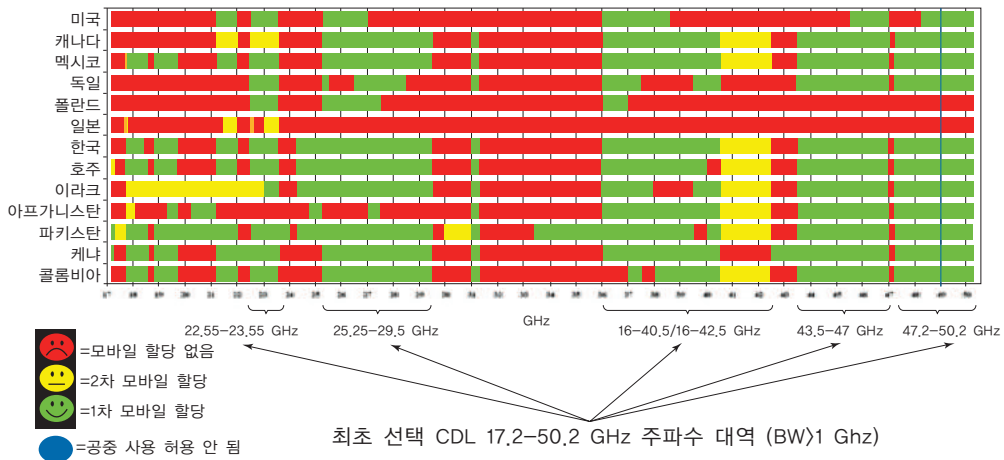


그림 16 다양한 주둔국에서 더 넓은 주파수 범위의 스펙트럼 지원 획득 가능성

크기, 중량 및 전력 고려사항 때문에 사용 가능한 소형 CDL 기술보다 데이터링크 단말기가 더 작아야 하는 소형 무인항공체계(Small Unmanned Aircraft System, SUAS)는 OUSD(AT&L)의 면제 검토 후에 이 정책에서 제외될 것이다. 그리고 국방부의 네트워크 중심 정책을 달성하고 효율적인 스펙트럼 사용, 암호화 포함, 상호운용성 요구 사항을 지원하도록 SUAS를 전환하기 위해 국방부 CIO와 USD(I)는 SUAS 데이터링크 솔루션을 검토하고 승인한 후에 획득할 것이다. 소형 CDL 단말기는 크기, 중량 및 소비전력이 충분히 작아 약 30lbs 이하의 이동체에서 사용할 수 있을 것이다. 모든 CDL 단말기는 승인

61) DoDI 4630.09, 무선 통신 파형 개발 및 관리, 2008년 11월 3일

된 암호화 능력이 필요하다(DoDI S-4660.04). 암호화 정책을 준용하지 않는 CDL 단말기가 NSA를 지원하려면 국방부 CIO와 USD(I)의 검토를 받아야 한다.

CDL 사업은 상호운용성을 증진하고, 인터페이스 구현을 표준화하며, 산업 표준(USIP 및 기타 상용 개발/유지관리 표준 포함) 준수를 장려하고, 공개 표준의 사용을 극대화할 것이다. 향후 CDL 기술은 파형, 소프트웨어 및 하드웨어의 재사용을 촉진하여 새로운 개발(즉, 처음부터 생성되는 항목)의 양이 감소할 것이다. 각 군은 경쟁 획득 방식으로 CDL 시스템을 조달하게 되며, 새로운 CDL 개발에는 기술 데이터와 소프트웨어에 대한 무제한 권리가 포함되어야 한다.

#### 4.3.12 다중 입력, 다중 출력(MIMO) 시스템

MIMO는 입증된 기술이며 현재 30노트 이하로 이동하는 상용 4세대(4G) 무선체계에 사용되고 있다. 이것은 최대 300Mbps의 데이터 전송률로 시험을 수행했다.<sup>62)</sup> MIMO는 정보 이론, 데이터 전송 오류 제어 코딩, 신호처리 및 전파 이론을 결합시킨 것이다, 따라서 MIMO 후단의 수학과 공간-시간 코딩이 복잡하다. MIMO는 데이터 전송률이 더 낮은 여러 경로(군이 독립될 필요는 없음)를 사용하고, 공간-시간 코딩과 용량을 최적화하여 전체 데이터 전송률이 높은 임무를 달성하고, 재머 마진(margin)에 소비전력을 줄이고, 유리한 조건과 불리한 조건에서의 성능을 평가한다.

전자적 증거 제시(electronic discovery), 인터페이스 설계, 적응형 프로토콜이 더 향상되면 자가 구성 및 자가 치유 메시 네트워크를 이용해 무인체계가 다중 플랫폼, 다중 센서 네트워크에서 운용할 수 있을 것이다.

62) UAS 적용 조건은 상용 휴대전화와 상당히 다르다.

### 4.3.13 전자기 환경 영향(E3)

전자시스템은 다양한 자연적 또는 인위적(적군의 EW와 아군의 EW 대응책 포함) 환경요인으로 발생할 수 있는 E3에 의해 쉽게 손상될 수 있다.<sup>63)</sup> E3 응용에는 전체 운반체 전자기 감응성 분석, 외함 차폐효과 계산, 시험장치 설계·평가 및 자유공간 환경으로의 정규화(예: 번개 접지도체시스템), 케이블 설계 및 차폐 전달 임피던스 추출, 복잡한 케이블시스템에서 유도전류 및 전압 예측, 전자기 간섭(Electromagnetic Interference, EMI) 필터·페라이트 및 비선형 과도상태 보호회로 등이 포함된다. 국방부 E3 핸드북<sup>64)</sup>에는 E3 제어 및 EMC 대책을 수명주기 동안 필요한 EMC 수준을 달성하도록 항목의 개발 및 운용절차에 포함시키는 과제에 대한 설명이 나온다. 합동 E3 제어 전략은 개발 및 획득 과정에서 적절한 예산 지원을 통해 전자기 간섭에 취약한 장비 설계를 없애거나 피해야 한다는 것을 인정하고, 기존의 “종료 기준(exit criteria)”과 함께 “게이팅(gating)”이라고 하는 긍정적인 제어 방법을 사용하여 E3 제어 대책의 계획과 적용을 모니터링할 것을 제안한다.

심각한 문제는 통신 요구가 계속 증가함에 따라 간섭에 따른 성능 저하도 비슷한 속도로 증가한다는 것이다. 동적 범위가 넓은 아주 민감한 무선 수신기를 설계하기가 쉽지 않지만 비슷한 수준의 E3 복원력의 발전 없는 통신시스템의 전송은 무인체계의 연속 운용을 보장하지 못할 것이다.

### 4.3.14 광통신

무인체계 통신에 레이저를 적용하면 표적 탐지능력이 향상되고, 항재밍 성능, LPI/LPD가 향상되며, 통신 하위체계 내 EMI가 감소할 수 있다. Global Hawk, 보잉사의 Phantom Eye 및 X-37B 같은 고도 비행 무인이동체를 사용할 때는 광학 라우터가 더 실용적일

63) 이러한 요인에는 전자기 펄스(electromagnetic pulse, EMP), 무선 주파수 간섭, 고강도 방사 영역(high-intensity radiated field, HIRF), 전자기 간섭(electromagnetic interference, EMI), 정전기 방전(electrostatic discharge, ESD), 낙뢰, P-STATIC (Precipitation-STATIC)이 포함될 수 있다. 기타 우려에는 병력, 무기, 휘발성 물질에 대한 전자기 방사 위험이 포함된다 (RADHAZ).

64) MIL-STD-464, MIL-STD-461F, MIL-HDBK-237B, 플랫폼, 체계 및 장비에 대한 전자기 환경 영향 제어 지침.

것이다. 광통신체계는 대기 흡수 문제로 지장을 받지만 훨씬 더 높은 대역폭(초당 기가비트) 통신을 할 수 있다. LOS 광학 링크는 50km가 넘는 링크 범위에서 시연을 성공리에 마쳤다. 이는 고정 위치와 공대공 및 선박 간 시나리오에 응용할 수 있을 것이다. 이론적 추정을 통해 공대지 연결은 대기 조건에 따라 링크 사선거리가 최대 100km일 때 최대 100Mbit/s의 속도에서 타당성이 있는 것으로 확인되었다. 이러한 체계는 빔폭이 매우 좁아 이동하는 무인체계를 지시하거나, 무인체계에서 이러한 체계를 지시하는 정확도를 유지하는 것이 큰 어려움이 될 수 있다(2020 이상). 최근에 완료된 DARPA 사업인 자유공간 광학 실험 네트워크 실험에서는 하이브리드 광학/RF 통신 기술을 사용하여 공대공(범위 200km 이상, 데이터 전송률: 3Gb/sec~6Gb/sec)과 공대지(편향 범위: 130km 이상, 3Gb/sec~9Gb/sec) 점대점 통신을 시연하였다.

#### 4.3.15 첨단 항법 개발

DARPA<sup>65)</sup>는 운동학적이며(힘과 양을 고려하지 않은 변위, 속도, 가속도 사이의 관계), 효과를 크게 향상시키는 첨단 항법 전략 두 가지를 연구하고 있다.

정밀 관성항법체계(Precision Inertial Navigation System, PINS) 사업은 GPS 업데이트 대안으로 초저온 원자 간섭계를 사용할 계획이다. 지난 20년 동안 원자물리학이 발전하면서 과학자들은 초저온 원자에서 물질파(matter wave)를 정교하게 생성하는 것을 포함해 원자의 외부 양자 상태를 훨씬 잘 제어할 수 있게 되었다. 이 발전은 물질파 간섭 기법의 개발로 이어져 고정밀 원자 가속도계 및 자이로스코프를 포함해 물질에 작용하는 힘을 측정할 수 있게 되었다. 이 기술을 사용하여 전보다 표류율(drift rate)은 낮으면서도 여러 가지 과학과 기술적인 문제를 해결하는 관성항법체계를 개발할 계획이다. 이 사업은 2013년에 전체 체계의 부피가 20리터 미만인 항공기에서 고정밀 원자간섭계 관성항법체계를 시연할 계획이다. 이 획기적인 장비는 전체 관성체계에 적용되므로 플랫폼과의 송수신이 필요하지 않아, GPS에 가까운 정확도를 지닌 항재밍(jam-proof), 신호를 방출하지 않는 관성항법체계를 향후 군 잠수함·항공기 및 미사일에 사용할 수 있을 것이다.

65) 연락 대상자는 Stefanie Tompkins 박사이다.

이 사업은 원자가 완벽에 가까운 관성 기준계(센서 케이스 없음)에 있고 레이저/원자 물리학의 상호작용으로 관성계와 센서 케이스 사이의 상대운동을 결정하는 향상된 중력 경도 측정기, 가속도계, 자이로스코프를 개발했다. 센서 정확도는 광파면(optical wave front)을 사용하여 상대운동을 결정하기에 가능한 것이다.

HiDRA(High Dynamic Range Atom, 고 동적영역 원자) (센서) 사업은 관성측정장치(Inertial Measurement Unit, IMU)가 20m/h, 10g, 100  $\mu$ /s, <4L 센서, <20L 체계의 정확도를 제공하는 동적 플랫폼에 사용되는 소형 센서를 개발할 계획이다. 일반 센서에 비해 가속도계와 자이로스코프용 공통 기술을 제공하고, 높은 중력가속도 환경에서 높은 감도와 선형성을 제공하고, 제작 및 유지관리 비용 효과를 높여줄 것이다. PINS II 센서에 비해 다중 축, 높은 중력가속도 작동, 소형 센서 헤드, 일체형 레이저 시스템/센서 헤드, 고반복률 작동용 FPGA(Field-Programmable Gate Array) 타이밍 시스템, 원자 재포착, 짧은 변조주기의 산란광 억제, 다중 펄스 빔 분할장치(선택사항)에서 사용될 것이다.

#### 4.3.16 향상된 GPS 운용

NGA는 GPS 궤도/시간 추정용 EPOCH(A Estimation and Prediction of Orbits and Clocks to High Accuracy; 궤도와 시간의 고정밀 추정 및 예측) 실시간 소프트웨어를 개발했다. 이 소프트웨어를 이용해 여러 플랫폼의 GPS 위치 확인 정확도를 높일 수 있다. NGA EPOCHA 제품을 사용하여 좀 더 최신 정보를 좀 더 빨리 제공하여 위치 추정 능력을 향상시킬 수 있다. 이 개념은 사후 신호처리에서 시연되었으며, 그 결과로 정확도 향상이 확인되었다. 이것을 기존 또는 향후 체계 내에 통합할지 아직 결정되지 않았다. EPOCHA 실시간 군 플랫폼 지원용 최초 운용능력(Initial Operational Capability, IOC)은 2014 회계연도(2013년 10월)로 메시지 업데이트 속도는 5분이다. 전체 운용능력(FOC)은 2016 회계연도(2015년 10월)까지로 예정되어 있으며, 메시지 업데이트 속도는 30초이다.

많은 UAS가 GPS를 이용해 위치 확인, 항법 및 시간 동기(Positioning, Navigation, and Timing, PNT)를 실시한다. 현재 국방부는 암호화된 GPS 데이터 및 위성 인증을 제공하여 SAASM(Selective Availability Anti-Spoofing Module)이 GPS 취약성을 줄이므로 SAASM GPS<sup>(6)</sup>

가 필요하다. 조만간 M 코드 GPS라고 하는 군용 GPS를 사용할 수 있게 될 것이다. M 코드 GPS는 2017 회계연도에 시작되는 모든 신규 획득에 필요하다.<sup>67)</sup> M 코드 신호는 항재밍 성능이 더 우수하고 인증, 기밀 유지 및 키 배포 기능이 향상되었다. 위치 확인에 GPS를 의존하는 이전 체계와 달리 M 코드 GPS는 M 코드 신호만 사용하여 PNT를 별도로 계산할 수 있다.

#### 4.3.17 비용 효과 고려사항

국방부가 원하는 것은 현장 또는 미국 및 그 영토 내에서 무인체계를 운용하여 통신 및 능동 센서 체계의 제약이 임무 완수에 지장을 주지 않는 것이다. 특히 국방부는 통신 전송 효율을 크게 향상시키고, 대역폭 효율이 더 우수하고, 송·수신기 효율을 높이며, 작고 가벼우며, 소모전력이 적고, 냉각을 조금만 하더라도 제대로 작동하는 통신체계를 획득하고, 더 광범위한 주파수에서 신호를 수신할 수 있으면서 주파수 선택성을 계속 갖는 고이득 안테나를 획득해야 한다.

또한 무인체계 사업은 가급적 기존 국방부 엔터프라이즈 시설을 활용하여 별도의 플랫폼 중심의 통신 인프라를 구축하는 일을 피해야 한다. 무인체계의 현재 및 미래 작전 환경에서도 광범위한 SATCOM 능력에 대한 접근이 요구될 것이다. 이러한 무인체계 운용 계획 및 예산에는 광범위한 운용 시나리오에서 예상 SATCOM 대역폭(군용과 상용 모두)의 실제 평가가 고려되어야 한다. 무인체계에 대한 투자는 무인체계 운용을 지원해야 하는 군용 및 상용 SATCOM 능력에 대한 적절한 투자와 조화를 이루어야 한다.

#### 4.3.18 향후 동향

무인체계가 전투부대에 제공해 온 전투력 배가효과를 토대로 통신체계가 지원하는 능력에 대한 요구가 계속 증가할 것으로 예상된다. 이러한 요구에는 무인체계가 할당된 여러 기능을 자율적으로 수행할 때 단일 사용자 행위를 여러 상황에서 좀 더 실시간으로

66) 관련 SAASM GPS 정책에는 국방부 GPS 보안 정책(2006년 4월 4일)과 합동 참모 회의 의장의 위치 확인, 항법 및 시간 동기 종합 계획(2007년 4월 13일)이 포함된다.

67) M 코드 GPS 명령은 공법 111-383, 913항에 명시되어 있다.

분석할 수 있는 것과 같은 능력이 포함된다. 향후 통신장비는 권한이 있는 국방부 소비자가 임무정보를 신속하게 검색하고 활용할 수 있도록 간편하고, 빠르고, 적은 비용으로 개조·업데이트·개량하여 전 세계 가용 엔터프라이즈 능력(예: 게이트웨이, 데이터 센터)에 연결되는 단순한 플러그 앤 플레이 방식의 탑재체여야 한다.

#### 4.3.19 모바일 기술

모바일 기술 프로그램은 신속한 정부 상용 응용제품 개발, 컴퓨팅 플랫폼을 태블릿과 스마트폰으로 전환, 정보·데이터·음성 전송을 배포하는 4G 셀룰러 인프라를 추구하고 있다. 상업적 기업이 개발하여 지원하는 장치를 활용하면, 상당한 비용 절감과 인프라를 통해 대규모 관료적 네트워크 또는 능력에 세금을 투입하지 않고 임무를 달성할 수 있다.

#### 4.3.20 요약

몇 가지 조치를 통해 향후 무인체계 통신 인프라가 직면하는 문제를 해결할 수 있다. 무인체계 엔터프라이즈 관리를 중앙 집중화하여 경제성을 높일 수 있다. C4 전송 및 네트워크 인프라를 중앙 집중식으로 관리하면, 체계 가용성을 크게 높이고 부족한 체계 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 여러 체계 자산을 공통으로 관리하면 센서 플랫폼의 네트워크 이중화, 복원력 및 경로 다양화 효과를 얻게 된다. 그리고 발사 및 회수 시 주파수 사용 유연성도 향상될 것이다. 향후 아키텍처 솔루션의 경제성을 고려할 때 상호운용성이 주요 요소가 되어야 한다. 아키텍처는 이중 스토브파이프 솔루션에서 기존의 엔터프라이즈 SATCOM, 게이트웨이 및 지상 네트워크 자산으로 전환해야 한다. 공통 IP 모뎀(예: JIPM)이 네트워크 중심 체계 능력의 표준이 되어야 한다. 향후 상용 서비스는 좀 더 혁신적인 전략을 통해 조달되어야 한다(예: FSCA 임대, 상용 게이트웨이에 상호 접속 위치 접근). 그리고 운용 스펙트럼을 군사 Ka 대역으로 확대하고 GIG 투입 지점을 포함한 JALN 같은 공중 네트워킹 능력을 활용하여 통신자원의 공동 이용도를 강화할 수 있다.

공개 표준과 인터페이스 정의는 무인체계 통신 인프라의 상호운용성 문제를 완화하는 열쇠가 된다. 공개 표준 및 정부 소유 데이터 권리를 강력히 주장하면 이종 무인체계 플랫폼 사이에서 공통 구성요소의 활용과 시설의 재사용이 촉진될 것이다. 정부 소유 엔터프라이즈 자산(예: WGS, 국방부 엔터프라이즈 게이트웨이, DISN 코어)을 사용하면 통신 인프라 통합에 도움이 될 것이다.

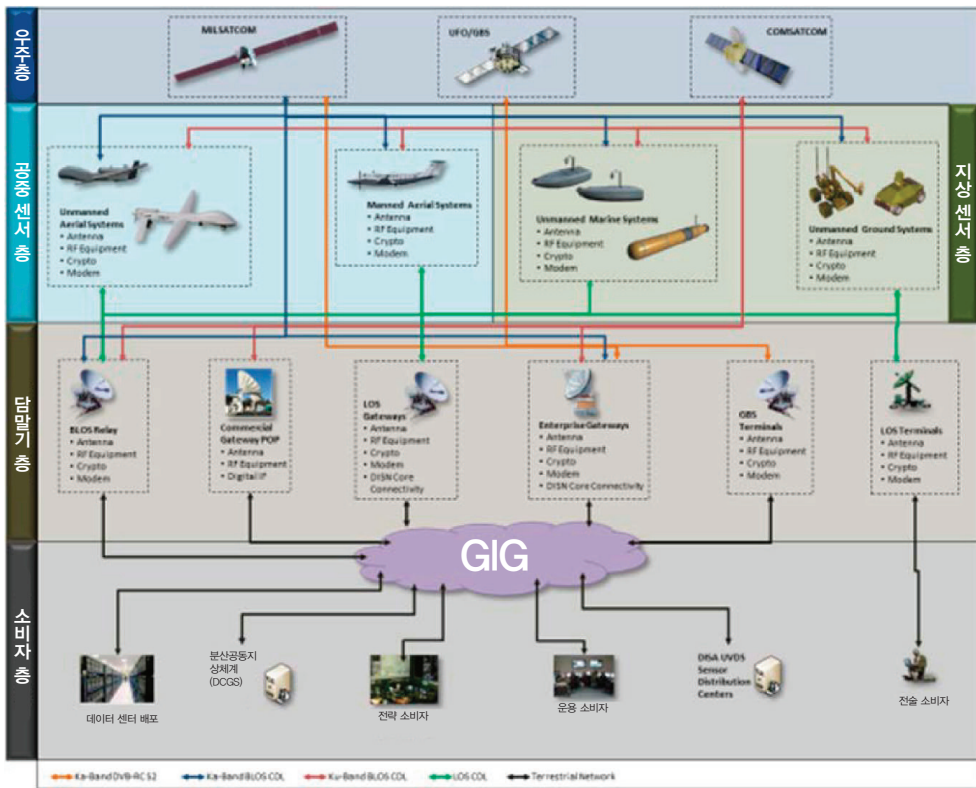


그림 17 무인체계 목표 아키텍처

그림 17에는 제안된 솔루션을 갖춘 목표 무인체계 통신 아키텍처가 요약되어 있다. 새 인프라는 공통 제어 및 데이터 배포 시스템을 사용하여 다양한 무인체계 플랫폼 사이의 상호 운용성을 높인다. 복원력은 다중 대역 단말기와 공통 인터페이스를 사용하여 향상되며, 이렇게 복원력이 향상되면 국방부 및 상용 SATCOM 자원은 물론 상용 무선시설에 있는 소

형 상호 접속 위치와 엔터프라이즈 게이트웨이에도 접속할 수 있다. 이 아키텍처에서 국방부 자산 활용의 증가는 상용 자원 요구를 상쇄하여, 효율을 높이고 운용비는 낮춘다.

그림 18은 무인체계의 통신체계, 스펙트럼 및 복원력 목표를 요약한 것이다.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+
요구되는 능력	<b>단기:</b> 무인체계를 아프리카와 태평양을 지원하는 텔레포트 사이트로 접속, 글로벌 UVDS 능력, 안전한 마이크로 디지털 데이터링크, DSA, WNaN, 칩 카운트 감소, Ka 대역 단말기, 단일 칩 T/R, GaN 기술, Eff. FEC, "Dial-a-rate" CDL, Adv. MIMO, 공통 통신 아키텍처에 속하는 통합 게이트웨이 현장, FCSA에 따라 임대한 COMSATCOM에 하나로 연결			<b>중기:</b> 다중 초점, 과냉각 안테나, 컨포멀(conformal) 위상배열 안테나, 표준 다중 대역 통신기, 클라우드로 지원 엔터프라이즈 데이터 센터, BLOS 게이트웨이 능력을 적용 범위 밖의 전용 게이트웨이로 보완되는 엔터프라이즈 게이트웨이 현장으로 전환, 기술 혁신 단말기를 Ka 대역 또는 다중 대역 하드웨어로 개량			<b>장기:</b> Adv. 오류 제어, 향후 Adv. MIMO 구성, 네트워크 경로 다양성, 광통신, 상업 게이트웨이 상호 접속 위치와 디지털 IF 시설 간 전송					

그림 18 무인체계의 통신체계, 스펙트럼 및 복원력 목표

#### 4.4 보안: 연구 및 정보/기술 보호(RITP)

무인체계에 보안 대책을 포함하는 문제는 유인체계와 비슷하지만 추가적인 C2 요구 사항은 무인체계에만 해당하며 이는 체계 보안의 전체 요구 사항 범위를 넓혀준다. 이 항은 그 전체 요구 사항에 대해 다룬다.

다중체계 전반의 통합 센서가 진화하면서 프로그램 보호에 수정된 접근 방식이 필요해졌다. 주안점이 체계 유기적 기술과 정보의 보호에서 좀 더 포괄적인 방법론, 즉 여러 체계와 플랫폼 전반의 프로그램 보호를 다루는 플랫폼에 독립적인 센서별 접근 방식으로 이동했다. 이 방법은 센서의 기반이 되는 기술만 보호하는 것이 아니라 이러한 센서로 수집되는 정보 자료도 보호하려는 것이다.

RITP에는 핵심 정보와 기술의 훼손을 방지하는 보호 원칙, 기법 및 솔루션을 적군 또는 의도하지 않은 실체에 다층적으로 적용하는 것이 포함된다. 이 개념은 DoDI 5200.39에 기술된 정책을 실행하는 데 필요한 보안 요소를 다루기 위해 개발되었다.<sup>68)</sup> RITP에는 프로그램 보호와 대응책(변조 방지 포함)에 관한 국방부와 해군 훈령(directives), 예규(instructions), 정책 및 지침이 포함되어 있다. RITP는 하위 체계에 대한 엄격한 평가를 통해 필수 프로그램 정보(Critical Program Information, CPI)를 확인하고 확인된 CPI의 평가를 통해 추가 보호대책을 요하는 요소를 결정하여 달성된다. RITP는 체계 보안 공학과 그 외의 기본 보안 운용을 연계시켜 지능 센서 및 제품을 보호한다.

노출 위험과 체계 훼손 결과는 물론 체계 취약성과 위협을 조사하여 개발 수명주기 초기에 보안 원칙의 토대를 미리 정립하는 것이 필요하다. 적절한 보호대책을 결정할 때 비용, 일정 및 성능 측면에서 프로그램이 받는 영향도 고려한다. 가용할 경우 시행하기로 선택된 보호대책은 프로그램 체계 공학, T&E, 체계 보안 공학 절차의 일환으로 검증 및 확인한다. 새로운 기술에 필수 정보가 통합되므로 정보 보증, 작전 보안, 변조 방지(anti-tamper), 방첩 및 정보 분석 같은 원칙이 포함되는 통합 접근 방식을 통해 적절한 다층적 보호대책을 평가하는 것이 매우 중요하다. 변조 방지는 프로그램이 시작할 때 시행할 경우 비용 대비 효과가 더 좋다.

#### 4.4.1 저장 데이터(DAR) 암호화

현재까지 최고 비밀 및 비밀로 분류된 정보(Top Secret and Secret Compartmented Information, TS/SCI)와 그 아래 수준 정보로 표시된 데이터를 저장하는 미군 작전 및 전술 공중 플랫폼에 적합한 NSA 승인, 유형 1 인증 DAR 암호화 장치는 없다. 유인체계 부서는 기밀 매체가 훼손 위험이 있다고 운용자가 판단할 경우 긴급 파괴 계획에 의존하여 하드 드라이브에 저장된 DAR을 포함한 기밀 매체를 물리적으로 파괴한다.

회전식 하드 드라이브가 반도체 드라이브와 그 외의 매체 저장 장치로 교체되면서 다른 파괴 방법의 필요성이 더욱 절실해졌다. 다른 유인 플랫폼도 이와 유사한 데이터 파

68) DoDI 5200.39, 국방부 내 필수 프로그램 정보(CPI).

과 문제에 직면해 있다. NSA 승인 데이터 삭제 기법이 있지만 이러한 기법은 긴급 시나리오에 사용하기에 너무 시간이 많이 걸리거나 TS/SCI 데이터 삭제용으로 승인을 받지 않았다. 이러한 제한 때문에 암호화를 포함한 다른 보호대책을 추구하고 있다.

UAS의 경우에는 긴급 파괴 계획 같은 절차를 수행할 승무원이 없기 때문에 데이터 파괴가 훨씬 더 어렵다. 따라서 무인사업은 자율적 보호대책에 의존해야 한다. 무인 플랫폼은 GPS 위치를 전송하는 비상 위치 송신기를 구비하여 신속한 회수를 지원해야 하고 데이터/비행체 파괴용으로 조직화된 탐색 비가시선(NLOS) 무기가 필요하다.

#### 4.4.2 비용 효과(Cost Effectiveness)

TS/SCI와 그 아래 수준으로 표시된 데이터의 DAR 암호화 능력은 극히 제한적이므로 몇몇 사업들이 24개월 이내와 같이 매우 짧은 기간 내에 체계 전체에 구현할 수 있는 솔루션을 고안했다. 여전히 개발 작업이 필요하지만 전체 성과를 고려하면 획득, 개발 및 생산과 관련된 비용은 상대적으로 낮다. 최종 제품은 대부분의 유형 1 인증 네트워크 암호기보다 비용이 적게 들고 버튼을 누르는 것(또는 자율 명령)만으로 적군이 DAR을 확보하지 못하게 하는 데 도움을 줄 것이다. 기술 또는 정보 손실 방지의 측면에서 전체 비용절감이 초기 개발 비용보다 훨씬 클 것이다.

#### 4.4.3 단기 목표

해군과 공군은 기밀로 분류된 DAR을 좀 더 확실하게 보호하는 방법을 통합할 필요가 있음을 확인했다. 제안된 해법으로는 공중(유인 및 무인) 플랫폼과 그 관련 지상 지원 및 처리 스테이션에 통합될 NSA 승인 유형 1 인증 DAR 암호기의 개념을 개발하는 데 필요한 자원 확인이 포함된다. 무인체계는 신뢰할 수 있고 즉각적인 암호기 키 폐기(key zeroization) 절차를 통해 원격에서 자율 방식으로 DAR이 적군의 수중에 들어가지 못하게 하는 능력을 갖추어야 한다. 적절한 키 복원 프로토콜을 시행할 때 DAR을 복원할 수 있도록 하는 해법도 제안되었다.



제안된 차세대 DAR 암호기는 하위 체계 재설계 요구 사항을 최소화하도록 플랫폼 하위 체계 기능을 최대한 투명하게 하는 방식으로 설치해야 한다. 암호기 지연 문제로 성능이 저하되면 안 된다. 인라인 매체 암호기(각 플랫폼 하위 체계에 설계된 내장 암호화 방법 및 소프트웨어 기반 방법과 비교)를 사용하면 DAR 암호화가 필요한 기존 플랫폼 하위 체계에 통합이 주는 영향이 최소화될 것이다. 인라인 매체 암호기는 저장용량이 더 큰 매체로 개량할 수 있는 유연성도 제공한다. 임무와 지상 지원 및 작전개념(CONOPS) 처리는 DAR 암호기 기능 사양의 주요 요인으로 입증되었다. 키 관리절차는 체계 및 GCS 사이의 상호운용성에 도움이 되어야 한다. 단일 키 충전 포트를 통해 여러 암호기 키를 로딩할 수 있을 것이다. 단일 암호기는 여러 기밀 구분 수준에서 다중 입력과 여러 대상 저장매체 위치를 지원할 것이다. 차세대 DAR 암호기의 기술적 개념을 확인하여 해당 CONOPS와의 호환성 여부를 평가하였으며 몇몇 플랫폼은 플랫폼에 독립적인 센서별 통합에 초점을 맞춘 암호기 기능을 입력했다.

#### 4.4.4 증기 및 장기 목표

저장매체 기술이 진화하면서 다양한 상태의 데이터를 지원하고 DAR과 전송 중인 데이터 사이의 경계를 구분하지 않는 좀 더 빠르고, 구체적인 암호 장치가 필요해질 것이다. 그리고 이러한 매체를 좀 더 효율적인 속도로 옮길 필요성과 함께 저장매체 요구 사항도 증가할 것이다. 체계 밖에서 더 많은 데이터가 처리되고 저장되면서 데이터 암호화를 위한 적응형 기술의 필요성도 더욱 중요해졌다. 이러한 적응형 기술이 등장하여 암호화를 지원함에 따라 프로그램 보호 요구 사항도 진화할 것이다. 다층적 보호대책을 통합하는 상호보완적인 접근 방식을 통해 비용 효과가 가장 좋고 확실한 데이터 및 기술의 훼손 방지 수단이 나올 것이다.

#### 4.4.5 통합 보안 분류 지침

임무 요구 사항이 유사한 다중 플랫폼에 센서가 통합되면서 통합 보안 분류 지침의 필요성이 더욱 확실해졌다. 체계는 여러 분류 수준의 센서를 통합하고 다양한 분류 당국의 지침을 준수하게 될 것이다. 국가정보국 국장, 국가정보국 차장 및 국방부 CIO는 “정보기관의 분류 지침 결과 및 권고안 보고서”에서 다음 내용을 전달했다.

효과적인 정보 공조 및 정보 공유의 필수 구성요소는 정보 분류 표준과 정책에 대한 공통의 이해이다. 수정된 행정명령 12958에 정의된 분류 수준의 해석과 적용이 일관되지 않으면 정보기관과 임무 협력자들 사이에서 정보의 적절한 취급 및 보호에 관한 지침이 일치하지 않고, 오해가 생기며, 신뢰가 결여된다. 기관 고유의 지침이나 모순되는 분류 지침은 기관, 정부 및 협력자 사이의 정보 공유를 지연시키거나 방해할 수 있다. 따라서 조직 문화를 초월하는 분류 지침을 만들어야 한다. 진정한 정보 공유와 정보 협력은 모든 참여자가 그들이 제공하는 정보가 적절한 보호를 받는다고 신뢰할 때에만 가능하다. 정보 자료에 관한 종합 정보기관 분류 지침이 이러한 신뢰를 가능하게 해야 한다.

#### 4.4.6 클라우드 컴퓨팅과 다계층 보안

무인 ISR 플랫폼의 발전과 그에 따른 데이터 급증으로 이 정보를 광범위한 사용자 영역으로 적시에 배포해야 하는 필요성이 더욱 절실해졌다. 국방부가 계속해서 예산의 압박을 느끼면서 각 사업은 좀 더 효과적으로 운영하는 방법을 찾아야 한다. 정보기관도 예외는 아니다. IT 시스템을 통합하고, 중복을 제거하고 전통적인 데스크탑이나 네트워크 아키텍처 대신 클라우드 솔루션에 초점을 맞출 것을 매우 강조한다. 정보기관도 매우 신중하게 이 노력을 시작했다.

정보기관 내에서 클라우드 컴퓨팅에 대한 주요 우려는 기밀성, 무결성, 가용성에 관한 것으로 기밀 데이터의 무단 공개를 방지하는 엄격한 요구 사항이 정립되어 있다. 정보기관의 클라우드 컴퓨팅 아키텍처 시행을 통해 사용자는 정보를 배포하고 수신하면서 필



요한 수준으로 보안을 유지하여 정보를 보호하는 것이 매우 중요하다. 데이터가 우발적으로(악의적으로) 수정되거나 훼손되지 않도록 이 정보의 무결성을 보장해야 한다. 사용자의 정보 가용성은 중요한 우려사항이다. 광범위한 운용 사용자 환경에서는 확실한 클라우드 컴퓨팅 능력이 필요하다. 더 큰 데이터 용량에 대한 요구가 증가하면서 대역폭과 지연 현상 및 저장 문제가 발생한다. 사용자 기반이 확대되고 여러 분류 영역이 도입되면서 이러한 문제를 관리하기가 훨씬 더 어려워졌다.

사업 방식에서 기술적 변화뿐만 아니라 문화적 변화도 있을 것이며 기관들은 각각의 특성과 공통성이 포기되는 것이 아니라 서로 다른 방식으로 연결된다는 것을 인정할 것이다.

- ① 정보기관이 IT 사용을 공유 서비스를 포함하고 중복 자원이 덜 필요한 모델로 전환하기 위해 노력함에 따라 클라우드 컴퓨팅 방침(initiatives)이 발달하고 있다.

- Grant Schneider, 국방 정보국 정보 관리 부책임자 및 CIO

여러 보안 수준의 네트워크(관련된 데이터 태깅 요구 사항)를 포함시키는 일은 그 자체로 문제가 된다. 즉, 이러한 네트워크를 잘 정의되고 상호운용이 가능한 아키텍처에 결합시키는 일은 철저한 검토가 필요하다. 기관들이 중앙 집중식 아키텍처로 지향함에 따른 보안 절차, 정책 및 표준을 통일된, 실행 가능 구조로 통합해야 한다.

이러한 이행은 각 기관마다 이미 정립된 절차와 관리구조에 따라 운용되기 때문에 간단한 일이 아니다. 정보기관에 클라우드 컴퓨팅을 포함시키는 계획이 갖추어져 있다. 그리고 운영 플랫폼에서 그 임무 CONOPS를 포함시키고 플랫폼 아키텍처를 클라우드에 넣어 정보를 좀 더 효과적으로 배포할 수 있는 방법에 관한 문제도 남아 있다.

## 4.5 지속적 복원력

과학&기술 포트폴리오를 전투원의 요구에 맞게 조정하는 데 있어 군 후원자 및 그 연 구실 요원이 함께 일을 함으로써 각 군은 무인체계 포트폴리오에 전반의 향후 기술 프로그램을 연계하고 정보를 제공하기 위해 통합적인 접근 방식으로 해야 한다.

이를 위해서는 지속적인 복원력이 공중, 지상, 해양 영역에서 사용되는 모든 무인체계의 핵심 구성요소가 되어야 한다. 해군은 현재 지속적인 해양 무인항공체계 프로그램 사무국(PMA-262)에서 광역 해양 감시(Broad Area Maritime Surveillance, BAMS) UAS를 개발하고 있다. 전체 UAS를 구성하는 복원력 있는 하위 체계 없이는 성공적인 시행이 불가능하므로 지속적인 ISR을 제공하기 위해 Triton으로 불리는 BAMS UAS가 개발되고 있다. 단순한 체계나 하위 체계도 복원력 없이는 지속성이 불가능하다. 복원력은 응용 프로그램, 체계 또는 하위 체계가 그 구성요소 중 하나에 발생한 문제에 대응하기 위한 능력이며, 최상의 서비스를 제공하는 것이다. 지속성은 효과의 유지이다.

새로운 기술이 지속적인 복원력에 초점을 맞추어야 하는 영역은 다음과 같다.

- 크기, 중량, 동력 및 냉각(SWaP-C)(4.5.1 참조)
- 신뢰성, 가용성 및 정비성(RAM)(4.5.2 참조)
- 생존성(4.5.3 참조)
- 구조 및 재질 열화(4.5.4 참조)
- 추진력(4.5.5 참조)

### 4.5.1 크기, 중량, 동력 및 냉각(SWaP-C)

대형 SWaP-C는 기동성을 저해하고 가동 비용을 높이므로 국방부도 일반가전 업체가 추진하는 것처럼 군사 플랫폼의 크기, 중량 및 동력 소비를 줄여야 한다. 탑재체를 추가 할 필요가 있는 일상 작전에서 임무 수행에 연료가 적게 들어가도록 가능한 시간을 앞당겨 상쇄가 필요할 수 있다. 탑재체가 너무 커서 기존 내부 공간에 추가할 수 없으면 외부

에 추가해야 할 것이다. 외부 배치는 UAS의 항력을 증가시켜 연료가 많이 들어가므로 임무를 수행하여야 할 시간이 단축될 수 있도록 해야 한다. 그리고 일부 프로그램 사업국은 현재 탑재체의 동력 소비에 제한을 받고 있다. 이러한 사업은 더 크고 강력한 발전기로 개량하는 것을 모색해야 하는데 이 경우 중량, 점유 공간, 열 증가에 따른 냉각 문제가 발생한다.

일반적으로 소형화는 체계 크기를 줄일 수 있으며 여기에 지속성을 강화하면 투자가 최소화되는 경우가 많다. 그리고 소형화는 중량과 동력 소비도 줄여준다. 따라서 SWaP-C 문제는 동적 플랫폼의 소형 센서 운용에 초점을 맞추어 해결할 수 있다. DARPA의 PINS/HIDRA 사업에 따라 6각 자유도 냉각 원자 IMU가 개발되고 있는데 이것은 정밀 항법은 계속 제공하면서 패키지 크기, 중량, 동력 소비 문제를 해결하기 위해 현재 개발 중인 소형 3축 자이로-가속도계의 예이다.

그리고 합동 및 연합 아키텍처에서 신속한 운용능력이 가능하도록 하는 방향으로 탑재체의 모듈성의 초점이 이동하고 있다. 신속 운용을 위한 부속 장치는 공개 표준으로 구성되는 인터페이스에 OA로 통합하는 합동체계를 포함해서 기존 체계로 신속하게 통합할 수 있다. 국방부가 스토브파이프 개발을 줄이고 상호운용성을 강화하도록 표준화된 아키텍처로 전환하여 비용 절감을 구체화함에 따라 상호운용성, 간편한 체계 개량, 상승적 DOTMLPF-P를 보장하는 데 모듈성은 중요한 역할을 할 것이다. 다목적, 다중 임무 능력이 가능한 소형 체계는 군 및 프로그램 사무국이 이미 개발된 모듈식 체계를 활용할 수 있어 추가 비용을 줄여 준다. 결국, 더 적은 용적으로 동일한 임무를 계속 달성할 수 있다면 지속적인 투자가 덜 필요하다. 그림 19는 무인체계의 SWaP-C 목표를 요약한 것이다.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+
요구되는 능력	<b>단기:</b> 소형화된 위치, 항법, 시간(PNT) 솔루션, 소형화된 경보 및 자체 보호 체계, 적응형 발전기, 향상된/소형 배터리와 리튬-화학 배터리, 부피, 중량, 열의 추가 없이 전체 동력 개선			<b>중기:</b> 마이크로 및 나노 기술 발전, 동력 및 에너지 밀도 개선			<b>장기:</b> 에너지 저장 및 에너지 적출 개선, 극한 환경 조건 배터리 기술					

그림 19 무인체계의 SWaP-C 목표

#### 4.5.2 신뢰성, 가용성 및 정비성(RAM)

신뢰성과 정비성은 무인체계가 그 임무를 달성하고 필요한 작전 가용성을 달성하는데 필수적인 성능 특성이다. 많은 무인체계가 하나의 이동체로 24~30시간(앞으로 더 길어질 가능성 있음) 동안에 ISR와 같은 것을 지속해서 지원해야 하므로 체계의 고장률이 낮고 신뢰성이 높아야 한다. 사용고장률은 고장 간 평균 시간(Mean Time Between Failure, MTBF)과 같은 신뢰성 매개변수와 일치할 것이다. 무인체계가 배치된 후 그 임무를 확실하게 달성할 수 있으려면 임무 신뢰성 목표를 기대 수준 이상으로 달성해야 한다. 그리고 체계의 품질이 저하될 경우 특히 이러한 체계의 운용을 지원하는 인프라가 거의 없는 혹독한 원정 환경에서도 간편하게 정비하고 교체할 수 있어야 한다. 이러한 체계는 현장에서 운용자와 정비자가 간단하게 지원할 수 있는 상태를 유지해야 한다. 무기 교체가 가능한 조립품(Weapons-Replaceable-Assembly, WRA) 수준에서는 자체 내장 시험(built-in test)으로도 충분히 조치할 수 있으나 체계나 하위 체계 수준에서는 통합되지 않아 RAM 문제가 야기된다.

체계의 신뢰성이 클수록 수명주기 전체에서 그 비용 효과가 높아진다. 그리고 체계의 정비와 수리가 단순할수록 비용도 많이 절감된다. 그러나 체계 RAM 극대화의 가장 큰 어려움 중 하나는 개발 및 생산 비용에 미치는 영향이다. 체계의 RAM 달성의 또 다른 장애 요소는 새로운 능력을 계속 추구하는 것인데 이것으로 RAM에 사용될 사업 자원이 소비되는 경우가 많다. 이 장애를 극복하려면 체계 운용개념과 요구능력으로 강력한 RAM 요구 사항을 개발해야 한다. 위성 체계는 수년 및 수십 년 동안 수리 없이 지속되도록 설계되지만 이 때문에 개발 및 생산 비용이 상당히 많이 든다.

RAM의 총 유지 비용 효과를 달성하려면 신뢰성이 더 좋은 소재와 부품을 사용하여 비축 수준을 낮추고, 정비성을 높이고(통합 진단 개선 포함), 교정/직접 정비 수준 등을 낮추어야 한다. 그림 20은 무인체계의 RAM 목표를 요약한 것이다.

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+
요구되는 능력	<p><b>단기:</b> 저비용/고신뢰성 소재와 부품, 기존 체계의 PHM (Prognostics Health Monitoring), 복합 재료 수리 개선, 부식 억제, 소프트웨어 성능도 예측 및 성장 방법론 (소프트웨어의 통합과 전산 환경, 필요한 시험에 대한 이해 강화 포함), 수리 부품 제작을 위한 복합재 제조 기술 (오토클레이브 밖), 무선 데이터 전송 (신호 와이어 제거)</p> <p>Standardized RAM-Cost (RAM-C) modeling and analysis (including Life Cycle Cost and CONOPS optimization)</p>												
	<p><b>중기:</b> 저비용/고신뢰성 소재 및 부품, 상태 모니터링 설계/부호화 예측 설계/부호화 통합, 복합재 결합 감지/해결 기술, HALT 시험 기반의 하드웨어 신뢰성 예측 방법, 진단 및 예측용 센서 통합, 수리 부품 제작용 복합재 제조 기술(구조적 구성요소용 첨가제 제조), 직접 기록 기술(신호 와이어 제거)</p>												
	<p><b>장기:</b> 저비용/고신뢰성 소재와 부품, 소재 거동 예측 및 구조 예측과 통합, 구성요소 수준의 항방된 문제 해결, 정기 및 비정기 유지보수 감소, 지동화 군수 환경의 견고한 수명 예측, 모든 PHM 데이터의 수집 및 장기 저장</p>												

그림 20 무인체계의 RAM 목표

### 4.5.3 생존성

생존성은 다음 다섯 가지 핵심 요소의 상관관계로 결정된다.

- **탐지 가능성(detectability)**은 적군에게 발견될 가능성이다.
- **감응성(susceptibility)**은 특정 환경에서 요격되거나 재밍 받을 가능성이다.
- **취약성(vulnerability)**은 특정 환경에서 요격되거나 재밍을 받았을 때 생존할 가능성이다.
- **안정성(stability)**은 이동체가 특정 환경에서 요격되거나 재밍을 받았을 때 의도한 방식으로 신뢰성 있게 운용될 가능성이다.
- **충격 흡수성(crashworthiness)**은 충격을 받았을 때 이동체와 그 탑재물이 심각한 손상 없이 생존할 가능성이다.

무인체계의 중요한 특성 하나는 전투원이나 무고한 민간인의 사상이 방지된다면 어느 정도의 체계 손실은 용납된다는 것이다. 특히 UAS에 있어서 항상 과제가 되는 생존성 영역은 감응성과 취약성이다. 동일한 위협에 직면했을 때 유인 플랫폼에 있는 대부분의 경고 및 자가 보호 체계를 무인 플랫폼에 적용할 수 있을 것 같다. 그러나 일반적으로 이동체는 SWaP-C 또는, 일부 경우, 유인 플랫폼의 기동성을 갖도록 설계되지 않았다. 따라서 유인체계에서 현재 사용되고 있는 경고 및 자가 보호 체계를 지원하지 못한다.

유인체계에 있는 경고 및 자가 보호 체계는 전력이 많이 들어 항공전자 모듈의 온도나 열이 높아지며, UAS(및 일반적인 무인체계)는 모듈의 크기가 더 작아 열 분산이 지속적인 문제이다. 열 문제 외에도 업링크 및 다운링크의 대역폭 제한 때문에 플랫폼에서 더 많은 처리가 진행되어 C2 링크를 통해 전송되는 원시 데이터의 양이 감소한다. 플랫폼은 기내에 드는 전력이 더 많이 필요해 생존성 체계의 소형 컴퓨터 칩과 기판에 온도가 상승한다. 감응성과 취약성에서 또 다른 어려움은 재밍 또는 스푸핑(spoofing)이다. GPS를 이용할 수 없는 환경 같은 위협에 대응할 항재밍 안테나나 SAASM용 소형 솔루션이 필요하다. 일반적으로 무인체계는 유인체계보다 작지만, 무인체계는 레이더 유효 반사면적이 넓고, IR 및 음향 신호가 커서 탐지하기가 쉬어 취약하다.

생존성 영역의 비용 효과는 SWaP-C로 달성되는 것과 동일한 방식으로 달성될 것이다. 생존성 체계는 동력이 많이 필요하고 열이 많이 발생되어 무인체계의 더 작은 모듈에서 RAM 문제가 발생할 수 있다. 생존성 체계를 소형화하고 신뢰성과 내구성이 더 우수한 부품으로 동력 소비와 열 발산을 개선하면 비용을 절감할 수 있다. 이 접근 방식은 유인 플랫폼과 유인 플랫폼 모두에서 사용할 수 있는 체계로 전환하여 유사한 플랫폼과 다른 플랫폼을 활용할 방법을 제공할 것이다. 그리고 개량이나 신기술(예: IR 특성감소 또는 저 IR 페인트)을 현재 사용 중인 표준 페인트와 장비의 비용을 상승시켜서는 안 된다. 이러한 제품은 유지보수 및 비용 발생이 최대한 낮게 유지되어야 한다. 그림 21은 무인체계의 생존성 목표를 요약한 것이다.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+
요구되는 능력	<b>단기:</b> 경보 및 자체 보호 체계(항재밍, SAAM 등) 최소화, 안테나 개선, SWaP-C 개선/동력 효율, 경보 및 자체 보호 체계용 내장 처리 능력, RF/IR 대응책/슬로 무버 사용, 경보/자체 보호 체계용 냉각/열 발산, 다중 스펙트럼 DIRCM(LASER), 신호/RCS 감소/저 적외선(IR) 페인트, 충격 흡수성, Stellar Navigator (GPS와 다른 항법)			<b>중기:</b> 경량 예인 유인체, 대응책용 더 작고 가벼운 레이더 경고/미사일 경고 수신기 세트, 전자기 펄스 보호			<b>장기:</b> 전자 장치 개선, 질화물 트랜지스터 기술, 실리콘 계열 전자장치 대안, 3D 집적 회로					

그림 21 무인체계의 생존성 목표

#### 4.5.4 구조 및 재질 열화

현재 무인체계는 사막과 더운 기후부터 습하거나 추운 기후까지, 높은 고도에서 해저까지 극한 환경에서 운용된다. 무인체계는 이러한 조건은 물론 압력, 부식, 운용환경의 그 외 구조적 영향을 견딜 수 있는 최적화된 재질 특성이 필요하다. 현재 무인체계는 경량, 유연성, 강한 구조를 제공하는 복합 소재에 대한 의존성이 증가하고 있다. 이러한 새로운 복합재는 현재 수리가 까다롭고 비용이 많이 들지만, 산업계와 국방부는 첨단 복합 소재의 설계와 생산에서 많은 발전을 이룩하고 있다.

더 가벼우면서도 강력한 소재는 비용이 비싸다는 단점이 있다. 현재 구조 및 소재 내 구성의 비용 효과는 수리 비용을 낮추거나 없앨 수 있는 경우 소재와 구조의 강도와 내 구성에 초점을 맞추어 달성해야 한다. DARPA의 방위과학국(Defense Sciences Office)은 신소재 및 소재 공정, 다기능 소재 및 소재 시스템, 생물학적 소재 영역의 소재 개발을 목표로 여러 사업을 진행하고 있다. 그러나 구조 및 재질 열화의 단기 목표에 산업계의 더 많은 초점이 모여야 한다. 그림 22는 무인체계의 구조 및 재질 열화 목표를 요약한 것이다.

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+
요구되는 능력	<p><b>단기:</b> 부식 방지, 탐지 및 완화, 구조 모드 특성화, 고부하, 경량 구조 소재, 첨단 구조 개념, 재질 열화/부식, 구조 보호/유지보수, CMC 하위 구성요소의 첨단 접합 방법, 내구성이 뛰어난 열/환경 장벽 코팅, 고열 응용 부문의 저렴한 CMC 제조/제작 공정, EMI 강화</p> <p><b>중기:</b> 접착제 결합 복합재 구조의 고충실도 잔류 강도 및 수명 예측 도구, 2차원 복합재 강화 플렉스 빔과 오크의 저충간 전단 강도 강화를 위한 혁신적인 접근 방법, 복합재 결합 탐지/해결 기술</p> <p><b>장기:</b> 첨단 소재 과학. 이 영역은 현재 DARPA와 그 상위 과학국(DSO)의 관심 영역 중 하나이다. 이 소재 영역의 DARPA DSO 사업에 관한 자세한 배경은 다음 링크를 방문하여 확인할 수 있다. <a href="http://www.darpa.mil/Our_Work/DSO/Focus_Areas/Material.aspx">http://www.darpa.mil/Our_Work/DSO/Focus_Areas/Material.aspx</a></p>												

그림 22 무인체계의 구조 및 재질 열화 목표

### 4.5.5 추진력

4.5.4에서 언급했듯이 현재의 무인체계는 여러 극한 환경에서 운용되고 있다. 이러한 외적 요인이 있는 상황에서 무인체계에 탑재되는 여러 체계는 연료 효율이 뛰어난 추진 동력이 필요하다. ISR 같은 임무는 충분한 추진 동력 없이 지속해서 수행하기가 불가능하다. 무인체계는 증가하는 동력과 열을 관리하고, 동력 출력과 열 부하를 개선하여 혁신적인 접근 방식으로 안정, 최신성, 기술적 우위를 유지해야 한다. 현재의 지속 체계 대부분은 장시간 체공 임무를 지속할 수 있는 효율적인 형태의 추진력에 의존한다. 그 외의 체계는 장거리 및 장기체공 또는 높은 속도에 맞게 최적화할 수 있는 추진력이 필요하다. 그리고 UUV 같은 체계는 공기에 의존하지 않는 에너지 기술로 체공 기간을 몇 개월까지 늘려야 하는 문제에 직면해 있다. 공중 체계나 해상 체계용 추진력을 제공하는 것과 상관없이 추진 체계는 효율적이어야 하는 것은 물론 열화된 상태에서도 계속 작동하거나 스스로 안정화하여 정상 상태로 회복하여 장애에 적응할 수 있어야 한다.

추진 체계 기술이 계속 진화하고 발전해도 유지보수 및 수명주기 비용 절감 영역은 언제나 비용 효과를 달성하는 열쇠가 될 것이다. 좀 더 지능적인 체계(소프트웨어와 컴퓨터를 통해)는 진단 또는 논리 기반 도구를 이용해 “가상 검사”를 실행하여 체계나 그 구성품의 문제를 해결하는 시간을 단축할 수 있어야 한다. 그리고 검증된 추진 상태 모니터링 체계는 적시 유지보수가 가능할 것이다. 또한, 재생 가능하고 군사 또는 제트 연료 성능 지수를 기대 이상 충족하는 생물 연료는 화석 연료 의존성을 줄이는 데 기여할 것이다. 그리고 위의 RAM 부분에서 언급했듯이 추진 체계의 복원력이 좋을수록 비용 효과도 높고 비용도 많이 절감될 것이다. 그림 23은 무인체계의 추진 목표를 요약한 것이다.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+
요구되는 능력	<b>단기:</b> 발전 효율 열 관리 강화, 공기에 의존하지 않는 에너지 체계(UUV), 빠른 충전/재급유(UUV), 제트기 잡음 감소, 높은 동력/열 부하를 수용하는 부품 기술, 고온 부분 소재와 코팅, 유지보수, 수명 주기 비용 감소, 고용량 및 고전력 배터리 기술			<b>중기:</b> 더 작은 체계에 기여 터보팬 개발 도입, 향후 수직 이륙, 터보 기기 및 구동 체계, 가변 주기 엔진 기술, 하이브리드 터보 전력			<b>장기:</b> 연료 전지/비탄화수소 연료(동일한 추진 품질, 비슷하거나 더 낮은 비용), 바이오 연료, 대체 연료, 새로운 에너지원					

그림 23 무인체계의 추진력 목표

#### 4.5.6 요약

4.5 항에서 언급했듯이 지속적인 복원력을 가능하게 하는 새로운 기술의 초점 영역은 다음과 같다.

- 크기, 중량, 동력 및 냉각(SWaP-C)
- 신뢰성, 가용성 및 정비성(RAM)
- 생존성
- 구조와 재질 열화
- 추진력

능력이 향상된 적군을 상대로 중간 강도 이상의 전투를 치르게 될 때 무인체계의 지속적 복원력은 무인이동체의 일반 분석에만 국한하는 것이 아니라 무인체계에 종합적인 능력을 제공하는 지상, 통신, 전술 및 인원 탑승 측면도 조사해야 한다. 이 활동의 최종적인 효과는 무인체계 능력의 큰 손실과 그로 인한 전체 병력의 부정적인 전투 결과를 피하는 것이다. 지속 감시의 초기 분석 목표는 알려진 위협과 예상 위협 상황에서 체계의 약점을 조기에 확인하고, 이후 확인, 분석 및 조사에서 중대 약점을 완화하는 대안을 찾고, 소재 해법과 훈련 및 전술 해법을 개발하여 향후에 이러한 전투 상황을 다시 접하기 이전에 시행하는 것이다.

### 4.6 자율성 및 인지 거동

오늘날 자율 운용 옵션이 있는 무인체계는 일반적으로 외부 영향이나 제어에 독립적으로 정의된 활동을 반복 수행하도록 미리 완전하게 프로그래밍이 되어 있다. 물론 이러한 체계가 모니터링되지 않는다는 것은 아니다. 이러한 체계는 자기 조정 또는 자기 조절 체계라고 말할 수 있으며 외부 교란으로 인한 소규모 이탈을 보상하면서 외부에서

제공되는 경로를 따라갈 수 있다. 그러나 자동 체계는 주어진 목표에 따라 처음에 경로를 정의하거나 그 경로를 지정하는 목표를 선택하지 못한다.

자율체계의 미래는 자율 임무 실행(execution)을 넘어 자율 임무 수행(performance)으로 이동하는 것이라고 특징지을 수 있다. 실행과 수행의 차이는 전자가 사전에 프로그래밍한 계획을 단순히 실행하는 것이라면, 후자는 임무 중에도 변할 수 있고 미리 프로그래밍한 과제에서 벗어날 수 있는 임무 결과와 관련된다. 자율 임무 수행에는 체계 기능과 달리 임무 목표를 달성하기 위해 감지·인식·분석·통신·계획·결정·실행을 통합할 수 있는 능력이 요구될 수 있다. 사전 프로그래밍은 이런 유형의 운용에서도 중요한 역할을 하지만 체계 운용의 범위를 넘어 운용 방법을 스스로 결정할 수 있게 해주는 법과 전략에도 맞닥뜨리게 된다. 이러한 통제 알고리즘은 처음에 인간 운용자와 소프트웨어 개발자로 구성된 팀이 만들어 시험한다. 그러나 기계 학습을 사용할 경우, 자율체계는 거동을 선택하는 수정된 전략을 직접 개발할 수 있다. 자율체계는 사람이 지시한 목표에 달성하기 위해 따라야 하는 거동을 선택하는 방식으로 스스로 행동 방향을 정한다. 어느 체계이든 다양한 자율성 수준에 따라 사람과 자율체계의 상호작용 또는 사람의 개입 규모와 횟수가 정해진다. 그리고 자율체계는 예기치 않은 상황에서 목표 지향 방식으로 거동을 최적화할 수도 있을 것이다(즉, 주어진 상황에서, 자율체계가 최적 해법을 찾는다).

인간 팀이 제어 알고리즘을 만들어 시험하기 때문에 자동화는 소프트웨어 기록자(writer)와 개발자와 같은 수준이라는 것을 여기서 주목해야 한다. 이 알고리즘에서 “생명 패턴(life pattern)”은 자동화에 필수적이며, 소프트웨어 내 의사결정 과정의 정밀도(accuracy)와 정확성(correctness)을 보장하기 위해 적절하게 관찰하고 포착해야 한다. 정밀도와 정확성을 보장하려면 소프트웨어 내에서 관찰-방향 설정-결정-행동(Observe-Orient-Decide-Act, OODA)의 반복 명령을 알고리즘 입출력의 인적 분석, 훈련 및 운용자 이해를 통해 계속 최신화하는 연속 과정이 필요하다. 인간의 두뇌는 동적 환경에서 작용하며 다음에 일어날 일을 예측할 뿐만 아니라 변화에 적응할 수도 있다. 간단히 말해 알고리즘은 인간의 뇌처럼 작용해야 한다.

무인체계에서 자율성을 높이기 위해서는 주변 상황에 대한 더 정확한 시각을 제공할 수 있는 센서가 더 필요하고 상황에 적절히 대응할 수 있도록 이러한 입력을 해석할 수

있는 능력이 필요하다. 그리고 인간 상호작용에서 벗어날 수 있는 능력도 필요할 것이다. 무인체계의 자율성에서 핵심 기술은 항법이 될 것이다. PNT에 대한 UAS의 의존성을 고려할 때 플랫폼은 체계의 PNT 정확도만큼만 실행할 것이다. 정확하지 않은 PNT는 비행체의 항법과 센서 큐잉에 오류를 유발한다. 제한 지역이나 국경을 기동할 때 UAS가 최상의 경로를 지능적으로 택할 수 있도록, 임무 컴퓨터에 위치, 공중 속도, 지상 속도, 편류가 계속 최신화된다. 대안 항법을 연구하고 평가하여 GPS 같은 체계에 대한 의존성을 극복해야 한다.

무인체계의 자율성은 기술로 싸워 이기게 될 미래 전투에서 결정적일 것이다. 공군과 해군 능력 개발의 단기 영역은 지상 및 수송 기반 UAS를 시행하여 지상과 해양에서 ISR과 타격을 제공하는 것이다. 중장기 해군 능력의 초점은 A2/AD에 맞춰질 것이다. 이러한 접근 위협을 극복하고 합동군이 힘을 발휘하여 동맹국과 협력국을 지원하고 미국의 이익을 보호하고자, 공군과 해군은 연구개발 노력과 획득 사업에 투자하고 있다.

접근 위협을 극복하고 편대의 능력을 극대화하는 중요한 요소가 무인체계이다. 그 결과, 해군과 국방부 지도부는 무인체계의 자율성을 높은 우선순위로 식별했다. 그러나 더 높은 수준의 자율성을 지원하는 기술의 특정 도입 경로는 확인되지 않았다. 자율체계의 특징은 예측 불가 상황에서 목표를 지향하는 능력이다. 이 능력은 자동 체계의 능력에 비해 상당히 발전된 능력이다. 자율체계는 규칙과 제한을 토대로 결정 할 수 있다.

무인체계 자율성을 위해 현재 진행 중인 솔루션에 도움을 주기 위해 해군 연구자문위원회는 자율성이 해군 작전과 다른 군의 작전을 바꾸게 될 가능성을 확인하는 연구를 하고 있다. 연구는 다양한 수준의 자율작전을 달성할 수 있는 기술의 현재 및 예상 잠재력을 조사할 것이다. 그리고 해양 체계에 중점을 두고 해군의 잠재적 자율성 이용과 이러한 이용의 실현과 관련된 문제점도 고려할 것이다. 또한, 감지·정보·신뢰성·지속성 같은 기술로 구현되는 능력으로서의 자율성을 고려할 것이다. 이러한 기술의 발전은 자율체계가 작전 임무의 체계 내에서 결정할 수 있도록 허용하는 핵심적인 역할을 한다. 연구는 첨단 자율성을 평가하고, 능력을 크게 발전시킬 기회나 기술적 단점을 확인할 것이다. 목적은 자율성이 해군 임무를 가능하게 할 잠재력이 높은 영역을 확인하는 것이다. 그러나 자율체계의 실행으로 가격 적정성, 정책, 교리 같은 작전 문제가 발생한다.

그리고 S&T 개발 사업은 DARPA뿐만 아니라 공군·육군·해군에서도 진행되고 있다. 군에 자율성이 적용되면 특정 관심 영역에 적용되는 경향이 있지만, 많은 경우에는 기본 기술을 전체 영역에 적용할 수 있다. 예를 들어, 공군은 공중 플랫폼 간의 협력 기술을 개발하고 있으나, 유사한 기술을 해군과 해병대는 지상 차량에 육군은 로봇에 적용하고 있다. 다음 세부 항목에서는 국방부의 노력을 상세히 다루고 해당하면 유사점을 설명한다.

자율성 수준이 증가할수록 병력을 절감할 수 있고 인적자원을 다른 임무로 돌릴 수 있다. 예를 들어, 육군 전술 로봇은 궁극적으로 소규모 부대의 인원 배치를 늘릴 수 있고, 해병대 지능형 UGS는 군수임무도 수행할 수 있으며, 공군/육군 체계는 운용자 한 명이 여러 UAS를 제어하도록 설계할 계획이다. 이 모든 체계는 병력을 크게 절감할 기회를 제공하거나, 혹은 절감된 병력을 다른 필수 임무에 투입할 기회를 제공한다.

국방부가 자율성의 첨단 기술을 발전시킬 때 산학 협력이 중요한 역할을 할 것이다. 적정 가격의 체계 생산에 투자하면 모든 전장에서 무인체계가 사용될 수 있을 것이다.

#### 4.6.1 현재 상태(2013-2017)

일반적으로 자동화 연구개발은 인간의 제어를 필요로 하는 자동 체계 상태에서 인간의 상호작용 없이 결정하고 대응할 수 있는 자율체계 상태로 발전하고 있다.

UAS와 관련하여 해군은 공군과 협력하여 공중 감지 및 회피(Airborne Sense And Avoid, ABSAA) 기술을 추진하고 있다. 육군은 공역 통합 IPT용 지상 기반 감지 및 회피(Ground-Based Sense And Avoid, GBSAA) 일반 요구 사항 개발 조정을 지휘하고 있다. 공중 작전용 기술 외에 해군은 자율 데크 작전(autonomous deck operation) 개발에 투자하고 있다. 단기적으로 자율 데크 작전 연구개발에는 소형 UAS의 빠른 작전 템포(Operating Tempo, OPTEMPO) 발사와 회수, 갑판 상 정밀한 UAS 위치 파악 및 추적을 지원하는 기술이 포함된다.

센서 비용이 수십만 달러에 달하고 소프트웨어 개발 비용이 수백만, 혹은 일부 경우는 수십억 달러에 이르는 로봇 플랫폼을 사용하여 소규모 해병대 팀을 지원할 수는 없다.

— George Solhan, 해군 연구처 책임자, 코드 30

해병대에서 사용할 해양 개발의 주요 목적은 좀 더 지능적이고 저렴한 체계로 만드는 것이다. 해군은 유인, 무인 및 선택적 유인 체계와 통합되어 전투력을 배가시킬 저비용·편제·지능·전술 UGS를 개발하고 있다. 대부분의 전술 UGS의 현재 자율성 상태에서는 인간의 의사 결정과 LOS 통신이 필요하다. 자율체계는 고도로 조직화하고 예측 가능한 환경이 필요하다. 단기적으로 해군 연구의 초점은 원격 작전 UGS에서 독립적으로 경로를 계획하는 기능과 교리에 맞는 기동과 거동을 하는 자율 군수 연결기(connector) UGS로 전환하는 데 맞추어져 있다. 그리고 해군은 전술적으로 적절한 속도로 도로와 야지 지형을 자유롭게 다닐 수 있는 기술을 개발하고 있다. 이 모든 개발에서 가격적정이 핵심 요건이며, 주·야간 및 GPS 이용 불가 환경에서 효과적인 작전이 필수적이다. 단기적으로 해군 연구처는 2016년에 군수 연결기 무인지상차량(UGV)의 제한적 군 활용도 평가를 가능케 할 기술을 개발하고 있다. 여기에는 다중 모드 인식, 주·야간 작전, 복잡한 지형 이동 가능성이 포함된다.

육군 S&T 비전은 유인 체계와 무인체계가 함께 적응형 전술 추론, 집중된 상황 인식, 안전한 적응 이동, 인간과의 효율적인 순행 상호작용, 물리 세계와의 상호작용의 5개 문제 영역에서 크게 향상된 능력을 발휘하는 것이다. RCTA(Robotic Collaborative Technology Alliance; 로봇 협업 기술 연합)는 이 5개 문제 영역을 설명할 때 ‘생각하기 - 보기 - 움직이기 - 말하기 - 일하기’의 간략한 의인화 방식을 사용한다.<sup>69)</sup> 그림 24에는 다섯 가지 문제 영역에 대한 육군의 비전, 비전 달성의 장애요소, 비전을 추진하기 위해 해야 할 작업이 요약되어 있다.

69) RCTA(Robotic Collaborative Technology Alliance) FY2012 연간 사업 계획.

비전 달성의 장애 요소 →	간단하고 단순한 세계 모델	이동성에 초점을 맞춘 인식	원격 운용 또는 스크립트 기반 계획	임무와 역할에 대한 공유 없음	임무 또는 단순한 학습 능력
	세계 모델은 추론을 배제한 지표 수준 또는 물리적으로 없는 인지 수준임	세계 속 개체가 의미와 인지적 중요성을 갖는 개별 개체가 아닌 이동 영역에서만 인식됨	로봇은 거의 언제나 원격 운용되거나 생체 스크립트 기반 행동만 수행하고 필요한 모든 행동의 스크립트는 추적 불가함	로봇이 불명료하게 분포되며, 모르기 때문에 그 수행 내용을 설명할 수 없음	로봇이 작업을 수행하도록 명시적으로 프래그래밍 되어야 하므로 추적이 불가능해 거동의 필요한 범위를 추적할 수 없음, 학습 능력이 단순하며 일반화 불가.
<b>생각하기</b>	적응형 전술 추론 과제, 임무 이해(METT-TC) 의미론적 지시 따름 거동 생성으로 임무 달성, 달라지는 상황에 적응 팀원과 팀원이 알아야 할 것 이해	세계 모델은 임무, 과제 그리고 일반적으로 METT-TC 같은 개념을 표현해야 함.	로봇은 임무 달성과 관련된 행동을 생성하고, 변화는 상황에 적응해야 함.	로봇은 단순한 "goto(x,y)"가 아닌 의미 또는 인지 수준에서 주어진 지시를 따를 수 있어야 함.	
<b>보기</b>	집중된 상황 인식 현재 과제/임무와 관련된 SA 유지 부대의 일반 SA에 기여 눈에 띄는 물발 이벤트 예상 눈에 띄는 활동 관찰 및 보고	세계 모델은 SA에 필요한 모든 정보를 표현, 유지, 모니터링 및 시정해야 함.	로봇은 부대의 일반 SA에 기여해야 하며, 눈에 띄는 관찰 사원을 기록해야 함.	로봇은 부대의 다른 요소에게 필요한 눈에 띄는 관찰 사항을 보고해야 함.	로봇은 관찰 및 행동 내용을 상대 사람의 관찰 및 행동 내용과 비교하여 학습해야 함.
<b>이동하기</b>	안전한 적응 이동 GPS 또는 기타 지표로 (사람들처럼) 세계에서 가장 안전한 경로에 반응하며 인지적으로 이동 전술적으로 그리고 지속적으로 관련된 방식으로 이동 지형, 기상, 장애 요소 같은 이동 난관에 따라 조정	세계 모델은 이동과 전술 제약을 관련시킬 때 필요한 모든 실체를 저장하고 그에 따라 운용되어야 함	로봇은 안전한 적응 이동과 관련된 환경에서 모든 실체를 인식해야 함.	로봇은 전술적으로 정확한 방식으로 이동하며 임무나 상황 변화에 대응해야 함.	로봇은 이동 경험을 통해 이동 난관 또는 전술 행동을 학습해야 함.
<b>말하기</b>	효율적인 양방향 통신 의미 지시를 받고 인지 자체 행동 설명 임무와 관련된 정보 보고 필요한 지침 탐구	세계 모델은 인간-로봇 상호작용의 토대로서 공유된 정신 모델을 보유해야 함	로봇은 공유된 인식 (공통 기반)을 토대로 하는 관련 정보를 전송해야 함.	로봇은 인지 수준의 지시를 받아 이해하고 자체 행동을 설명해야 함.	로봇은 인간 팀원과 인지 수준의 상호작용을 통해 학습할 수 있어야 함.
<b>일하기</b>	물리 세계와 상호작용 개체 조사 및 조작 필요한 개체 수송 문, 창문, 후드, 트렁크 등 열기 필요한 도구 사용	세계 모델은 조작할 다양한 개체를 표현해야 함.	로봇은 3D 세계에서 개체와 효과적으로 상호작용하기에 충분히 잘 인식해야 함.	로봇은 필요할 때 개체의 조종이나 수송 방법과 사정을 계산해야 함.	로봇은 물리적 세계와의 상호작용을 통해 학습해야 함 (예: 도어가 잠겨 있을 때)

그림 24 다섯 가지 문제 영역에 대한 육군의 비전(생각하기 - 보기 - 이동하기 - 말하기 - 일하기)

단기적으로 RCTA는 2014 회계연도에 캡스톤(Capstone) 실험을 계획하고 있다. 그림 25를 참조한다. 캡스톤 실험은 출입통제 및 수색(cordon-and-search) 작전 개념이 중심이 된다. 소규모 부대(즉, 군인 4, 5명)가 도시를 통과하는 중에, 도망자 한 명이 이 부대가 접근 중인 건물로 들어갔다는 보고를 받는다. 부대 지휘관이 제한된 자원을 안전하게 나눌 수 없어 사람이 운반할 수 있는 로봇에게 건물의 뒷문을 담당하도록 지시한다. 로봇은 명령을 이해·인정하고, 자신이 감지한 환경과 명령을 연관시키고, 유리한 지점으로 안전하게 이동하고, 건물 뒤의 활동을 관찰하고, 부대 지휘관에게 눈에 띄는 사건을 보고해야 한다. 필요할 경우 로봇은 건물에 들어가 계단이나 다른 기동 장애물을 넘어간다. 그 후에 부대로 돌아와 상황 인식 상태를 유지한 상태에서 다른 임무를 기다린다. 이 묘사는 출입통제 및 수색 작전 상황에서 일어나는 것이며 그 기본 능력은 광범위한

잠재적 작전 임무를 지원하는 것이다. 다른 군과 마찬가지로 RCTA의 중장기 작업도 능력을 계속 진화·발전시켜 체계 자율성 수준을 현재의 원격 운용 체계에서 자율체계와 복합체계(System-of-Systems, SoS) 방식으로 높일 것이다.



그림 25 RCTA의 2014 회계연도 캡스톤 실험

#### 4.6.2 중기 미래 상태(2017-2022년)

2017-2022년의 중기 미래 상태는 크게 단기 능력의 추가 성숙으로 이루어질 것이다. 중장기 목표는 주로 능력을 늘리고, 기술을 확대하고, 지상 기반에서 플랫폼 기반 기술로 이동하고, 자동에서 자율 거동으로의 비율에 따라 능력도 추가로 이동하는 것이다. 예를 들어, 공군의 다수 항공기 관리자(multiple-aircraft manager)를 여러 UAS가 관련되는 통과 작전을 관리토록 성숙시키게 되면, 승무원 요구 사항을 줄이고 승무원 할당 및 활용을 최적화할 수 있을 것이다.

해군의 중기 기술 개발은 단기 기술을 수준이 더 높은 자율 및 팀 지향 거동으로 진화시킬 것이다. 중기적으로 해군 자율 데크 작전 연구에는 자율 비행 갑판 인식과 이동 기술, 유인/무인 양방향 작전을 위한 결정 지원, 견고한 지능형 자율 비행 갑판 작전이 포함된다. 해병대 UGS의 중기 계획에는 자율 군수 연결기에서 뒤따르기/오기/가기(follow-me/come-to/go-to) 능력을 갖춘 하차 병력과 통합 작전으로 전환, 인간과 같은 전술 거동이 가능한 자율 “윙맨(wingman)”, 적군을 만났을 때의 전술 결정을 포함해 해병대 소총 분대의 진군 지원, 까다로운 기상 조건에서 개인, 도시 환경, 효과적인 작전에 대한 인식 향상, 협력과 신뢰를 지원하는 향상된 인간-로봇 상호작용이 포함된다.

#### 4.6.3 장기 미래 상태(2020년 이후)

무인체계의 장기 상태는 중기 능력이 더욱 성숙하고, 자동화 수준도 높아질 것이다. 또한, 자율 운용되는 무인체계의 스마트 팀 같은 개념의 작전을 열악한 환경에서 수행할 수 있게 된다. 이를 통해 “충실한 조력자(loyal wingmen)”, 즉 유인 플랫폼과 함께 운용되어 작전을 수행하는 무인체계 개념도 가능할 것이다.

그리고 해군의 합상 체계 및 해양 UGS에 대한 장기 연구개발도 자동화와 SoS 향상에 초점이 맞추어져 있다. UGS에 필요한 장기 능력에는 독립 및 협력 의사결정 기능을 갖춘 완전한 자율성의 다목적 플랫폼이 포함된다. 추가로, 해병대는 장기적으로 자립형, 통합 전투원-기계 SoS 접근 방식을 희망하고 있다.

#### 4.6.4 핵심견인기술과 관심사

자율성의 운용 장점을 완벽하게 구현하기 위해서는 특정한 핵심견인기술(key enabler)이 있어야 한다. 이 중에는 동적 수정이 가능한 임무 계획, 정밀 항법과 시간 동기(timing), 크로스 큐잉(cross cueing) 센서, 다른 탑재 체계로의 정보 전송 및 이관(handoff) 능력, GCS 운용자·관리자·전투원에 대한 데이터 배포가 있다. 자율적 통제는 대역폭과 사용

자 프로파일에 맞춘 필수 정보를 개발하고 배포해야 한다. 정밀 PNT는 자율체계 운용의 핵심이다. PNT는 이동의 자유, 운용 영역 파악, 충돌 회피, 센서 및 무기 큐잉을 가능하게 해준다. 정밀 PNT는 GPS 이용이 불가하고 거친 환경에서도 유지되어야 한다. 초고정밀 관성 항법 체계와 그 외의 비-GPS 항법 체계가 자율체계 운용의 핵심전인기술이 될 것이다.

부가적으로, 여러 지능 센서/모드 와/또는(and/or) 무기 능력의 크로스 큐잉 과/또는 동적 리태스킹(retasking)을 통해 보조적 표적 인식, 식별 및 추적을 제공하는 내장 처리 과정을 지원해야 한다. 온보드 큐잉 과/또는 온보드 센서 표적 정보의 태스킹이 확인되면 여과된 표적 정보가 탑재 무기체계로 전달되어야 한다. 변경 및 상태 알람을 UAS 운용자와 작전 정보 담당자에게 전달하여 자율 탑재체 및 무기체계 정보와 컨트롤을 모니터링하고 필요할 경우 무시할 수 있게 해야 한다. 체계는 연속 OODA 루프에서 운용될 수 있어야 한다. 이 능력은 체계가 자율적으로 행동 패턴을 관찰하고 이에 대응할 수 있게 해주는 센서와 함께 잘 작성되고 검증된 소프트웨어에 따라 좌우된다. 자율성 달성을 위해서는 이 OODA 루프 상호작용이 연속으로 일어나야 하며 단일 시점을 기반으로해서는 안 된다.

자율체계가 편재성을 갖게 되면 대역폭의 효율적 활용이 핵심전인기술이 될 것이다. 전장에서 더 많은 자율체계가 사용되면서 MIMO 통신망이 필수 기술 중 하나가 될 수 있을 것이다. 그리고 대역폭을 효율적이고 효과적으로 사용하여 서비스 거부를 방지해야 한다.

끝으로, 자율체계의 전면적 운용과 관련된 몇 가지 관심사가 있는데, 그 대부분은 핵심 전인기술과 관련된다. 예를 들어, PNT의 정확도와 가용성 유지가 핵심 관심사이다. 연속 OODA 루프를 가능케 하는 운용 경험의 개발 시한과 적절한 훈련도 관심사다. 운용자가 메타데이터 표준을 통해 처리를 활성화하고 비활성화하며 대역폭을 보존할 수 있는 능력을 개발하는 것도 관심사항이다. 마지막으로 처리된 정보의 활용과 연결 손실에 대한 적절한 관여 규칙의 개발도 개발상 관심사이다. 자율성 개발이 자동에서 자율체계로 계속 진행되므로, 개발자는 이러한 관심사항을 처리해야 한다.

## 4.7 무기

무기 수송 플랫폼으로 무인체계가 많이 사용되면서 전투공간에서 무인체계의 통합이 크게 발전했다. 무인체계는 유인 플랫폼보다 훨씬 다양한 운용 및 위협 조건에서 사용할 수 있다. 그 등급과 크기는 유인체계보다 훨씬 더 광범위하다. 또한, 지속성과 내구성이 유인체계보다 더 크고, 광범위한 임무를 지원할 잠재력이 있다.

실시간으로 무인체계에 탑재 장면을 모니터링할 수 있게 해주는 원격 비디오 링크의 도입이 운용자에게 더 유연성이 있고 향상된 신뢰성으로 무기화된 무인체계를 사용할 수 있게 한다. ISR을 갖춘 분산 C2 요소와 무장 공중 자산(개별 플랫폼 또는 단일 장치에 통합된 자산)을 사용하는 네트워크 지원 체계는 무인체계와 정밀 유도 무기에서 이룩한 발전으로부터 혜택을 받는다.

UAS에 맞게 개조할 수 있는 일반 무기에는 레이저 유도 공격무기 또는 대전차 미사일(Laser Homing Attack or Anti-Tank Missile, LAHAT)이 있다(그림 26). 2004년부터 미국 Hunter UAS에서 이 무기를 시험하자는 제안이 있었다. LAHAT는 반능동 레이저 유도 방법을 활용하여 10km 거리가 넘는 표적을 정확하게 유도한다. 성형 작약 다목적 탄두를 장착한 LAHAT는 발사 플랫폼에 장착된 레이저 지시기 또는 표적과 더 가까운 위치에 있는 다른 장치의 간접 지시기로 표시된 표적을 사격할 수 있다. 각 미사일의 중량은 약 13kg이며 미사일 4기를 장착한 전체 발사기의 중량도 불과 75kg 밖에 안 되어 어떠한 대체 무기보다 훨씬 가볍다.



그림 26 레이저 유도 공격 또는 대전차 미사일(LAHAT)

레이저 유도 SPIKE(그림 27)는 해군 항공 전쟁 센터의 무기부가 DRS Technologies사의 지원을 받아 개발한 것이다. 원래는 해병대 및 해군 특수 부대의 개인 휴대용(*man-portable*) 무기로 설계된 SPIKE는 미 지상군의 저비용, 경량 유도 무기에 매우 필요한 부분을 채워주고 있다. 이것은 대규모 소형 함정이나 경량 항공기로부터 함정을 방어하는 전술 UAS 및 병력 보호 무기용으로 간주하기도 한다. 미사일은 반응동 레이저 추적장치를 사용하여 2마일 거리에서 레이저 지시 표적을 타격한다.

각 SPIKE 미사일의 중량은 5.3lbs(2.5kg)이며 길이는 25인치(63.5cm)이다. 이 미사일은 최초 관제 비행을 2005년에 실시했다. Spike 미사일은 중량이 중간 이하인 UAS에서 사용되도록 설계되었다. 이 미사일은 공군 UAS 전투 실험기관 평가의 일환으로 플로리다 에글린(Eglin) 공군 기지에서 DRS사 Sentry HP 드론으로 시험을 완료했다.

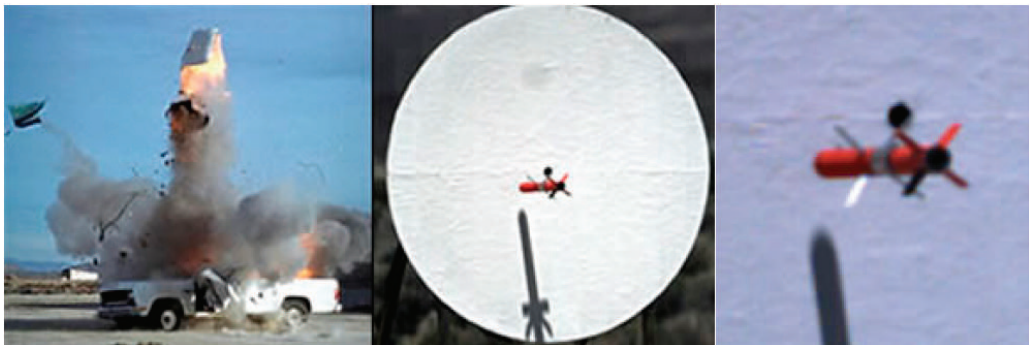


그림 27 레이저 유도 SPIKE

UAS용으로 고려되는 또 다른 유형의 경량 무기는 2.75인치 Hydra-70 로켓이다. 2005년에 2.75인치 로켓 4기를 Vigilante UAS 시험대에서 발사하여 회전익 UAS의 무기화 잠재력을 입증하였다. 이 시험은 무기 발사 시 과도한 하중을 보상하는 데 필요한 안정성과 비행 통제 조절을 평가하였다. 이 시험에서 Vigilante는 근처의 UH-1 유인 헬기로 제어하였다. 이러한 시험은 첨단 정밀 공격 무기체계(Advanced Precision Kill Weapon System, APKWS II)를 향후 회전익 UAS에 통합하는 데 중요한 데이터를 제공할 것이다.

APKWS II는 Hellfire 미사일과 비유도 Hydra-70 2.75인치 로켓 사이의 항공체계 무기 격차를 메워주며, 저렴하고, 가벼운, 정밀 공중 유도로켓을 도입하기 위한 것이다. APKWS

II는 중량이 약 13kg이며 스트랩다운 방식의 레이저 추적장치와 유도 부분을 Hydra-70 로켓에 통합한다. 이것은 도시 작전은 물론 비방호 및 경장갑 표적에 효과적일 것이다. 분산 개구 반능동형 레이저 추적장치를 중간 동체에 부착하는 유도 접근 방식(middle-body guidance approach)으로 기존 또는 신형 생산 로켓을 새로운 설계에 사용한다. 이것은 육군의 정밀 유도 박격포탄 사업에서도 동일한 요소가 사용된다.

APKWS II는 Hydra 범용 레일 발사기(Hydra Universal Rail Launcher, HURL)를 사용한다. 원래 경량 4 레일 발사기는 Comache 공격 헬기용으로 개발되었으나 UAS에서 사용하도록 개조하였다. “지능형 로켓 발사기”로 설계된 HURL은 MIL-STD-1760 및 MIL-STD-1553 인터페이스를 통해 탑재 항공전자 장치와 연결할 수 있다.

직격 유도로켓(Direct Attack Guided Rocket, DAGR)이라고 하는 2.75인치 레이저 유도로켓 버전은 Hellfire II 체계와 229 지능형 발사체계와 완벽하게 호환되도록 설계되었기 때문에 발사기 적재 하중을 최대 4배까지 늘릴 수 있다.

스위치블레이드(Switchblade)(그림 28)는 전투원에게 BLOS 표적에 관한 ISR 정보를 수집하여 신속하게 전달할 수 있도록 손, 튜브 또는 공중발사용으로 설계된 무기이다. 스위치블레이드는 확장이 가능한 체계로 설계되어 충돌 손상을 최소화하면서 선택된 표적을 신속하게 타격할 수 있는 소형 폭발성 작약을 수송하는 옵션도 가지고 있다.

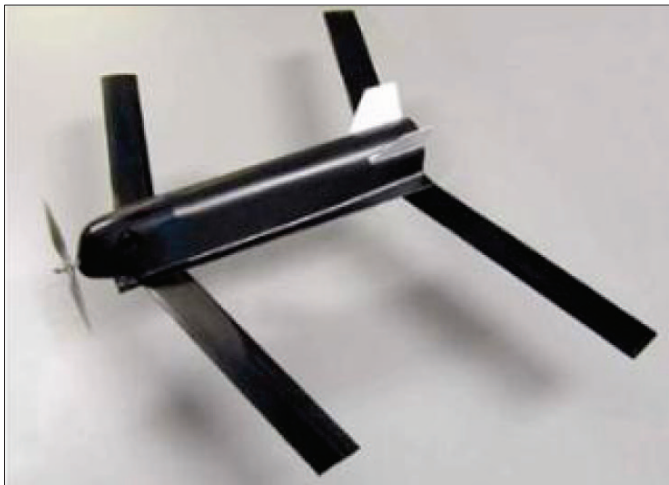


그림 28 스위치블레이드(Switchblade) 무기

무인체계의 지속성과 새로운 네트워크 중심 능력을 활용한 새로운 개념으로 입증된 무기 기술을 추가하고, 유인 및 무인 협력은 탐지-사격(sensor-to-shooter) 방식을 개선하고 공격 사슬 시간을 단축하는 데 중요한 역할을 할 것이다. 그러나 단기, 중기 및 장기적인 무기 수송 플랫폼으로 무인체계를 강화하기 위해서는 특정 기술 문제를 해결해야 한다.

#### 4.7.1 상호운용성

현재 무인체계에서 사용되는 무기체계는 무인이동체용으로 설계된 것이 없다. 이 장의 다른 항들에서 살펴보았듯이 무인체계에 무기를 신속하게 배치해야 하는 능력에 대한 필요성 때문에 설계 시 상호운용성이 고려되지 않았다. 현재 체계 상호운용성에 적용되고 있는 것과 같은 엄격성 적용으로 무인체계에 대한 미래 무기체계의 다음과 같은 현재 우려 및 설계 문제를 해결해야 한다.

- 군 간, 플랫폼 간 상호운용성 및 능력. 유인 플랫폼은 공통의 무장 인터페이스 장치, 폭탄 보관 및 군수가 정해졌다. 무인체계도 특히 선상 보관 및 사용 우려사항, 군수, 훈련, 비행인증의 측면에서 이를 따라야 한다.
- 무인체계에서 적용한 것과 같이 무인체계에서 적용하는 등급 내의 상호운용성.
- 군 간에 표준화된 운용개념 및 TTP.

OSD USIP WG는 I-IPT 및 군의 권고를 토대로 Weapons USIP(USIP 5.0)를 시작했다. 이 노력은 성숙하고 표준화된 인터페이스로 위험을 크게 낮추기 위해 효율적인 UAS 무기를 통합하는 진정한 합동 접근 방식이었다. USIP 5.0은 무기화된 모든 UAS와 적용 가능한 유인 플랫폼에 대한 내부 및 외부 교환을 위해 상호운용 모드를 달성할 수 있도록 하는 필수 구현 표준과 사양을 정의하는 데 도움이 된다. USIP에는 협력 교전 및 합동 디지털 보조(Digitally Aided CAS, DACAS) 프로젝트를 처리하는 IOP도 포함된다. OSD(AT&L)의 승인을 받으면 USIP 5.0은 DISR에서 필수 표준으로 유지되고 국제 표준 통합을 위한 해당 NATO 표준화 협약(Standardization Agreement, STANAG) 기구와 공유될 것이다.

### 4.7.2 무인체계별 무기

모든 등급의 무인체계, 특히 UAS를 활용할 때는 특정 분야의 기술 발전을 잘 고려하여 여러 등급의 무인체계를 무장하기 위한 무기를 갖추어야 한다.

- 다중 임무용으로 설계된 무기.** 사용 전에 무기의 위력을 선택할 수 있는 능력을 흔히 “가변효과 (scalable effects)” 탄두라고 한다. 탄두의 폭발력을 조절할 수 있다는 것은 아군과 민간인의 위험을 줄일 수 있고 의도한 표적 이외 기반시설의 불필요한 손상도 줄일 수 있다는 것을 의미한다. 그동안 탄두의 폭발력 조절은 주로 핵무기와 관련된 개념이었으며, 핵무기에서 일반적으로 “폭발력 계량(dial-a-yeild)”라는 용어가 사용된다. 이 경우 연쇄 반응을 증폭시킬 수 있는 “기폭제”의 성능처럼 위력(예: 삼중수소)을 높일 수 있는 물질의 양에 변화를 줄 수 있다. 일반적인 (즉, 화학) 폭발물의 위력 조절에는 다양한 어려움이 수반된다. 탄두에 들어 있는 폭발물의 폭발 방식을 달리하여 그 위력을 조절할 수 있을 것이다.
- 다중 모드를 갖도록 설계된 무기.** 현재 다중 방식에 대한 요구는 빈번한 악천후 같은 현재 및 미래 임무 환경에서 비롯된다. 유인 항공기와 무인 항공기 모두 현재 작전에서는 표적 영역의 기상과 위협에 맞는 무기를 사용할 수 있도록 여러 가지 무기를 탑재한다. 환경에 따라 폭탄 적재량의 절반만 사용되는 경우가 많다. 특정 등급의 무인체계는 이 접근 방식이 선택사항이 아니다. 진정한 다중 모드 무기는 무인체계 무장의 필수 측면이 될 것이다. 그러나 다중 모드 무기는 해법의 하나일 뿐이다. 유인 무기 구조 안에 무인체계를 통합하고 무인체계 고유의 내구성, 생존성 등을 이용할 수 있는 능력이 관건이 될 것이다. 움직이는 위협을 정확하고 확실하게 겨냥하여 추적하며 나쁜 기상과 표적이 많은 복잡한 환경에서도 표적과 허용 가능한 간접 손상을 확인할 수 있어야 한다. 이 목표를 달성하려면 관찰자, 무인체계 및 그 외 수송 플랫폼 및 무기 사이의 공통 네트워크가 필요할 것이다.
- 무인체계 환경 내에서 사용하도록 설계된 무기.** 무인체계용 잠재적 무기 운용환경은 유사한 유인 플랫폼 성능을 비교할 때의 운항영역과 무기 교전 운항영역이 크게 다를 것이다.
- 표준화된 설계 기반의 무기,** 모듈식 설계를 포함하여 다른 군의 비슷한 무인체계 내에서 상호 교환이 가능하고, 함상 보관 및 사용되도록 설계되었다.

## 4.7.3 첨단 무기 기술 영역

### 4.7.3.1 나노 에너지학

에너지 물질에는 방출 시 폭발이나 로켓 연료에서처럼 빠르게 연소하거나 수류탄이나 폭탄에서처럼 폭발할 수 있는 화학 에너지가 들어 있다. 나노 에너지 물질은 군사용으로 전망이 밝다. 나노입자는 표면적이 더 넓어서 추진체나 폭발물을 구성하는 다른 화학물질과의 접촉하는 면적이 증가한다. 반응이 시작된 후에는(즉, 폭발한 후에는) 표면적이 더 넓으므로 반응속도가 더 빨라 폭발력이 더욱 강력하게 한다. 이 작용은 치명성을 높이기 위해 더 많은 에너지양을 활용하는 무기체계에 유용할 것이다. 나노 수준에서 작업하는 무기 설계자들은 나노입자 크기를 달리하여 에너지가 방출되는 속도를 제어할 수도 있다. 다시 말해 각 용도에 맞는 폭발물을 제작할 수 있다. 예를 들어, 병거 파괴를 위해 땅속으로 침투하도록 설계된 무기는 지상군 위로 유탄을 발사해 폭발시키도록 설계된 무기와 반응속도가 다른 폭발물이 필요할 것이다. 그림 29를 참조한다.

공군에서 개발 중인 폭발물에 알루미늄 나노입자를 사용하는 것이 이 기술의 한 예이다. 나노 알루미늄 분말을 폭발물에 첨가하면 더 작고 강력한 무기를 만들 수 있다. 이런 무기는 원격 제어 드론처럼 공간이 제한된 항공기에서 유용하다. 연구자들은 무기 제조사들이 용제를 이용해 더 많은 양의 나노 알루미늄 분말을 폭발물에 첨가할 수 있는 기술을 개발하고 있다.

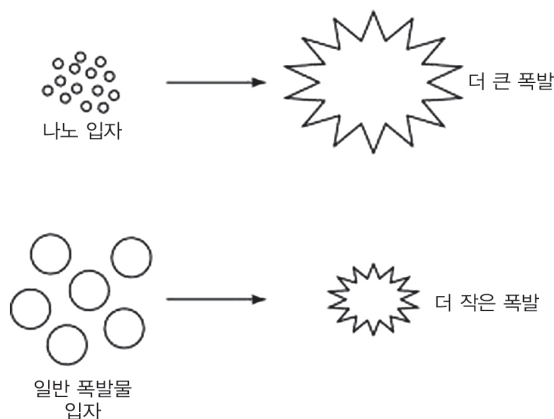


그림 29 나노입자와 폭발

#### 4.7.3.2 첨단 무기 소재

군과 국립 연구소에서 중합체, 금속, 세라믹, 복합재, 생물 모방 소재 같은 영역에서 상당한 연구가 진행되고 있다. 무인체계는 이러한 향상된 기술로 전환하여 SWAP-C를 줄이고, 가능한 안전성 및 생존성을 높일 기회를 찾고 있다.

#### 4.7.3.3 무기로서의 무인체계

공중 장악 무기는 새로운 가설은 아니지만, 현행 기술로는 적군 방공 억제(Suppression of Enemy Air Defense, SEAD)와 같이 레이더 유도 무기로 표적을 명확하게 식별하여 추적할 수 있는 소수, 특정 비상상황에 대해서만 그 시행이 제한됐다.

이스라엘은 Israel Aerospace Industries사가 개발한 배회(loitering) Harpy SEAD 무기로 이 분야를 개척했다. 중국, 터키, 한국, 인도 등 여러 국가에서 이 체계를 획득하였다. Israeli Military Industries사는 이와 비슷한, 자사 Delilah 공중 발사 미사일용 다목적 탄두를 시연하고 있으나 이 무기는 일반적인 UAS에 비해 상당히 크다. Harpy 후속으로 미국과 이스라엘이 공동으로 Cutlass를 개발했다. 이 사업이 공식적으로 결정된 것은 아니지만 이스라엘이 영국을 포함한 몇몇 고객에게 첨단 Harpy 체계를 제안한 것으로 알려졌다. 이스라엘은 미사일, 폭탄, 치명적 무기(Missiles, Bombs, and Deadly Ammunitions, MBDA)로 협조한다는 조건으로 영국의 LMCD(Loitering Munition Capability Demonstration)사업에 대해 “White Hawk”라는 이름으로 제안하였다. 또 다른 이스라엘 기업인 RAFAEL사도 이 사업의 입찰에 참여하였다. 이 입찰에는 EMIT가 설계하고 생산한 Sparrow M UAS를 개조된 것을 토대로 하는 BLADE(Battlefield Loitering Artillery Direct Effect)를 제안했다.

육군에서 개발한 다른 개념은 몇 가지 유형의 배회(loitering) NLOS 미사일을 결합하여 영역 우위를 추구하는 것이었다. 최초 개념에는 “지능형” 배회(loitering) 무기가 포함되었다. 이것은 영역 감시, 표



적 획득, 적시 공격 추구를 제공하면서 영상 IR 추적 장치가 장착된 정밀 타격 미사일 (Precision Attack Missile, PAM)로 다른 표적들을 공격하는 것이다. 그러나 이 개념은 비용이 너무 많이 들고 복잡했다. 육군은 배회 미사일-센서 요소를 제거하고 PAM이 장착된 NLOS 발사 체계를 배치하였다. PAM은 전투 부대를 지원한 무기고로서 네트워크를 통해 전투 부대가 이용할 수 있는 자산으로 표적을 겨냥한다.

공군은 병력이 공중에서 장시간 영역을 장악하며 적군의 이동과 작전을 저지할 수 있는 다양한 유형의 공중 장악 체계를 고려하고 있다. 현재 고려 중인 체계는 저비용 자율 공격 체계(Low-Cost Autonomous Attack System, LOCAAS) 같은 영상 촬영 센서가 장착되는 표준 무기화 UAS 또는 확장 가능한 소형 배회(loitering) 무기이다. 대규모 “지능탄 (intelligent munitions)” 무기에서 운용할 때 LOCAAS는 넓은 전투 영역에서 이동하는 핵심 표적을 자율적으로 찾아 파괴할 수 있다. 최근에 향상된 LOCAAS 개념에는 필요할 때 사람이 공격을 취소하고 다시 조준할 수 있는 인간 참여형(man-in-the-loop) 기능이 도입되었다. 더 나아가 LOCAAS 4기가 탑재되도록 “감시용 소형 공격 순항 미사일 (Surveilling Miniature Attack Cruise Missile, SMACM)” “모선(母船)”에 LOCAAS를 통합시킬 수 있었다. 모선은 표적 조준, 감시 및 통신 지원을 제공하며 기본 버전의 범위와 지속성을 250해리 너머까지 확장할 수 있을 것이다. LOCAAS와 SMACM은 개방 영역에서 운용되며 개방 영역에서 노출된 정지 및 이동 표적을 즉시 추적하도록 설계되었다.

무기로서 자율 체계 분야에서는 아직 연구해야 할 것이 많이 있다. 현재 체계는 최적으로 배회 시간에 미치지 못해 함상 환경과 공격기 임무에 적합하지 않다. 그리고 향상된 상호운용성, 소재 기술 및 융합이 무인체계 전체 범위에 통합되지 않았다.

그림 30은 무인체계용 무기의 목표를 요약한 것이다.

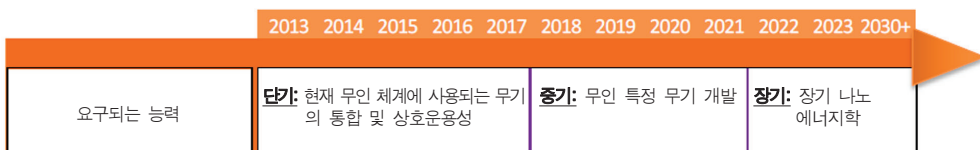


그림 30 무인체계용 무기 목표

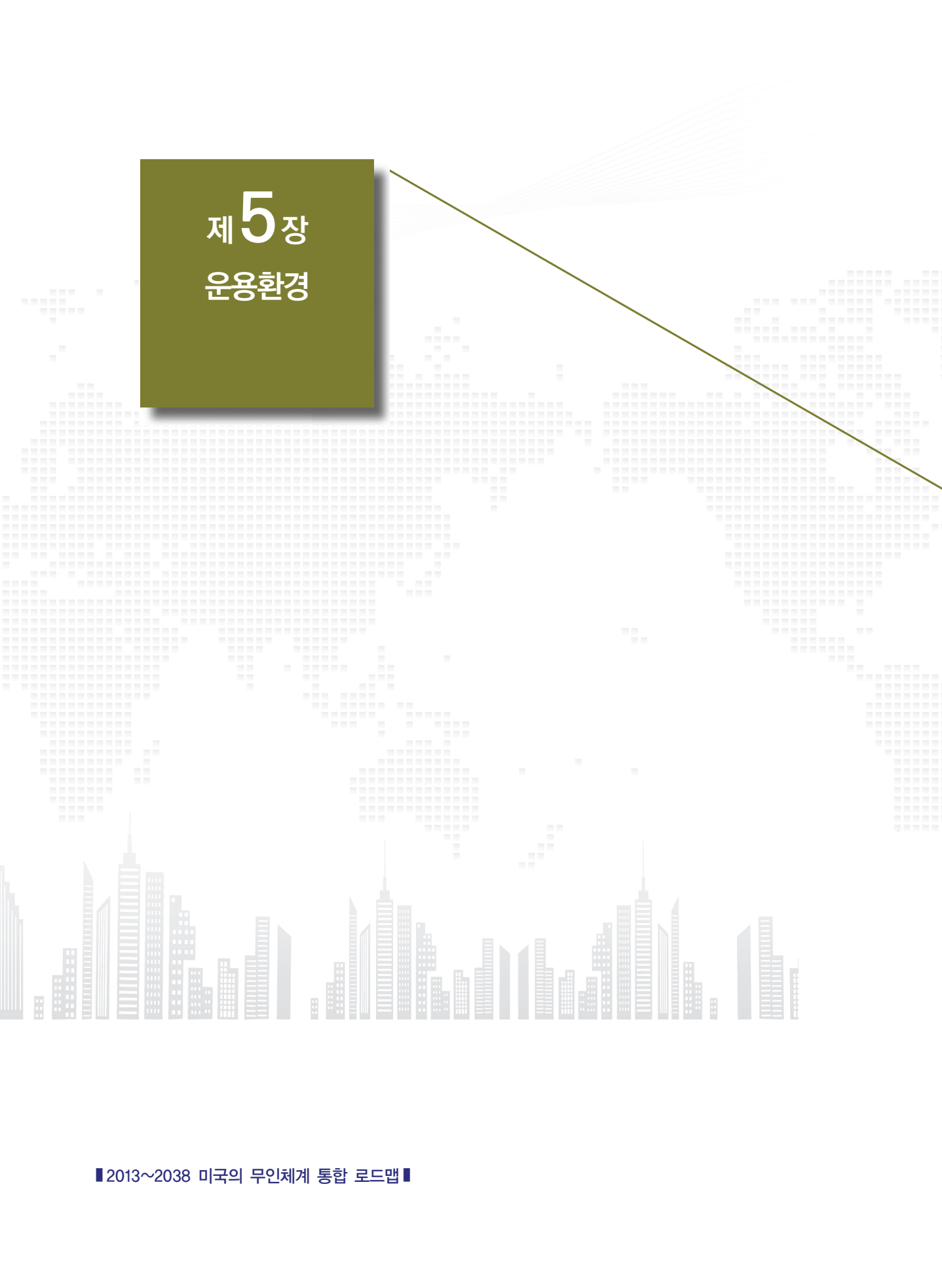


제4장

무인체계  
기술



# 제 5 장 운영환경



- 서론
- 문제점
- 물리적 환경
- 정책 및 규제 환경
- 기술 적용
- 향후 전망
- 사례 연구: 공중:  
감항성 및 GBSAA
- 요약

2013~2038  
미국의 무인체계 통합 로드맵





## Ⅰ 제5장 운용환경

### 5.1 서론

무인체계의 전 세계 시장, 기술 및 규제 환경이 빠르게 진화하면서 플랫폼, 탑재체, 임대, 운용 및 유지보수의 기회가 창출되고 있다. 국방부는 이라크와 아프가니스탄뿐 만 아니라 이착륙장을 활용할 수 없는 전 세계의 문제 지역에 신속하게 배치하는 방향을 모색하고 있다. 대통령 계획에 따라 2014년에 미군이 아프가니스탄에서 철수를 시작하면 지휘관들은 미국 주둔지가 없이 비상 임무에 집중하게 될 것이다. 따라서 UAS가 고정된 기지가 아닌 함선이나 해변에서 운용되어야 한다. 무인체계의 공중발사도 그런 접근 방식 중 하나이다.

어떤 환경에서는 유인 플랫폼보다 무인체계가 더 적합하다. 이런 용도를 예상하여 무인체계의 각 부분(배치된 플랫폼, 제어실, 제어 링크)을 사업개발 초기 단계부터 고려해야 한다. 플랫폼 자체뿐만 아니라 이 확장하는 체계에 미치는 모든 영향을 환경에 포함되어야 한다. 체계 기술 사업 요건을 운용개념에 포함해 의도된 물리적 운용환경에서 체계를 사용하는 방법을 상세히 설명하고 모든 체계 요건의 기준을 제시해야 한다.

어려운 물리적 환경에서 무인체계를 운용하는 것 외에도 기존 규정과 사회적으로 용인되는 수단 내에서 운용할 수 있는 능력도 사업에서 고려해야 한다. 무인체계처럼 혁신 기술을 도입할 때 항상 규제 불확실성이 존재할 것이다. FAA 연방 항공 규정(Federal Aviation Regulation, FAR) 범위 안에서 UAS를 운용해야 하므로 NAS 내의 UAS 비행에 대한 고려가 그 주된 예이다. UAS가 해당하는 모든 FAR을 충족하는 경우에도 UAS 사용자는 일반인의 안전을 고려하고 법에 적용되는 사생활 보호법을 지켜야 한다. 그리고 미국의 공공 도로에서 작전을 수행하려는 UGS는 최소한 교통부 규정과 연방, 주 및 지방 자동차법을 준수해야 하지만 일반 국민이 인정할 수 있는 안전성과 교통 효율 강화 조치도 따라 주어야 한다.





### 5.3 물리적 환경

물리적 운용환경은 무인체계 능력의 토대가 된다. 무인체계는 가급적 모든 환경에 적용할 수 있어야 하지만 이 문제를 어느 정도 해결하기 위해서는 현재 많은 첨단 무인체계를 처음부터 예상 환경 안에서 운용되도록 설계해야 한다.

UAS 물리적 운용환경은 크게 다를 수 있다. 일반적으로 UAS는 유인 항공기와 비슷한 조건, 즉 모든 기후, 저고도에서 고고도, 혼잡한 경쟁 공역에서 운용될 것이다. Triton 같은 UAS는 해양 환경에서, 매우 높은 고도와 낮은 고도 모두에서 비행하게 된다. 더 낮은 고도 비행은 설계와 운용 시 염수와 습도를 고려해야 하며 높은 고도 운용은 극한 온도와 공기 압력 저하를 고려해야 한다. 그리고 기후와 추가 응력을 통과해야 하는 고도 전환은 추가 능력을 고려해야 할 것이다.

물리적 운용환경은 UGS 능력의 토대가 된다. 향후 UGS는 구조화 및 반-구조화(semi-structured) 환경에서 반-구조화 환경의 정의된 경계를 벗어나 좀 더 적대적인 환경에서 병력을 보호하고 또는 물리적 보안 임무를 지원하는 비-구조화 영역까지 다양하게 운용될 것이다. UGS 조종은 체계 성능 외에도 환경 조건(예: 장애물, 위협, 도로 상태)도 고려해야 한다. 도시/지방, 숲/택 트인 곳, 도로/비-도로, 옥내/옥외 등 UGS와 관련된 환경도 추가로 조사해야 한다.

DARPA와 자동차 산업은 UGS를 다양한 조건에서 운용할 수 있는 자동화 기술을 모색하고 있다. 현재의 여러 노력 결과로 이동체가 포장도로 차선 안에서 운용하고, 차레대로 운용하고, 전방에 물체가 있을 때 정지하고, 근처에 생소한 물체(예: 시슴)가 있을 때 주의할 수 있다. 이러한 많은 노력은 이동체의 안전성을 강화하는 것이 목적이지만 자동화 증대를 통해 무인체계 기술도 지원한다.

UMS의 물리적 운용환경은 호르무즈 해협 같은 주요 항로 안에 전략적으로 위치하는 항구 안과 주변 또는 공해이다. 도로 및 “해상 교통 관제사” 없이 조종되지만 USV는 선박, 도크, 부유 물질 및 항해 보조 도구를 피할 수 있어야 하며, 적합한 해로로 항해해야 한다(즉, 좌초되지 않아야 함). 그리고 USV는 충돌 규정(Collision Regulations, COLREGS)에 따라 운용되어야 한다.<sup>70)</sup> 그러나 모든 해상 교통(군과 상업 교통 포함)이 항상 COLREGS

를 지키는 것은 아니므로 USV의 자율 운행을 개발하기가 더 까다롭다.

한편, UUV는 수중 장애물과 충돌할 위험이 있지만, 일반적으로 다른 이동체와 관련된 걱정은 없다. 그리고 수중 운용에 관한 항해 규칙도 없다 공해 같은 긴장 환경에서 운용되는 UUV는 통신 연결이 제한적일 때도 자율적으로 임무를 수행하는 동안 장시간 유지하기에 충분한 동력을 제공할 수 있어야 한다.

## 5.4 정책 및 규제 환경

무인체계 사업은 사업 계획이 시작되면 관련 당국의 모든 정책과 규정을 고려해야 한다. UGS는 미국 내에서는 교통부의 규제를 받는 공공 도로에서 운용되어야 하며 외국에서는 주둔국 정책을 준수해야 할 것이다. 교통안전국이 실시하는 프로젝트는 안전 표준 및 수행 요건 개발에 필요한 중요한 자료를 제공한다. 이것은 공공 도로에서 자율 이동체의 안전 시험 및 추후 운용을 보장하는 데 도움이 된다. UGS의 신기술은 해당 규제 당국으로부터 안전성 검사와 인증을 받아야 한다.

미국 선박의 안전 항해를 관리하는 주요 규정은 미 해양 경비대가 공표한 항해 규정이다.<sup>70)</sup> 이 규정은 국제 및 국내 수역에 적용될 수 있다. 국제 수역 규정은 1977년에 미국이 채택한 조약으로 1972년 국제 해상 충돌 방지 규정(International Regulations for Prevention of Collision at Sea, 72 COLREGS)을 수정한 규정에 기초하였다.

미국 의회는 충돌, 좌초 방지와 관련된 사안을 미 해양 경비대 사령관을 거쳐 교통부장관에게 알리기 위해 항해 안전 자문 위원회(Navigation Safety Advisory Council, NAVSAC)를 설치하였다. 2011년 5월에 NAVSAC은 UMS 이행에 필요하다고 판단되는 수정안을 포함하는 항해법을 준수해야 한다고 해양 경비대에 권고했다.

70) 국제 해상 충돌 방지 규정(COLREGS), 1972년.

71) COMDTINST M16672.2D, 항해 규정, 국제 - 국내, 23 2011년 11월 23일.

UMS는 안전 항해법 외에도 RF 통신 장비 운용과 수중 음파 탐지기 및 수중 음향 기기의 운용에 적용되는 환경 제한에 관한 기타 규정도 준수해야 한다.

국내 공역 안의 항공기 안전 운용은 FAA가 공포, 유지하는 FAR에 의해서 감독을 받는다. FAR 준수하기 위해서는 항공기 조종실 안의 조종사가 다른 항공 교통을 “발견 후 회피”해야 한다. 조종실 안에 조종사가 없으므로 당연히 UAS는 FAR을 준수할 수가 없다. 따라서 NAS 내의 제한 또는 경고 영역범위를 벗어나는 국방부 UAS 운용은 현재 FAA 명령 7610.4, 12장, 9항에 따라 FAA에 면제 또는 승인 인증(Certificate of Waiver or Authorization, COA)을 받아야 한다.<sup>72)</sup> 이 명령은 비행운용 의도에 대한 기술, UAS 특징, 연결 두절 절차 등 COA 요청에 포함되어야 하는 정보를 규정한다.

미국 주권 공역을 벗어나 외국은 자국의 주권 영역에 대한 지배권을 규정하고 행사하는 민간 항공 기관(FAA와 유사)이 지정되어 있다. 그리고 국제 공역(즉, 공해 상공)에서 운용하는 국방부 UAS는 임무에 부합되는 국제 민간 항공 기구(International Civil Aviation Organization, ICAO) 비행 절차를 준수한다. 그러나 국방부 정책(및 국제법)에 따라 ICAO 비행 절차를 준수할 수 없는 운용 상황일 때는 적정하게 고려하여 운용할 수 있다.<sup>73)</sup> 국방부 UAS는 지정 전투 공역에서 지정된 공역 제어 당국의 지침에 따라 운용한다.<sup>74)</sup>

#### 5.4.1 시험 및 인증

UMS 시험은 군 기관이 규정 준수를 인증하고 안전 운용을 입증하는 것을 요구한다.

USV는 사용될 유인 항공기 또는 함정과 동일한 요구 사항을 충족해야 한다. 일반적으로 무인체계 시험은 상당히 어렵고 비용이 많이 들 수 있다. 예를 들어, USV에 사람이 탑승하는 것이 불가능한 경우에는 추진 체계의 정확한 작동을 확인하는 데 상당한 시간과 비용이 든다. 해군은 USV 시험 지침을 개발하고 USV 인증 방식의 초안을 만들었다. 이 지침과 인증 방법 초안은 해군 수상정 연구소(Naval Surface Warfare Center Carderock) (노포크 파견대)에서 받아볼 수 있다.<sup>75)</sup>

72) FAA 명령 7610.4P, 12장, 9항.

73) DoDI 4540.01, 미군 항공기의 국제 공역 이용 및 미사일/포탄 발사, 2007년 3월 28일.

74) JP 3-52, 합동 공역 통제, 2010년 5월 20일.

공역에서 비행하려면 국방부 UAS의 감항인증을 받아야 한다. 감항인증은 체계 안전성을 위해 실시되는 핵심 획득 및 설계 절차이며 해당 공역 내에서의 소재, 사용 수명, 임무 소요가 포함된다.

인증 수준은 체계의 임무 소요에 따라 결정된다. 무제한 NAS 접근을 허용하는 인증은 막대한 비용이 들며 불필요할 수 있다. 공역 전체에 접근할 필요가 없거나 비용이나 기타 기술적 문제로 제한되는 체계의 경우 군 기관에서 UAS의 감항성 보고서를 발급할 때 운용을 제한할 수 있다. 혼잡하지 않은 공역 또는 특정 안전 조치를 필요로 하는 기타 특정 조건에서 합상 환경 내 비행이 그 예이다. 체계에 관한 정보가 거의 없거나 운용 위험이 너무 커 NAS 내에서의 운용을 허용할 수 없는 경우에는 제한 영역이나 경고 영역 내 또는 인구가 적은 지역 상공에서의 제한 비행과 같이 UAS의 NAS 접근이 매우 제한적으로 허용될 것이다.

#### 5.4.2 감지 및 회피(SAA) 능력

SAA는 조종석에 있는 조종사가 “발견 후 회피”해야 하는 FAR 요건과 UAS의 “무인” 특성 사이의 차이점을 좁히기 위해 제안된 기술적 접근 방식이다. 일반적으로 SAA 체계에는 그림 31에 나오는 여덟 가지 수행 능력이 포함되어야 한다. 국방부 UAS는 SAA 기술

1. Detect
2. Track
3. Evaluate
4. Prioritize
5. Declare
6. Determine Action
7. Command
8. Execute



그림 31 SAA 자체 분리 기능

75) Scott Sampson, 해군 수상정 연구소(노포크 파견대).



기반의 NAS 확장 접근을 위해서는 현재 FAA 정책, 지침 또는 규정이 바뀔 때까지 COA를 계속 사용해야 한다는 점에 주목해야 한다.

### 5.4.3 UAS 실행 위원회(ExCom)

UAS ExCom은 2009년 국방수권법(National Defense Authorization Act, NDAA)의 갈등 및 논쟁 해결에 관한 권고안에서 나온 것이다. 이것은 국방부, FAA, 항공우주국, 국토안보부의 고위 지도자들이 정책 및 절차 논쟁을 해결하고 국방부 및 기타 연방 기관 UAS를 NAS에 통합할 수 있는 해법을 찾기 위한 중심적 장치이다.

UAS ExCom은 2010년 10월에 UAS NAS 접근 계획을 승인했다. 이 계획은 UAS에 대해 NAS 통합 경로를 제공하는 데 필요한 주요 일정, 정책 권고안, 비행 표준 및 운용 절차를 다룬다. ExCom은 UAS NAS 접근성을 크게 높일 수 있는 정책 및 절차 업데이트뿐만 아니라 COA 절차의 지속적인 개선을 포함해서 계획에서 확인된 여러 문제와 권고안을 계속 연구하고 있다. 그리고 ExCom은 COA 만료 간격을 12개월에서 24개월로 연장하고, D 등급 공역에서 인접한 제한 또는 경고 영역으로의 전환을 허용하는 데 협약을 승인하였다. ExCom은 그 밖에도 다음을 포함한 몇 가지 정책 관련 UAS 문제의 개선을 위해 적극적으로 노력하고 있다.

- D 등급 공역에서 여러 무인 및 유인 운용을 허용하는 절차의 개발
- 군 이착륙장에서 UAS의 D 등급 공역 운용 절차 간소화
- SUAS의 G 등급 공역 절차 간소화 및 접근 확대
- 원격 운용 영역에서 UAS 비행 제한적 허용

## 5.5 기술 적용

무인체계에는 SoS가 포함될 수 있다. 예를 들어, USV에 UAS와 UUS가 탑재되거나, UAS가 비행 중에 다른 UAS에 연료를 제공하거나, UAS가 UGS용 통신 중계국으로 배치될 수 있다. 무인체계는 유인 요소가 포함된 더 큰 체계의 일부도 될 수 있다. 기술 개발을 통해 나머지 체계 구성요소 또는 기타 체계에 미치는 영향을 평가해야 한다.

기술을 통해 체계의 성능이 향상될 것이며 체공 시간 연장, 동원 인력 감축, 비용 절감, 필요한 장소 및 필요한 시점에서 좀 더 관련성이 높은 정보를 제공하는 것이 가능해질 것이다.

### 5.5.1 무인항공체계

현재 UAS가 전투원에게 제공하는 핵심능력 중 하나는 지속성(예: 지속적인 ISR)이다. 기술 개선을 통해 지속성이 훨씬 더 확장될 수 있으나 기술을 통합하면서 운용환경도 고려해야 한다. 기술 적용의 한 예가 탑재 데이터 처리이다. 이 자동화 기술은 ISR 데이터를 전투원에게 전송하는 데 필요한 필수 대역폭을 최소화하는 데 도움이 되며 정보 담당관의 작업부하 절감과 킬 체인(kill chain) 시간의 단축에도 적합할 수 있다.

핵심 기술은 UAS가 C2 링크, SAA 시스템, 센서, 디스플레이, 분리 알고리즘, 상호 운용성을 포함한 운용환경에서 직면하게 될 수 있어야 한다.

#### 5.5.1.1 C2 링크

UAS의 필수 구성요소로서 링크 스펙트럼 가용성, 지연 시간, 신뢰성과 관련된 문제의 해법은 모든 운용환경에서 개발해야 한다. 주어진 C2 및 SAA 위치(레이더가 사용되는 곳)에서 UAS가 운용되려면 스펙트럼 고려사항이 완벽하게 파악되어야 한다. LOS 내에서 C2에 대해 미국과 기타 국가들은 전 세계에서 항공 이동(경로) 서비스 5030-5091MHz 대역을 사용할 수 있도록 스펙트럼 할당을 승인하였다. BLOS의 경우, 세계 무선통신 회



의(World Radiocommunications Conference, WRC)가 WRC-12에서 결정을 내리지 못했지만 WRC-15에서 결정을 위한 연구를 계속할 것이다. WRC-12는 SAA에는 추가 스펙트럼 할당이 필요 없다고 결정했다.

#### 5.5.1.2 SAA 체계

SAA 체계(지상, 공중, 기타 또는 통합)는 여러 기술의 효과적인 이용에서 나올 것이다. SAA 체계는 감지 및 추적용 센서, 유자격 조종사/운용자에게 상황 인식을 제공하는 디스플레이에 정보를 전송하는 C2 하위 체계와 다양한 자율성 수준에 따라 조종을 제안 또는 시행하는 알고리즘을 포함하는 시스템 운영체계가 될 것이다. 복합 SAA 체계는 모든 비행 안전성을 유지 또는 강화하면서 소규모와 대규모 UAS 환경에서 편대 비행 또는 여러 함상 작전을 가능케 할 것이다.

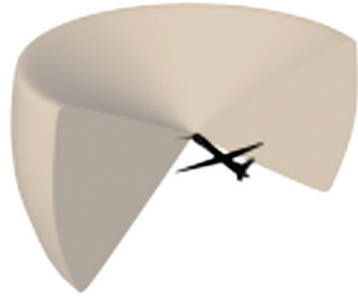
##### 5.5.1.2.1 지상 기반 SAA(GBSAA) 체계

GBSAA 체계는 센서, 디스플레이, 통신 및 소프트웨어의 지상 기반 체계를 이용해 정해진 공역 공간 내에서 UAS 운용에 대해 안전이 분리되도록 설계되었다. 센서는 감지 및 추적 기능을 수행하며 알고리즘 및/또는 디스플레이는 조종사/운용자가 위험을 피하게 최적의 조치 과정을 평가, 우선순위 결정, 선언 및 결정하는 것을 도와준다. GCS나 운용 스테이션에서 조종사/운용자에게 임무에 필수적인 정보를 제공하여 조종사/운용자가 공역에서 안전한 운항을 결정할 수 있게 해준다. 추가 개발을 통해 조종을 자동화할 수 있으며, 공역을 좀 더 효율적으로 사용하고 항공 교통 관리 업무를 용이하게 할 수 있을 것이다.

##### 5.5.1.2.2 공중 감지 및 회피(ABSAA) 체계

ABSAA 개발 노력은 적정 수준의 안전을 보장하는 자체 분리 및 충돌 회피를 하기 위해 탑재 능력에 초점이 맞추어져 있다. 이 능력은 모든 등급의 공역에서 안전하고 효율적인 방식으로 다른 항공기와의 충돌과 분쟁을 피하는 능력을 조종사/운용자에게 제공하기 위한 것이다. 이 기술의 초기 버전은 조종사/운용자가 조종을 시작해야 하는 GBSAA 초기 단계와 비슷하게 작동할 수 있다. 그러나 그 작업은 체계가 분쟁을 확인하여 대응할 수 있는

곳에서 항공기 또는 조종사 참여형(pilot-on-the-loop) 운용으로 자율적인 작동을 지원할 수 있도록 실행되고 있다. 현재 사업에는 기술 혁신 및 통합에 따라 허용되는 경로 도중/등급 A, 우회/등급 E/등급 G 운용으로 국방부가 적정하게 고려하여 운용할 수 있는 공역 내 비행의 단계적 검증 일정이 있다.



### 5.5.1.3 센서와 디스플레이

여러 유형의 제어 시스템과 여러 플랫폼에 확장할 수 있는 상호운용이 가능한 공통 센서를 개발하는 것이 현재의 재정 환경에서 가장 적합하지만 UAS 센서는 임무 환경에 맞게 최적화해야 한다. 센서 소형화를 통해 더 작은 UAS의 능력을 추가할 수 있으며, 단일 플랫폼에서 더 많은 정보를 수집할 수 있는



그림 32 UAS 조종사 시뮬레이터 훈련

능력을 지원할 수 있게 된다. SAA 기능에 맞게 제작된 디스플레이는 GBSAA 또는 ABSAA 적용과 상관없이 전체 군과 항공 교통 서비스에서 호환되고 공통되는 디스플레이여야 한다(그림 32 참조). 이 호환성은 훈련비용을 줄여주고 공통의 용어와 이해의 개발을 가능하게 해줄 것이다.

### 5.5.1.4 분리 알고리즘

조만간 조종사/운용자는 모든 UAS 행동에 대한 직접 결정 권한을 갖게 된다. 이 접근 방식을 “파일럿 참여형(pilot-in-the-loop)”이라고 한다. 접근 충돌 회피 및 자체 분리 실패 시나리오를 토대로 분리 알고리즘을 추가하면 조종사/운용자의 임무 완료에 도움이 된다. 이러한 알고리즘은 자율체계에도 필요할 것이다. 이 능력은 NAS, 외국 공역, 전투



구역에서 적용되지만, 항공 교통 서비스가 제공되지 않는 “적정 고려” 규정에 따라 비행이 실시되는 공해와 기타 영역에서 거의 적용할 수 있을 것이다.

### 5.5.1.5 상호운용성

UAS는 점차 유인 자산과의 상호작용이 필요한 혼잡한 공역에서 운용될 것이다. UI2 CBA는 공역 통합 및 상호운용성 능력에서 IOP 간 차이를 확인하고 그 우선순위를 정했다.

지상에 있는 의사결정자들이 상황 인식 강화를 위해 유인 항공기와 무인 항공기 모두의 센서 체계에 접근할 수 있어야 한다. ISR 연속성을 유지하기 위해서는 항공기 사이에 비디오 데이터 전송이 가능해야 한다. 따라서 상호운용성 표준을 마련하여 정확한 정보가 올바른 수신자에게 전달될 수 있게 해야 한다. 이 유형의 상호운용성 초기 단계는 2011년 9월 육군의 유인 무인체계 통합 능력(Manned Unmanned Systems Integration Capability, MUSIC) 훈련에서 시연되었다. 국방부 상호운용성 목표를 달성하기 위해서는 이 기술이 군 기관 전체에서 지속적으로 성숙해야 한다.

### 5.5.1.6 그 외 기술

기술을 사용하여 적대적 환경에서의 생존성을 높이고 무인체계의 전체 신뢰성도 향상할 수 있다. 신뢰성이 향상되면 우려하는 일반 국민의 태도가 좀 더 수용적으로 바뀔 것이다. 전력 체계는 UAS의 항구성을 연장해 제한된 비행 가능 영역 선도가 더욱 확장될 수 있다. 그리고 센서 탑재체가 계속 향상되고 수집하는 데이터(예: FMV)가 증가하므로 제한된 가용 대역폭 내에서 지상으로 전달되는 관련 데이터를 지능적으로 걸러낼 수 있는 데이터 처리 기법이 필요하다.

## 5.5.2 무인지상체계

광범위한 환경에서 효과적인 조종 능력은 UGS가 충족해야 하는 요구 사항이다. 이러한 환경에는 발사, 언덕이나 계단 오르기, 뛰어넘기, 수직 착륙이 포함될 수 있다. 이 능력을 발전시키는 기술은 주로 자율성, 센서, 회피 알고리즘이다.

### 5.5.2.1 자율성

UGS의 자율 운행 능력은 환경의 정확한 모델을 생성하기 위해 추구하는 인식 체계의 정확성과 견고성에 크게 좌우된다. 현재 기술로는 모든 유형의 환경을 다룰 수 있는 인식 체계를 설계하기가 매우 어렵다. 이 문제를 어느 정도 해결하기 위해 현재의 최첨단 UGS는 처음부터 끝까지 현재 예상 환경 안에서 운용되도록 설계된다. 이러한 예상이 적중할 때 UGS가 효과적으로 운용되는 경우가 많다. 그러나 환경이 예상과 다르면



UGS가 의도한 대로 운용되지 못할 것이다. 이 문제를 해소하기 위해서는 다양한 환경에 맞게 적용할 수 있는 인식 체계를 갖추는 것이 좋다. 적용할 수 있으려면 UGS가 환경의 상황을 이해하고 이 상황이 바뀌는 시점을 인식해야 한다. 상황을 이해하는 방법의 하나는 비디오 영상 분류이다. 환경이 분류되면 UGS가 인식을 조절하여 실행 시간에서 UGS의 인식 요구를 구체적으로 다루어야 한다. 여러 요인에 의해 환경으로 상황 정보를 구축하는데 필요한 임무 인식, 환경 복잡성, 이동 요구 사항, 센서 능력 등의 UGS 인식 요구가 결정된다. 이러한 요인을 지원하는 기술에는 자율성, 통신, 동력, 시야, 구조, 전투원 기기 인터페이스, 조종자, 지형 이동성, 탑재체와 관련된 하드웨어와 소프트웨어가 포함된다.

### 5.5.2.2 센서 및 회피 알고리즘

무인체계의 충돌 회피 시스템이 UAS에 맞게 제작되었지만, 이것을 지상 체계에도 적용해야 한다. 이 기술의 예로는 충돌 회피 알고리즘, 교통 패턴 인식, 항법이 있다. UGS용 회피 시스템은 UAS 기술에서 가져올 수 있어, 자동차 산업에 개발기술을 활용할 좋은 기회이다. 또한 자동차 산업은 처음부터 안전성 향상에 초점을 맞추고 자금을 투입하여 연구 개발 기술을 적용할 능력이 훨씬 더 우수하다. 이러한 기술 발달은 대부분이 UGS 안전성 향상에도 적용될 것이다.

### 5.5.2.3 그 외에 고려해야 할 UGS 기술

다른 기술은 의도한 환경 내에서 UGS의 유연성을 높여줄 수도 있다. 특히 센서가 복잡해지면서 상호운용성은 비용 절감과 효율 향상을 위해 매우 중요한 고려사항이 될 수 있다. 이중용도 센서, 상위/하위 데이터, 데이터 저장, 보안 통신링크와 같은 사항은 모두 평가해야 하는 중요한 것이다. 이동체 간 통신은 장비를 갖춘 이동체 사이에서 데이터 메시지를 주고받고 운전자에게 충돌 가능성을 경고하는 데이터를 해석하여 안전성을 크게 높일 수 있다. 상위 자동차 제조업체들은 민간 자동차 부문의 다양한 기술을 이용해 시제품을 빠르게 개발하고 있다. 이러한 기술은 연료와 시간 절약 및 안전성 향상을 통해 민간단체에 이익이 되며 국방부에도 분명히 이익이 될 것이다.

## 5.5.3 무인해양체계

UMS는 다양한 용도로 사용할 수 있을 것이다. 그것은 항구 내에서 보안을 보장하고, 선체에서 문제를 조사하고, 기뢰를 제거하고, 핵심 수역을 지키고, 해양에서 추적 등의 임무를 수행할 수 있다. 운용환경 때문에 이러한 능력을 지원하는 기술이 특별할 수밖에 없다. UAS처럼 지속성은 UMS가 제공할 수



있는 주요 능력이다. 그러나 UAS와 달리 UMS는 지속성 이상의 능력을 지원한다. 예를 들어, UAS의 가장 큰 문제는 악천후나 가시성이 나쁠 때는 운용하지 못한다는 것이다. 반면에 UUV는 열악한 기상 조건에서도 운용할 수 있다. 따라서 국방부는 지속적으로 기뢰 투하하는 것을 조사하거나 잠수함 같은 적군의 위협을 추적할 수 있다. 모든 경우에서 지속성은 전력, 추진 체계, 자율성, 데이터 처리, 통신 체계, 센서의 개선을 필요로 한다.

### 5.5.3.1 전력 체계

장기 지속성을 위한 동력 제공은 분명히 어려운 문제다. 고속으로 이동하는 표적을 격퇴할 수 있는 능력을 갖출 때만 동력이 필요한 것은 아니다. 예인에도 동력이 필요하

다. 예를 들어, 기뢰전 임무에는 일반 함선의 능력을 훨씬 상회하는 상당한 예인 부하가 일반적으로 요구된다. 일부 지원 탑재체도 동력이 많이 소모된다. 다른 UUV나 USV를 싣고 있는 USV는 나머지 탑재체를 재충전하거나 재급유해야 하는데 이 때문에 동력이 더 많이 소요될 것이다.

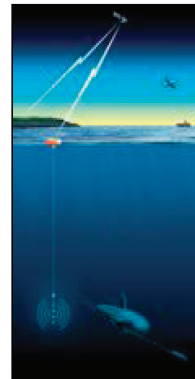
### 5.5.3.2 자율성과 데이터 처리

UAS나 UGS처럼 UMS도 특정 임무를 사전에 프로그래밍할 수 있다. 예를 들어, UUV는 항구 내 위협에 대해 자율적으로 선체를 조사하거나 다른 생소한 개체를 찾아내거나 지리 영역에서 기뢰를 찾아낼 수 있다. 그러나 자율성 수준이 높아지면서 이 기술도 복잡해지고 있다. 적절한 자율성 수준은 비밀 임무의 지속성에서 중요한 역할을 한다. 즉, 그 능력은 적군을 탐지하여 피하고, 접근하는 함정, 어망 같은 장애물이나 바위 또는 산호 군집 같은 좀 더 일반적인 장애물을 탐지하여 피할 수 있다. 자율성은 특히 비밀 임무나 장기 임무에서 UMS 내부 장애를 적절한 방법으로 진단하고 대응하는 능력(장애 관리)에서도 중요한 역할을 할 수 있다. 이런 유형의 임무에서는 탐지된 위협의 추적 정보를 증계하는 것과 같이 UMS가 필요에 따라 중요한 관련 정보를 전송할 수 있는 능력이 필요하다.

데이터 처리는 원시, 저장 데이터 대신 빔 형성 음파 탐지 영상같이 양이 줄어드는 데이터를 품질 훼손 없이 전송할 수 있다. 사전 처리를 통해 전송된 데이터의 양을 줄여야 하는 것은 물론 자동 표적 인식을 통해 표적을 구분할 수 있어야 한다. 즉, 사람이 해석할 전체 영상을 전송하는 대신 관심 집점만 보고한다.

### 5.5.3.3 통신 체계

UMS의 통신 체계 때문에 첨단 데이터 처리 기법이 필요하다. 수중 C2의 한계로 인해 원격 작동 솔루션이 배제되는데 이러한 한계 때문에 UUV 자율성이 필요하다. 음향 신호의 대역폭이 RF 신호보다 훨씬 더 낮아 무선 데이터 전송속도가 저하된다. 비밀 작전에서는 운용자에게 상황을 인식하고 UUV에 대한 관리 제어할 수 있도록 C2 링크가 장거리에 걸쳐 수중 환경으로 확장해야 한다.





#### 5.5.3.4 첨단 센서

신기술은 환경 조건에 따라 센서를 사용함으로써 무인 전술 계획과 센서 설정의 실시간 조정 및 최적화가 가능하게 한다. 사람이 센서가 최적으로 작동하지 않는 것을 인지하는 것이 불가능하므로 자체 조정을 통해 능력을 최적화할 수 있는 능력이 센서에 있어야 한다. 그리고 다음과 같은 영역의 개선도 필요하다.

- **해양 환경 대비.** 일반적으로 대부분의 상용 센서는 UAS에 맞게 제작되었다. 그 환경은 USV와 UUV에 비해 더 단순하다. 염수도 문제가 되지만 충돌에 따른 충격과 가속도는 UA의 경험치를 훨씬 상회하는 수준이다.
- **내장 시험.** 센서는 제대로 작동하지 않을 때 이를 파악하여 보고하고 제어체계가 적절히 대응할 수 있게 하는 능력이 있어야 한다.
- **자료 융합.** 향후에 실제로 유용하게 사용되기 위해서는 센서 데이터 출력이 보다 세계적 관점에서 제공하는 융합 엔진에 통합되도록 표준화하여야 한다(즉, 무인체계의 주변 환경 파악).
- **추가적인 능력.** 센서는 더 빠른 운용을 고려해야 한다(즉, USV 속도가 증가함에 따라 카메라와 레이더가 이동체가 대응할 시간을 갖도록 적합한 조치 과정을 결정하기 위해 더 멀리 그리고 더 명확하게 볼 수 있어야 한다).

센서를 계속 개발하고 발전시켜 해양 환경에서 훨씬 더 큰 능력과 견고성을 갖도록 해야 한다.

## 5.6 향후 전망

기존 규제 환경 내에서 운용하기 위해서는 무인체계에 맞춘 정책이 계속 개발되고 있으므로 기존의 정책 기틀을 준수하거나 정책 면제를 받아야 한다. 체계 개발 초기에 규제 및 문화적 장애 요소를 철저히 고려해야 한다. 이런 상황에서 기술 개발과 시험은

적절한 요구 사항, 표준, 규정을 구체화하는 데 도움이 될 것이다. 산업계는 “첨단” 기술로 가능한 틀을 만드는데 도움이 될 것이며, 사업에 재정적인 책임을 정의할 것이다. 표준과 규정이 완성되면 POR이 예상을 종합한 자체 체계의 요구 사항을 만들 수 있다.

## 5.7 사례 연구: 공중: 감항성 및 GBSAA

UAS가 요구되는 군 사업과 CDR은 임무에 필요한 공역 유형을 정의해야 한다. CONOPS는 외국 공역에 배치하기 전에 훈련할 NAS를 고려하여 운용환경을 정의해야 한다. NAS에서 UAS 비행을 위한 두 가지 중요한 요인(이 둘이 유일한 요인은 아니지만)은 FAR 또는 COA 요구



사항을 준수하기 위한 이동체의 감항성과 SAA 솔루션이다. 다음에서 텍사스 주, 포트 후드 기지에 있는 육군 Gray Eagle 사례 연구에서 이 두 요인을 간략하게 살펴본다. 현재 Gray Eagle는 합동 사용 D 등급 공역에서 조금 떨어진 제한 공역으로 이동하기 위해 COA에 요구한다.

유인체계처럼 Gray Eagle 이동체도 감항성 인증을 받아야 하고 의도하는 공역에서 비행할 장비를 적절히 갖추어야 한다. 항공기 구조, 추진 체계, 제어 중복, 소프트웨어, 제어 링크는 군의 기술 감항국(Technical Airworthiness Authority, TAA)에서 정의한 특정 표준에 따라 모두 인증을 받아야 한다. 그러나 육군은 인증 비용이 너무 많이 들기 때문에 Gray Eagle을 유인 항공기 표준으로 인증하기로 했다. 따라서 육군 TAA는 잠재적 고장 위험과 도로를 가로지르고자 할 때 비행 경로 아래의 인구 밀도를 고려한다. 지상에 있는 사람과 재산의 위험을 최소화하기 위해 Gray Eagle은 도로와 직각으로 비행하거나 다른 유사한 주의조치를 취해야 할 것이다.



육군은 훈련 임무를 달성하기 위해 UAS가 이동해야 하는 공역, 이 공역에 필요한 장비 일체, 일반 항공기 교통 패턴, 주변 지형 및 기타 잠재적 위험 요소를 명확하게 파악하고 있다. 육군은 임무 요구 사항과 비용을 토대로 선택된 SAA 솔루션을 GBSAA로 결정한다. GBSAA 레이더는 공역을 모니터링하여 교통 충돌 가능성을 조사하고, 알고리즘은 충돌 가능성을 평가하며, 운용자가 떨어짐을 유지할 수 있도록 방향 변경을 제시한다.

이러한 노력을 조합으로 육군은 다른 공역 사용자와 지상에 있는 사람들과 재산에 관련하여 공역을 안전하게 운항할 수 있다. 이 솔루션은 전체 부대를 다른 위치로 이동할 때처럼 많은 비용을 발생시키지 않고 훈련 임무를 달성할 수 있는 능력을 제공한다.

## 5.8 요약

기술이 급속히 진화하고 있고, 이러한 빠른 진화로 인해 규제 당국은 필요한 규정을 적시에 제공하기가 어렵다. 또한, 군 기관들은 국방부의 획득 및 관리절차를 준수하며 비용을 낮추기가 어렵다. 물리적 환경과 규제 환경을 포함하는 운용환경의 모든 측면을 획득 수명주기의 모든 단계에서 고려해야 한다. 요구 사항과 표준을 계속 개발해야 하지만 현재 각 군 기관에서 지침을 받을 수 있다.

무인체계는 물리적 환경의 비행 가능 영역 선도를 넓히는 데 적합하다. 무인체계는 위험한 상황에 투입되어 조종사, 운용자 또는 관제사의 위험을 막을 목적으로 제작되는 경우가 많다. 그림 33에 나오는 연대표는 향후 25년 동안 전체영역에 걸친 능력의 성공적인 증가에 대한 기술 경로를 보여준다.

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+	
기술 계획	UAS	단기 C2 링크 확보, GBSAA 인증, 디스플레이 인증, 센서 개선, 상호운용 가능한 탑재체					중기 ABSAA 및 분리 알고리즘 인증 장비 통합					장기 SAA 통합, 차세대에 맞게 진화		
	UGS	물리적 구조 확대, 특정 과제의 자율성 증대, V2V 통신					자율 체계 및 회피 알고리즘 확대					자율성 구조		
	UMS						효과적인 자율 체계 및 회피 알고리즘, 보안 구조							
요구되는 능력	UAS	NAS에 대한 접근 증분, 효과적인 정보 융합					NAS에 일상적으로 접근, 적정 고려 능력, 효과적인 활용					NAS와 전 세계 비행의 안전성과 효율 증대, 효과적인 포렌식스 (forensics)		
	UGS	견고한 물리적 능력					효과적인 유인-무인 팀편성					적용 가능한 체계		
		국소 영역의 특수 임무용 자율성, 체계 네트워크화					확장된 지리 영역의 임무 증가					전 세계 자율성 임무		

그림 33 운용환경 기술 개발 연대

# 제 6 장

## 군수 및 유지



- 현재 유지 환경
- 문제점
- 군수 및 유지에 따른 어려움
- 향후 전망
- 유기적 병참 유지보수 계획
- 유지 지표와 성과 기반 군수
- 합동 군수 통합

2013~2038  
미국의 무인체계 통합 로드맵

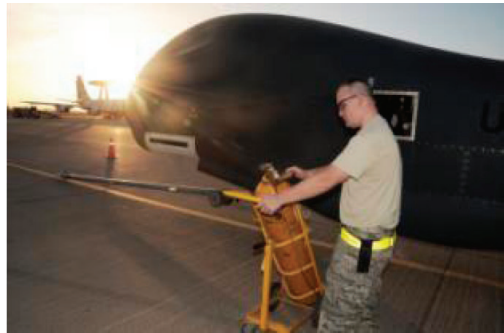




## 제6장 군수 및 유지

### 6.1 현재 유지 환경

다양한 유형의 무인체계를 신속하게 개발하여 대량으로 실전에 배치하는 일은 유지관리의 측면에서 국방부에 상당한 부담이 된다. 또한, 무인체계 운용이 합동 작전과 다국적 연합과 관련된다면 지속유지 부담은 더욱 가중된다. 합동 임무 요구 사항은 전투사령관에게 부여된 특정 임무 요구 사항을 충족할 수 있는 군수 능력에 맞추어야 한다.



그러나 점점 진화하고 있는 전투원 요구 사항을 미처 충족지 못한 경우에는 체계를 급히 재설계해야 하는 사례가 종종 발생하고 있다.

빠르게 진화하는 기술과 경제 상황은 무인체계가 충족하여야 하는 신뢰성, 정비성, 경제성 등의 요구 사항 이행 능력에 영향을 미친다. 예산 압박이 증가함에 따라 비용 대비 효과가 더 좋은 솔루션을 개발하는 것 또한 중요한 이슈가 되고 있다.

## 6.2 문제점

실전에 배치된 1세대 무인체계는 전투원에게 시급히 필요한 능력을 신속하게 전달하는데 초점이 맞추어져 있었다. 이렇다 보니 장기적인 지속 가능성 계획은 주로 개발 주기 후기에 포함되어 있었다. 대부분 사업은 촉박한 인도 일정을 포함해 여러 기준을 충족해야 하는 단일 주 계약자에 의존하는 수직 통합, 공급업체 독점 솔루션으로 조달되었다. 이렇게 현장에 신속하게 배치되는 사업은 신뢰성과 지원 가능성의 측면에서 성숙되지 않은 상태인 경우가 많으며 계약자 군수 지원(Contractor Logistics Support, CLS)<sup>76)</sup>에 크게 의존한다. 대부분의 경우에서 무인체계는 유인 플랫폼과 유사하게 낮은 비용으로 이용할 수 있는 신뢰성과 정비성에 대한 투자가 필요하다. 그러나 신뢰성, 정비성 및 수명주기 비용은 2차적 고려사항이었기 때문에 이와 관련된 활동들이 설계 초기에 적용되는 경우는 드물 수밖에 없었다. 사업에서 장기 유지를 계획할 때는 확인된 전투원 요구 사항을 낮은 비용으로 충족하면서 법적 요구 사항과 국방부 정책을 준수할 수 있는 수명주기 유지 전략을 구축해야 한다.



## 6.3 군수 및 유지에 따른 어려움

무인 능력을 현장에 신속하게 배치하면서 군수와 유지 계획 및 시행 영역에 다음과 같은 문제들이 발생하고 있다.

76) 군에서 운용하고 있는 장비를 민간업체와의 계약을 통해 정비지원수리부속지원기술지원의 일부 또는 전부를 일정 기간 수행할 수 있도록 하는 제도

- 비-POR(Program of Record) 유지
- 제한적 RAM 데이터
- 필요한 핵심 군수 능력 지원
- 계약자 군수지원 시스템에서 편제상 능력으로 전환
- 수명주기 유지 계획 미성숙 또는 결여

### 6.3.1 비-POR 유지

초기에 사용자 운용 평가 체계 또는 JUON에 대응하기 위해 신속하게 실전에 배치된 사업이 이후 전투 능력을 지속시키는 POR로 전환되었다. 각 군은 시급한 전투원 요구를 무인체계 능력으로 충족시킨다는 급박한 목표 때문에 체계의 지속 가능성의 성숙 및 향상보다는 “제품을 즉시 얻는 것”에만 초점을 맞추



었다. 따라서 조달 실패 및 제품 지원사용 데이터를 포함해 장기적으로 체계를 지원하는 데이터 전략 개발이 종종 이루어지지 않았다. 군은 POR의 개발 버전을 신속한 대응 능력으로 실전에 배치하고, 비-POR 센서 및 무기 능력을 POR 플랫폼에 배치하고, 여러 POR 소량 생산 단위를 초도 운용 시험 및 평가(Initial Operational Test and Evaluation, IOT&E) 완료와 공식 IOC 전에 배치하는 방식으로 전투원의 요구를 충족해왔다.

군은 단기적으로 현장 전투원 준비를 지원하기 위해 혁신적이면서 간혹 임시적인 군수 개념을 개발하기도 했다. 예를 들어, 2006년에 육군 물자 사령부는 RS-JPO에 합동 로봇 수리 시설(Joint Robotics Repair Facility, JRRF) 및 합동 로봇 수리 파견대(Joint Robotic Repair Detachment, JRRD)를 통해 현장 지원을 제공하는 업무를 맡겼다. JRRF는 실전 배치, 유지, 훈련 평가, 자산 회계를 동시에 제공한다. 그리고 운용 지침, 예방 정비 확인, 서비스 및 문제 해결 등도 지원한다. 쿠웨이트와 아프가니스탄에 만들어진 JRRD는 상용

기성품(Commercial Off-The-Shelf, COTS) 로봇체계의 획득 및 실전 배치로 발생하는 육군의 유지보수 능력의 부족함을 채워준다. 이러한 조직은 표준 육군 군수 체계 및 병력 구조 외부에서 운용되며 로봇 장비를 지급하고 수리하는데 이러한 시설에는 정부 인력과 계약업체 인력이 함께 임무를 수행한다.

### 6.3.2 제한적 RAM 데이터

무인체계의 능력 대부분은 완전하게 성숙되지 않았거나 체계의 RAM 요구 사항 충족이 입증되지 않은 개발 단계에 있는 다수의 소량 생산형태로 제공되어왔다. 신뢰성이 충분히 입증되지 않았기 때문에 장기적인 체계 가용성과 경제성 문제가 뒤따르게 된다. 일반적으로 신뢰성은 운용 및 유지비용을 설계로 조절할 수 있는 단일 요소 중에서 가장 큰 동인이기 때문이다. 전투원에게 엄청난 능력을 제공하지만, IOT&E에서 운용 유지 기준을 충족하지 않아 부적합 판정을 받는 체계가 많다.

### 6.3.3 필요한 핵심 군수 능력 지연

이러한 필수 능력을 현장에 신속히 배치하면서 유지 요구 사항을 충족하는 일은 OEM에 의존하게 되었다. 주 계약자는 자사 체계의 운용 준비도를 보장하기 위해 계약자군수지원(CLS) 제공을 담당한다. 많은 경우에 군급 조직 및 중간수준 정비단계에서의 유지보수 능력이 거의 정립되지 못했다. 사업 담당국은 병참 창고 유지관리 요구 사항 충족을 주 계약자의 생산 능력에 의존했다. 편제상 병참 능력의 정립이 지연되면서 사업이 법적 요구 사항과 충돌되었다. 일부 사업은 계약자 지원에서 편제상 능력으로 전환되기 시작했다. 그러나 계약자의 독점 기술 데이터 권리 주장,<sup>77)</sup> 지원 장비 및 설비의 투자비용, 부품 노후화, 잦은 소프트웨어 업그레이드로 단기 병참 능력 구축에 어려움이 생긴다.

77) 10 USC 2320에는 계약자나 하청업자가 자체 비용으로 개발한 품목의 경우 계약자나 하청업자가 미국이 기술 데이터를 정부 이외의 개인에게 공개할 권리를 제한할 수 있다고 명시되어 있다. 그리고 이러한 제한은 운용, 유지보수, 설치 또는 훈련에 필요한 기술 데이터에는 적용되지 않는다고 명시되어 있다.

사업 간 유기적 유지보수 효율과 공유성 조성을 위한 노력에서 각 군은 서로 협력하여 공통의 유지 개념 및 능력을 구축할 때 가능한 상승효과를 찾기 시작했다. 2011 회계연도에 UAS Organic Depot Study는 주요 하위 체계를 토대로 제한된 수의 병참 창고에 수리 능력을 구축하여 기존 병참 능력과 수용량을 활용할 것을 권고했다(6.7.1의 그림 35 참조). 합동 군수 지원국은 작업부하 할당 통합을 승인하고 공군 항공전자, 지상 전자, 소프트웨어, 센서 작업부하를 추가로 평가하여 통합 가능성을 확인하도록 지시했다.

### 6.3.4 계약자 군수지원에서 편제상 능력으로 전환

무인항공기 시스템은 동일한 시스템 계열을 선택하여 각 군의 정보감시정찰과 무기 플랫폼의 요구 사항을 충족하는 경우가 많아 다양한 플랫폼과 센서 사이의 공통성 수준이 높다. 그러나 CLS 주 계약자를 이용해 신속 배치된 능력을 유지하는 초기 전략 때문에 다양한 프로그램 사업국에서 공통성을 인식하기 시작하면서 개발 주기 후기에 유기적 지원으로 전환하는 계획을 수립할 때 투자비용을 줄이는 공통 군수 인프라를 만들어 공통성을 활용하고 있다.

대부분의 경우에 CLS 계약은 성과 기반이 아니었다. 즉, 지정된 수준의 준비도를 요구하는 대신 OPTEMPO와 요구 사항 변화에 유연하게 대응할 수 있는 실비 정산 실적 보수 협약이었다. 이러한 협약은 전투원 운용능력을 현장에 신속하게 배치하는 장점이 있지만 편대 규모가 성장할수록 좀 더 경제적인 유지 솔루션이 필요하게 된다.

### 6.3.5 수명주기 유지 계획 미성숙 또는 결여

실전에 배치된 무인체계는 다른 플랫폼과 달리 관리나 보수가 자주 이루어지지 않는다. 예를 들어, 육군 지상무인체계는 플랫폼의 운용 시급성과 독특성 때문에 표준이 아닌 방식으로 기술을 병력에 통합해야 했는데 이 때문에 기존에 정립된 여러 절차를 우회하는 병행 관리 체계라는 부수적 결과물이 나왔다. 로봇 계열의 RS-JPO 유지 전략에는

현재 플랫폼을 최신 기술로 개선 및 개량하는 것이 포함된다. 현장에서 축소되면서 RS-JPO는 로봇체계의 장기 보관 및 향후 처분이 포함되는 축소 전략을 개발하고 있다.

육군은 로봇체계에 포함된 기술을 처리하기에 적합한 유지보수 교리가 없다. 육군 안에서 로봇 기술의 개발, 시험 및 획득 업무에 참여하는 소수의 운용자 및 인력 조직에서만 이러한 기술의 영향을 잘 알고 있을 뿐이다. RS-JPO는 데이터베이스와 데이터 분석 방법을 개선하고, 상위 유지 부품의 원가 동인을 줄이고, 수리 가능한 부품은 외부에서 조달하는 방식으로 유지보수 전략을 개선하는 노력을 시작했다. JRRF는 카탈로그 주문 군수 추적 체계(Cataloging Ordering Logistics Tracking System)의 데이터 수집 및 분석 방법을 개선하여 MTBF를 확인하고 늘리며 구조적 부품 문제를 찾아 소비되는 부품 수를 줄이길 희망한다. 그리고 RS-JPO는 현재 OEM과 함께 상위 유지 부품 원가 동인의 수리 대 교체 비용을 분석하여 회수 유지보수 조치가 효율적으로 달성되는지를 확인하고 있다. 향후 계획에는 부품 수리를 비-OEM 계약자에게 맡기는 것도 포함된다. JRRF는 수리 절차를 개발하고 정리하여 모든 파견대 및 훈련 현장에 기술을 지원하는 센터 역할을 계속하고 있다.

비-표준 장비(Non-Standard Equipment, NSE)의 형상이 다양하여 유지에 여러 가지 어려움이 있다. 최적의 목표는 플랫폼 전체의 모듈화를 통해 Plug and Play 적응성을 갖는 것이다. 이러한 접근 방식으로 필수 수리 부품 수를 줄이고 플러그 앤 플레이 방식의 탑재체로 여러 능력 요구 사항을 충족할 수 있을 것이며 아울러 편대수명이 극대화되고 수리 및 예비 부품 구입에 드는 비용도 크게 줄 것이다.



## 6.4 향후 전망

무인체계를 빠르게 개발하고 실전 배치하는 환경에서 장기적인 유지 환경으로 전환하기 위해서는 사업에서 수명주기 관리 접근 방식을 취해야 한다. 당분간 무인체계 1세대의 능력을 유지하기 위해서는 전투원의 기준 요구 사항을 충족하는 경제적인 수명주기 유지 해법이 나와야 한다. 새로운 무인체계와 능력이 개발되므로 새로운 사업에서는 그동안 얻은 교훈을 적용하여 장기 지속 가능성을 개발 과정 초기에 다룰 수 있도록 해야 한다.

2011년 9월에 USD(AT&L)는 모든 무인 획득 사업에서 유지 계획을 개발하고 경제성 및 효과 향상 여부를 검토할 것을 지시했다.

수명주기 군수 계획 및 분석 시행은 획득 단계에서 운용을 거쳐 무기체계의 도태 단계에 이르기까지 전 수명주기 과정에 걸쳐서 중요하다. 지원능력과 관련된 요구 사항을 수명주기의 비용, 성능 및 일정과 일관되게 포괄적으로 다루기 위해서는 교차 성능 계획과 통합이 반드시 필요하다. 그 목표는 최적 준비도 목표를 충족하고 무기체계의 수명주기 동안 반복적인 기술 향상을 촉진하는 경제적이면서 효과적인 지원 전략을 통한 운용 효과를 도모하는 것이다. 그림 34를 참조한다.

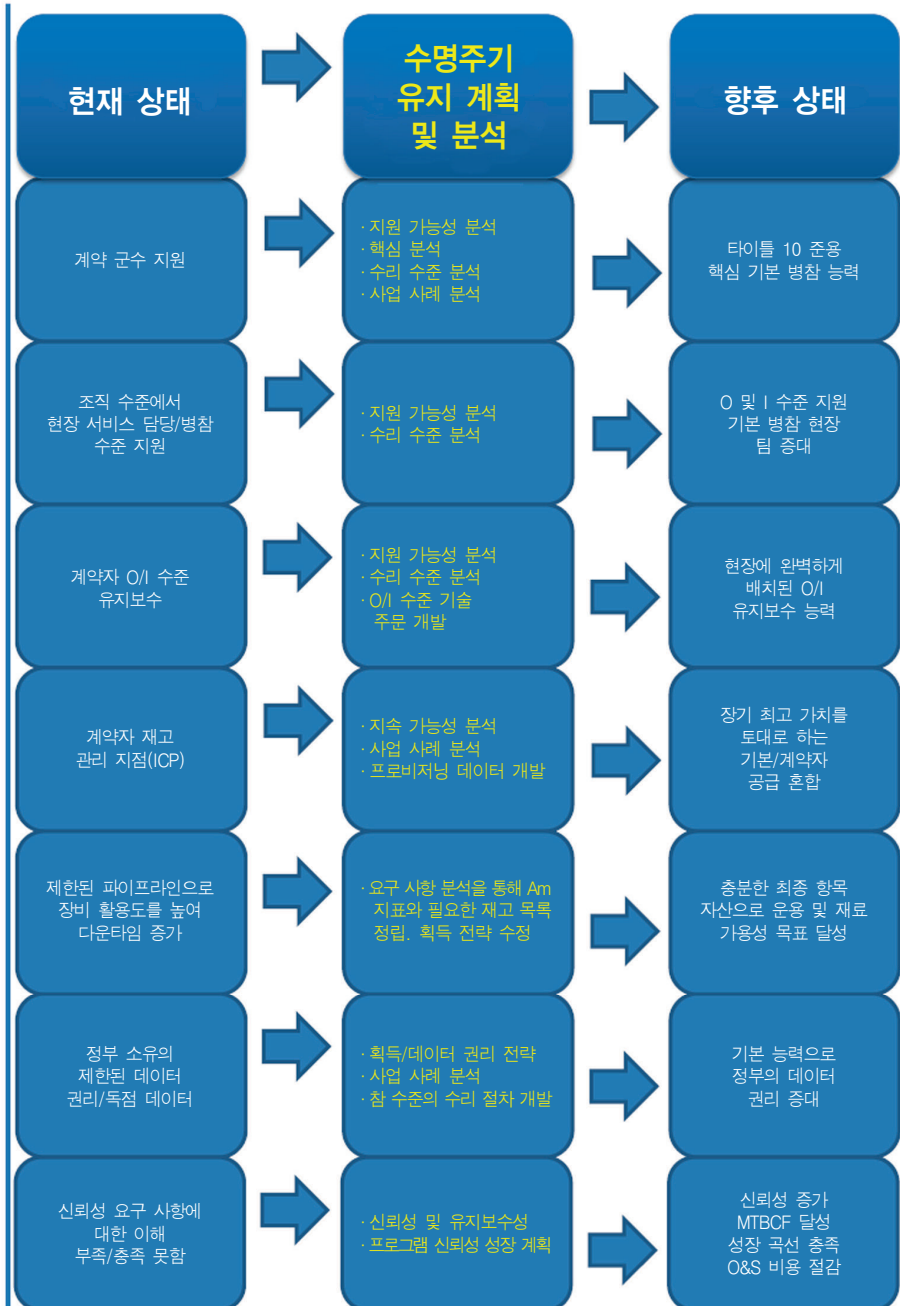


그림 34 수명주기 유지 계획 분석 향후 전망

## 6.5 유기적 병참 유지보수 계획

유지보수 계획과 시행의 중심은 창정비 수준의 유지보수 능력의 개념이다. 1984년에 처음 성문화된 현재 법령<sup>78)</sup>에는 “동원, 국방 비상 상황 및 그 외의 비상 요구 사항에 효과적으로 그리고 적시에 대응하기 위해 언제라도 제어할 수 있는 필요한 기술 역량과 자원을 확보할 수 있도록 국방부가 정부에서 소유하고 운영하는 핵심 군수 능력(정부 인력과 정부 소유 및 운영 장비와 설비 포함)을 유지하는 것이 매우 중요하다”고 명시되어 있다.

2013 회계연도에 수정된 2012 회계연도 국방수권법(National Defense Authorization Act, NDAA)에는 UAS 유지에 영향을 주는 핵심 군수 능력의 확인과 시행에 관한 새로운 법 조항 몇 가지가 도입되었다. 현재 이 법은 마일스톤 A까지 핵심 군수 요구 사항의 적용 가능성과 마일스톤 B까지 핵심 군수 능력 및 유지 작업부하의 추정치를 결정할 것을 구체적으로 요구한다. 핵심능력 요구 사항과 유지 작업부하의 확인은 현재 획득 주기와 연계된 3단계 절차이다. 마일스톤 결정 기관(Milestone Decision Authority, MDA)은 마일스톤 A 승인 전에 10 U.S.C. 2366a(a)(4)에 따라 “핵심 병참 수준 유지보수 능력 소요의 적용 가능성 결정이 완료되었음”을 입증해야 한다.<sup>79)</sup> 마일스톤 B 승인은 MDA가 “핵심 병참 수준 유지보수 능력 요구 사항 및 이 요구 사항을 지원하는 관련 유지 작업부하를 추산했음”을 입증한 후에만 부여된다.<sup>80)</sup> 그리고 “주요 획득 사업의 초도 소량 생산 계약을 체결하기 전에 국방 장관은 핵심 군수 능력의 세부 요구 사항과 이러한 요구 사항을 지원하는 데 필요한 관련 작업부하가 정의되었는지 확인해야 한다.” 이 3단계 절차는 유기적 창정비 수준 유지보수의 요구 사항을 획득 주기 초기에 확인하여 임시 계약자군수지원의 필요성을 줄이고 기본 능력의 적시 구축이 가능하도록 설계되었다. 어떤 기능이 핵심 기능이라고 결정되기 위해서는 정부 소유 및 정부 운영 병참 수준 유지보수 능력과 용량(설비, 장비, 관련 군수 능력, 기술 데이터, 훈련된 인력 포함)이 군 장비 항목 또는 무기체계가 IOC를 달성하거나 작전 지원을 위해 실전에 배치되고 4년 이내에 구축되어야 한다.<sup>81)</sup>

78) 10 USC 2464, 핵심 병참 수준 유지보수 능력.

79) 10 USC 2366a, 주요 방위 획득 사업: 마일스톤 A 승인 전에 필요한 인증.

80) 10 USC 2366b, 주요 방위 획득 사업: 마일스톤 B 또는 주요 결정점 B 승인 이전에 필요한 인증. (a)(3)(F) 항.

핵심 요구 사항 및 유지 작업부하의 확인을 통해 사업에서 획득절차 조기에 수리 능력을 구축하는 데 필요한 데이터를 확인하여 수집하게 된다. 국방부는 무인체계가 민간 비용만으로 개발되었다는 주장에 맞설 준비를 해야 하며, 적어도 이러한 체계를 유지하는 데 필요한 기술 데이터에 대해 “정부 목적 권리”(10 USC 2320 조항에 따름)를 적극적으로 주장할 준비를 하여야 한다.<sup>82)</sup>

## 6.6 유지 지표와 성과 기반 군수

최근 JCIDS 지침에서는 체계의 능력 개발 문서와 능력생산요구서(Capabilities Production Document, CPD)에서 모든 ACAT 1 사업 유지에 필요한 핵심성능요소(KPP)정립을 요구한다.<sup>83)</sup> 장비 솔루션이 있는 ACAT II 이하 사업에 유지 KPP 또는 후원사가 정의한 유지 지표를 포함해야 한다. 유지 KPP는 장비의 가용도 기준 및 목표로 명시되며 신뢰성과 운용 및 지원(Operations and Support, O&S) 비용의 주요 체계 속성으로 뒷받침된다. 이러한 지표를 조기에 정립하여 사업의 수명주기 동안 추적하면 사업이 전투원의 요구 사항을 경제적인 가격으로 충족할 수 있는지를 확인하는 데 도움이 될 것이다. 이러한 지표를 성과 기반 군수 전략에 포함해 운용 효과와 시스템 경제성을 달성하는 것이 체계 지원에 유리한 접근 방식이다.<sup>84)</sup>

사업이 신뢰성 기준을 충족하도록 엄격한 신뢰성 성장 사업을 정립하면 무인체계의 장기 가용성과 경제성을 크게 향상시킬 수 있다. 정비성과 지원 가능성을 높이는 설계 특징을 향후 UAS에 포함하면 성숙도는 향상되고 O&S 비용은 절감될 가능성이 높다. 주요 플랫폼을 다시 설계하거나 개조할 필요 없이 신형 센서, 무기 및 통신 능력을 통합할 수 있는 모듈성과 공통 인터페이스를 포함시키면 하위 체계의 고장 분리, 제거, 교체를 간소화하여 정비성을 향상시킬 수 있다. 비행 중 진단 및 예측 진단 기술로 수

81) 상계서

82) 10 USC 2320, 기술 데이터 권리.

83) CJCSI 3170.01, 합동 능력 통합 및 개발 체계, 2012년 1월 19일.

84) DoDI 5000.02, 국방획득체계의 운용, 2008년 12월 8일, p.29, 첨부물 2.

리소요 시간과 성숙도를 개선할 수 있다. 무인체계 포트폴리오가 성숙하면서 담당 프로그램 관리국과 프로그램 사업국은 배터리, fastener, 배전판, 지원 장비 같은 공통 구성 부품 및 구성 요소의 사용을 장려하는 정책과 절차를 채택하여 효율을 높일 기회를 얻을 수 있다. 공통성은 공통의 공급 사슬, 수리 자원 및 그 외의 제품 지원 요소의 기회를 창출한다.

## 6.7 합동 군수 통합

### 6.7.1 무인항공체계(UAS)

UAS 유지가 유지보수, 공급 및 운송을 위한 유기적 지원 인프라 안에서 점점 더 제도화되면서 대부분 현장 및 병참 수준 유지보수가 계약자 군수지원에서 정부와 군으로 전환될 것이다. 유사한 플랫폼 특성, 하위 체계, 제조 및 수리 공정 때문에 UAS 사업이 서로 협력하여 투자, 운용 및 유지비용을 줄일 수 있다. 유지 및 인프라 비용을 줄이는 방법으로 민관 협력(Public/Private Partnership, PPP) 및 성과 기반 군수 계약 방식을 추구해야 한다. 다양한 사업 및 각 군 사이의 협약을 통해서도 유기적 수리 능력을 정립하는 비용을 절감하고 체계 신뢰성 증대를 촉진할 수 있다. 이러한 노력의 결과로 전체 O&S 비용을 줄일 수 있다.

전체 투자 및 O&S 비용을 줄이는 기회를 쉽게 찾을 수 있도록 UAS 기동 부대는 각 군의 군수 및 유지 IPT를 만들었다. 2011 회계연도에 UAS 주요 하위 체계에 대한 창정비 자원을 제안하기 위한 창에 WG를 구성하였다. 이 조직은 주요 하위 체계를 토대로 한정된 창을 기준으로 창정비 능력을 정립하여 기존 병참 능력과 용량을 활용할 것을 권고했다(그림 35 참조). 합동 군수 지원국은 작업부하 할당 통합을 승인하고 공군 항공 전자, 지상 전자, 소프트웨어 및 센서 작업부하의 통합 가능성을 추가로 평가할 것을 지시한다. 그 결과 UAS 핵심 작업부하에 맞는 창정비 및 수리 용량 자원이 정해지고 상당한 비용 회피 및 절감이 이루어졌다.

항목	CCAD	LEAD	TYAD	FRC E	FRC SE	FRC SW	OC-ALC	WR-ALC	OO-ALC
기체/복합재	A				N	N		N, AF	A, AF
엔진/엔진 구성요소	A			N	N		A, N, AF		
센서(전기 광학)			A		A, N, AF			AF*	
센서(적외선)			A		A, N, AF			AF*	
유압장치	A			N	N	N	AF		A, N, AF
공압장치	A			N			A, N, AF		A
착륙 장치	A			N	N	N			A, N, AF
지상국	A	A	A, N, AF			N		AF	AF
지상 데이터 링크			A, N, AF			N		AF	AF
항공전자			A	N	N	N		A, N, AF	AF*
환경		A		N	N	N	A, N, AF		
연료 시스템 구성요소	A			N	N	N	A, N, AF	AF	
항공 관제	A			N	N	N		A, N, AF	
표적 겨냥			A		A, N, AF				
표적 겨냥(레이저)			A		A, N, AF				
레이더(지상)			A, N, AF						
레이더(공중)			A*			N		N, AF	
소프트웨어			RSA		NAWC			AF	AF
통신(지상)			A, N, AF			N		AF	
프로펠러	A							A, N, AF	

군 작업부하 명칭: A = 육군 AF = 공군 N = 해군 \* = 기존 수리 능력에 속하는 작업부하 수리 자원

수리 자원					강조 표시 항목
육군	CCAD = 코퍼스 크리스티 육군 병참고	LEAD = LetterKenny 육군 병참고	TYAD = Tobyhanna 육군 병참고	RSA = Redstone 무기고	녹색 = 승인
해군	FRC E = 동부 정비 센터	FRC SE = 남동부 정비 센터	FRC SW = 남서부 정비 센터	NAWC = 해군 항공전 센터	빨간색 동그라미 = 고려 중
공군	OC-ALC = 오클라호마 시티 항공 군수 단지	OO-ALC = 오리건 항공 군수 단지	WR-ALC = Warner Robins 항공 군수 단지	AF = 공군 유지 활동	2013년 1월 30일 현재

그림 35 기본 병참 유지보수 수리 자원 승인 통합

2012 회계연도에 군수 및 유지 IPT가 만나 그동안 학습한 교훈에 대해 논의하고 유지 관리의 상승효과를 높이기 위한 포럼을 만들었다. IPT는 군 전체 공통의 센서 및 통신링크 같은 구성요소를 지원하기 위해 기업과의 협력 관계를 구축하는 고효율 전략을 확인하였다. UAS 사업은 기존 무인 항공기 능력을 이용해 유사한 UAS 구성요소를 유지할 기회를 연구하고 있다. 공군의 Reaper 사업과 육군의 Gray Eagle 사업은 플로리다 주, 잭슨빌(Jacksonville)에 위치한 해군의 남동부 정비 센터, H60 헬기 MTS-A 센서 수리 능력을 이용해 MTS-B 센서를 수리할 것이다.



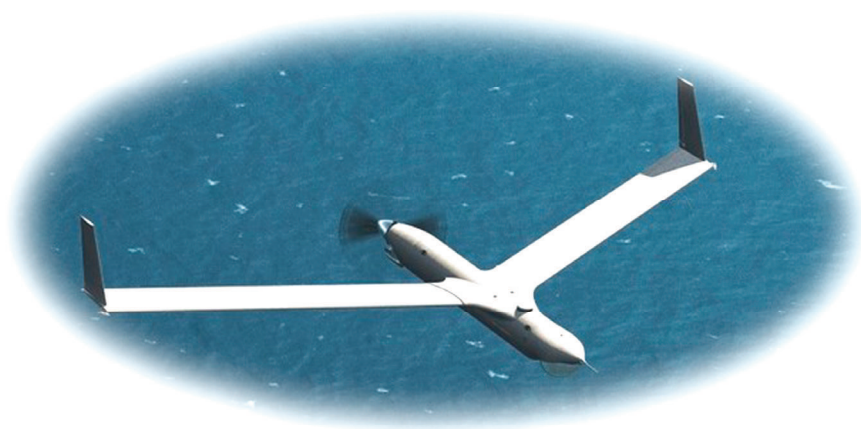
### 6.7.2 무인해양체계(UMS)

해군은 현재 OEM 방식과 유기적 지원을 결합하여 UMS를 지원하고 있다. 앞으로 몇 년 내에 UMS용 유지 전략과 인프라를 공식화하고 표준화하여 지원 가능성 자원의 관리를 향상하고 대응성과 효과를 높여야 한다. 효과적인 체계 유지를 위해서는 향후 10년에 걸쳐 개발되어 실전에 배치될 USV와 UUV의 수량에 관심을 가져야 한다. 구성 제어, 공급 지원, 유지보수, 보관 및 운송을 위한 유기적 지원 인프라는 매우 중요하며 이 체계의 효율과 비용 효과를 높이는 필수 요소이다. UMS의 기지창(planning yard)을 설치해야 한다.

### 6.7.3 무인지상체계(UGS)

UGS의 경우 현재 분쟁에서 전투원 능력 격차를 메우기 위해 비표준화장비(NSE)에 투자된 엄청난 금액 때문에 육군의 신속 전환을 위한 능력 개발 절차에는 NSE 로봇이 1) 중기계획에 포함 2) 현장 지원을 위해 보유, 3) 사업종결 등 3가지 범주로 분류되어 있다. NSE 로봇의 대부분은 범주 2에 속한다.

NSE 로봇체계의 상당수는 다른 비상작전 비용으로 구입하고 유지되고 있다. 이러한 NSE 로봇은 전투원에게 필요한 능력을 제공하고 인명도 구조하는 것이 입증되었다. 그리고 이러한 NSE 로봇체계는 현재 및 미래 작전 지휘관의 능력 요구 사항을 충족하는 POR 개발 문서에 약속된 능력 일부를 제공하지만 이러한 POR은 2015 회계연도 이후에나 실전에 배치될 것이다. 그 전략은 POR이 실전에 배치되기 전까지 NSE 로봇 일부를 POR 전까지의 가교 능력으로 활용하거나, 향후 비상 상황을 대비하여 비축하거나, 훈련 보조 도구로 활용하는 것이다. 그렇다 하더라도 이러한 NSE 로봇 역시 JRRF 또는 OEM에서 제공할 수 있는 유지(sustainment) 패키지가 필요하다.



# 제 7 장

## 훈련

- 훈련의 필요성
- 문제점
- 훈련의 어려움
- 현재의 훈련 환경
- 향후 전망

2013~2038  
미국의 무인체계 통합 로드맵





## 제7장 훈련

### 7.1 훈련의 필요성

훈련은 전투원에게 능력을 부여하는 핵심 연결 고리이다. 국방부는 기술적으로 가장 앞선 장비를 획득하여 제공할 수 있지만, 운용자, 유지관리자, 지휘관, 계획자, 사용자 및 지원 인력이 장비에 대한 적절한 훈련을 받지 못했거나 임무를 완벽하게 숙지하지 못한다면 그 장점이 발휘되지 못할 것이다. 국방과학위원회 연구 결과 미군은 기술 우위를 뒷받침할 수 있는 훈련 우위를 가진 것으로 확인되었다.<sup>85)</sup> 그러나 보고서에서는 획득 절차에서 장비 개발, 시험 및 실전 배치에 훈련이 적절하게 통합되지 않는다면 이 우위가 잠식될 수 있다고 지적한다. 획득 사업관리자가 획득절차의 하나로 “훈련조직과 함께 개별, 집단 및 합동 훈련 방법을 개발해야” 한다는 점에서 획득과 훈련 통합의 중요성을 확실하게 알 수 있다.<sup>86)</sup> 보고서에서는 필요할 때 적절한 훈련 장소를 제공하지 못하면 하드웨어의 기술 우위도 저해된다는 점을 강조한다. 따라서 운용자, 유지관리자, 사용자, 지원 인력 및 지휘관은 장비를 효과적으로 그리고 설계 능력의 최대 범위로 사용할 수 있도록 실기동, 가상현실, 위게임 또는 통합적 실제 훈련 영역을 최적으로 조합하여 복무기간 동안 적절한 수준과 간격으로 훈련을 받아야 한다. 이 장에서는 무인체계 훈련의 현재 상태, 이와 관련된 어려움, 향후 전망을 기술한다.

85) 훈련 우위 및 불시 훈련에 관한 국방과학위원회 기동 부대 보고서, OUSD(AT&L), Washington, DC, 2001년 1월.

86) DoDI 5000.02 국방획득체계의 운용, 2008년 12월 8일, p.61.

## 7.2 문제점

무인체계는 전투 성공 이력이 있지만 아직은 제도화된 훈련 환경에서 성과를 달성해야 한다. 아프가니스탄 작전이 축소되고 평화 시 상태로 전환될 체계가 결정되면서 각군은 훈련에 관한 진지한 결정을 내려야 할 것이다. 이러한 결정은 단순히 반복되는 훈련 요구 사항을 기술하는 것으로 국한되지 않을 것이다. 그 대신 각 훈련 기회를 극대화하여 발생 비용을 상쇄하도록 상세한 훈련 이행 방식을 계획하고 평가해야 한다. 정치문화 현실, 기술, 정책, 규정의 상호 역학 관계, 재정적 제한 문제가 연관될 것이다. 훈련에 따른 어려움을 해결하지 못하면 전투에서 얻은 경험을 잃게 될 뿐 아니라 앞으로 이러한 체계를 효과적으로 사용할 수 도 없게 된다.

## 7.3 훈련의 어려움

무인체계가 전장에서 보여준 성과도 있지만, 국방부는 훈련에서 어려움을 겪고 있다. 7.4에서 살펴볼 이러한 어려움은 무인체계의 유형(UAS, UGS, UMS)뿐만 아니라 획득, 규정, 기술, 병력 및 그 외의 자산과 정책 및 문서화도 관련된다. 여기서 언급한 것이 전체가 아니며 특별한 우선순위가 있는 것도 아니다. 그리고 국방부는 새로운 세대의 무인체계가 개발되고, 이러한 체계가 수행할 수 있는 다양한 임무가 확대되며, 전시, OPTEMPO, 국가작전공역체계 제한 같은 상황에 따라 우선순위가 달라지면서 새로운 어려움이 발생할 것으로 예상하고 있다.

## 7.4 현재의 훈련 환경

현재 무인체계의 훈련 환경은 군수 및 유지 환경과 유사하여 무인체계의 신속한 실전 배치를 위한 훈련을 지원하는 것이다. “와해성 기술(disruptive technology)”이라는 용어는 1995년에 Clayton Christenson이 신기술로 인해 새로운 우선순위와 가치 구조가 도입되어 절차, 조직, 운용 체계에 상당한 구조 조정이 필요한 상황을 설명하기 위해 만들었다. 확대되는 비상 상황 요구를 충족하기 위해 다수의 다양한 종류의 무인체계를 신속히 개발하여 실전에 배치하는 것이 와해성 기술의 예이다. 그 결과 훈련 기관은 커다란 과제를 안게 되었다. 무인체계의 수, 다양성, 급한 실전 배치에 수반되는 과제는 당장 현장의 병력 감축 문제와 이들의 규제 환경이 좀 더 엄격한 평화 상태로 복귀하는 문제로 복잡해진다.

합동 운용 통합의 개선은 개인 수준과 부대 수준 모두에서 전투 능력의 상승효과를 활용할 수 있도록 하는 데 필요하다.

- 운용자는 독특한 군 임무를 지원하기에 충분히 구체적이면서 연합 환경에서 통합하고 기여하기에 충분히 포괄적인 맞춤 훈련을 받아야 한다.
- 훈련 프로그램은 기술 및 TTP의 향상과 진화에 따라 확장할 여지를 제공하면서 임용 훈련과 숙달/보수교육 훈련이 포함되어야 한다.
- 훈련 프로그램은 제도적 기반에 통합되어야 한다.

이러한 과제에는 자원 가용성, 정책 및 규정 같은 것이 포함된다. 국방부는 이러한 과제를 인지하고 있으며 이를 충족하는 방향으로 나아가고 있다. 앞으로 공통 장비를 사용하면 전체 사업비용과 훈련 시간이 크게 감소할 것이다.

### 7.4.1 무인항공체계(UAS)

UAS는 전체 군에서 실전에 배치하였다. 당연히 UAS 훈련은 UGS와 UMS 훈련보다 많은 관심을 받았다. 군 훈련 프로그램마다 성숙 단계가 다르지만 무인체계와 함께 군 훈

련 프로그램도 성숙되었다. 군 전체에서 최소한의 훈련 수준을 달성하기 위해 합동 참모 본부는 CJCSI 3255.01을 개발했다. 이것은 FAA가 UAS를 NAS에 통합하는 일을 돕는 기본 승무원 훈련 도구 역할을 한다.<sup>87)</sup> 초기 정원 수준을 달성하고 정상 상태의 처리량에 도달하기 위해 각 군은 다양하게 혼합된 유기적 및 비-유기적 UAS 훈련, 서로 다른 UAS 그룹에 대한 다양한 접근 방식, 다양한 병력 전략을 사용해왔다.

#### 7.4.1.1 육군

육군의 그룹 3 이상 UAS 작전 구조에는 항공기 운용자와 탑재체 운용자가 포함된다. 육군은 RQ-7 Shadow, MQ-5 Hunter, MQ-1C Gray Eagle을 운용하고 관리한다. 애리조나 포트 후아추카(Fort Huachuca)에 위치한, 육군 UAS 훈련 대대(UAS Training Battalion, UASTB)였던 제2대대, 제13항공 연대(2-13 항공대)는 모든 운용자, 유지관리자, 지도자를 대상으로 그룹 3 이상의 UAS에 대한 신병 훈련 및 군사 특기(Military Occupational Specialty, MOS) 훈련을 실시한다. 운용자는 2단계 훈련 프로그램(그림 36 참조)에 참가하여 자신이 운용할 수 있는 항공기의 15W MOS와 부가적 특기 식별 부호(Additional Skill Identifier, ASI)를 받는다. 유지관리자는 15E MOS 이수 후 17주 공통 UAS 수리병 과정에 참가하여 Shadow 유지보수 자격을 받게 된다. Hunter와 Gray Eagle 유지보수 자격을 얻으려면 추가적인 과정 및 특기 식별 부호를 받아야 한다. 그리고 2-13 항공대는 해병대와 해군 UAS 병력을 훈련시켜 합동 구성군을 지원한다. 2012 회계연도에 이들이 훈련시킨 UAS 병력이 2,100명을 넘었다.<sup>88)</sup>

Raven은 육군의 주력 소형무인기시스템(SUAS)이다. Raven은 가벼워서 휴대가 가능하며, 병사 한 명이 운용하고 관리한다. 조지아 주 포트 베닝에 있는 육군의 우수 기동 센터에서 현재 육군 전체의 Raven UAS 훈련을 실시한다. 2012년 10월 1일에 육군은 SUAS 마스터 트레이너 프로그램으로 전환하여 포트 베닝에서 경험이 많은 운용자들을 훈련시키고 있다. 이후 이 마스터 트레이너들은 해당 부대로 돌아가 소속 기지에서 SUAS 운용자들을 훈련시킨다. 이 접근 방식은 부대에 큰 영향을 주지 않고 유연성 있게 훈련을 제공한다.

87) CJCSI 3255.01, 합동 무인항공체계 최소 훈련 표준.

88) Eyes of the Army, 미 육군 무인항공체계 로드맵 2010-2035.

교육 내용을 제공하기 위해 부대에 배치되는 제복 차림의 교관 이동 훈련팀을 통해 필요한 훈련을 보강한다. 훈련은 주로 입대한 군인에게 제공되지만, 장교들도 훈련을 받는다. 훈련 과정을 마치면 Raven 프로그래밍, 발사, 비행, 회수, 유지보수 자격을 갖게 된다. 그러나 자격이 부여되었다고 해서 MOS나 주특기 식별 부호를 받는 것은 아니다.

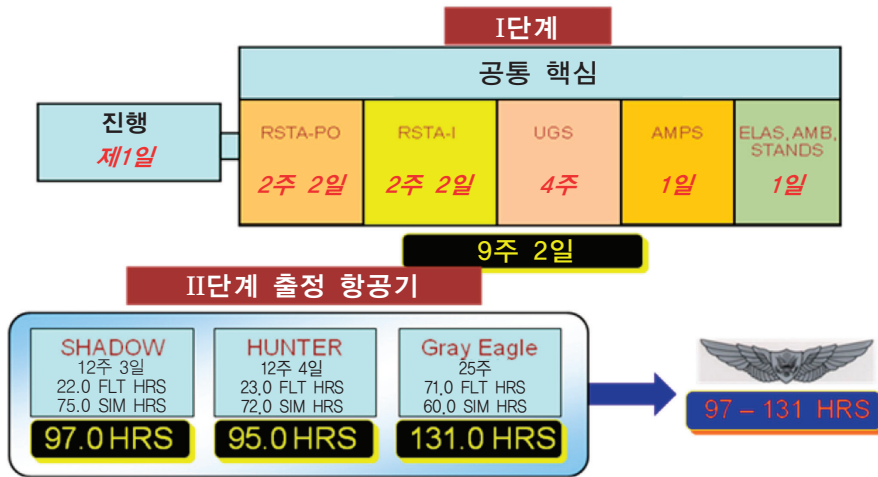


그림 36 육군 그룹 3 이상 UAS 운용자 훈련 흐름도

#### 7.4.1.2 해병대

해병대는 RQ-7B Shadow 훈련에 3인으로 구성된 승무원을 사용한다. 승무원은 무인 항공기 지휘관(Unmanned Aircraft Commander, UAC), 항공기 운용자(Air Vehicle Operator, AVO), 임무 탑재체 운용자(Mission Payload Operator, MPO)로 구성된다. RQ-21A 소형 전술 무인항공체계(Small Tactical Unmanned Aircraft System, STUAS)는 UAS와 AVO (MPO 기능도 수행)가 승무원으로 탑승한다. UAC는 장교이며 AVO와 MPO는 사병이다. 현재 해병 무인기 대대(Marine Unmanned Aerial Vehicle Squadron, VMU) 장교는 자격을 보유한 기존 항공 장교에서 공급되지만 VMU 장교 군사 주특기(Primary Military Occupational Specialty, PMOS)를 보유한 신입 소위도 UAC 자격을 갖게 될 것이다. 이와 같은 이중 공급 전략은 MOS 등급이 형성될 때까지 지속될 것이다. AVO와 MPO는 사병 급에서 공급되며, 각기 고유한 UAS MOS 식별 부호도 할당된다.

해병대는 육군, 해군, 공군 군사학교를 활용하여 유지보수 인력을 포함한 VMU 인력을 훈련한다. 해병대 그룹 3의 훈련 흐름도가 그림 37에 나와 있다. 해병대는 현재 RQ-7B 및 RQ-21A UAC, 운용자, 유지관리자 훈련을 표준화하기 위한 UAS 교육관 건설의 타당성을 조사하고 있다. 이 교육관은 합동 훈련 주요 군사 학교에 건설되어 시뮬레이션 사용을 극대화할 것이다.

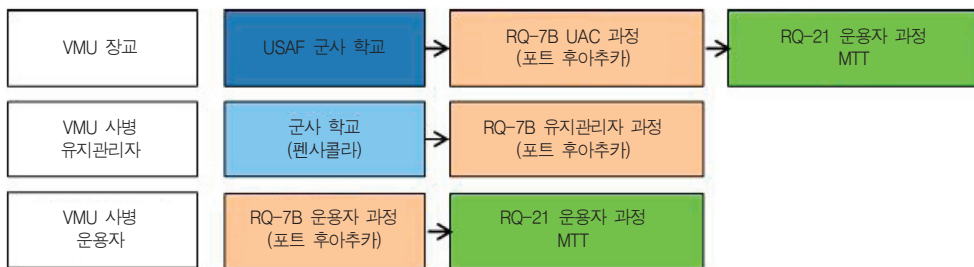


그림 37 해병대 그룹 3 UAS 운용자 훈련 흐름도

2012년 7월에 해병대는 해병대 사병 SUAS 운용자를 위한 표준화된 비-MOS 훈련을 실시하기 위해 노스캐롤라이나 주, 레준(Lejeune) 기지에 그룹 1 SUAS 훈련 활동 조직을 만들었다. 이 교육관의 목표 중 하나는 일선 부대에서 운용자를 위한 초기 SUAS 훈련을 제공하는 부담을 덜어주는 것이다. 제2 해병 사단과 같은 위치에서 중앙 집중식 교육관을 제공하면서 훈련과 군수 효율이 달성되었다. 캘리포니아 주, 펜들턴(Pendleton) 기지에도 이와 비슷한 SUAS 훈련 활동 조직을 만들어 제1 해병 사단을 지원할 계획이다.

#### 7.4.1.3 공군

공군은 그룹 4, 5 UAS(MQ-1 Predator, MQ-9 Reaper, RQ-4 Global Hawk)를 원격 조종 항공기(Remotely Piloted Aircraft, RPA)로 분류한다. RPA 조종사와 센서 운용자 승무원은 정식 훈련을 받아 항공기를 운용한다. 장교 RPA 조종사는 현재 자격이 있는 조종사 단체 또는 새로 설립된 학부 RPA 훈련(Undergraduate RPA Training, URT) 사업을 통해 공급된다. URT는 유인 항공기의 전문 학부 조종 훈련(Specialized Undergraduate Pilot Training, SUPT) 사업과 유사한 것이다. URT는 초기 USAF RPA 군사 배치 요건을 달성

하기 위한 또 다른 이중 계승(dual accession) 전략이다. 센서 운용자는 조종사와 유사한 항공병으로, 일부는 현재의 정보 전문 분야에서, 일부는 새로 생긴 RPA 센서 운용자 업무 분야를 통해 공급된다.

공군은 신임 RPA 조종사와 센서 운용자를 위한 업무 분야와 관련 특기 코드를 새로 만들었다. 이 업무의 훈련 흐름도가 그림 38에 나와 있다(참고: Global Hawk의 공식 훈련 부대는 캘리포니아 주, 빌(Beale) 공군 기지에 있다.)

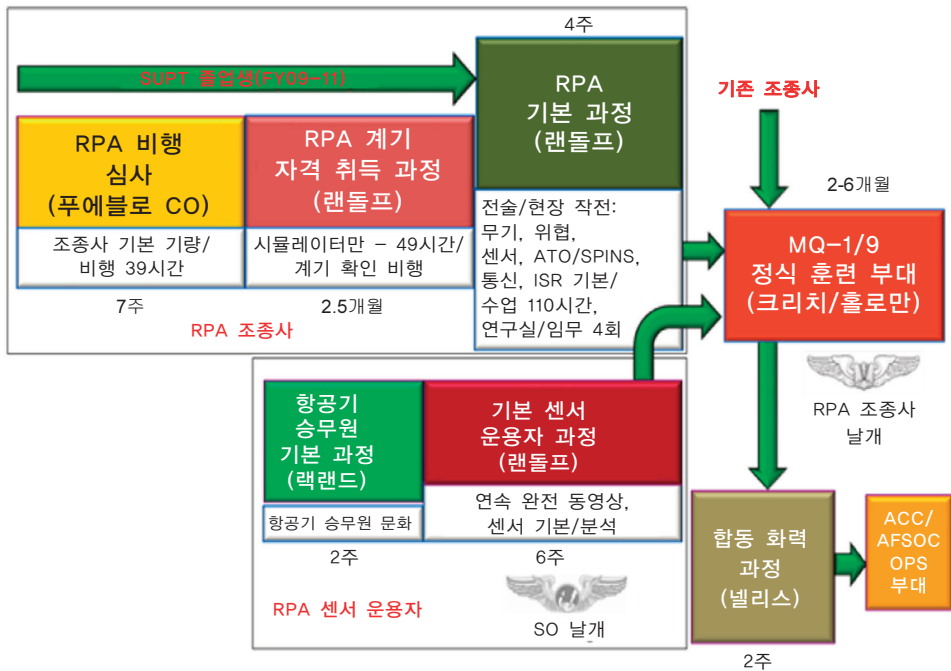


그림 38 공군 MQ-1/9 조종사 및 센서 운용자 훈련 흐름도

공군은 MQ-1/9 RPA 조종사와 센서 운용자가 이용할 수 있는 실시간/근-실시간 정보 자료를 관리할 임무 정보 조정관(Mission Intelligence Coordinator) 직급도 만들었다. 임무 정보 조정관은 주로 기존 대대 정보 직위 및 정보 장교 직위에서 공급된다. 후보자들은 네바다 주, 크리치(Creech) 공군 기지 또는 캘리포니아 주, 마치(March) 공군 예비 기지에서 초기 자격 획득 훈련 과정을 받고 대대에서 임무 자격 획득 훈련을 받은 후에 임무 수행 준비 완료 지위를 획득한다.

공군 RPA 유지보수 훈련은 세 가지 공군 특기 수준에서 달성된다. RPA 유지보수 기본은 텍사스 주, 셰퍼드(Sheppard) 공군기지에 있는 정비 학원에서 배운다. 셰퍼드 공군기지에서 RPA 훈련을 받은 후에는 운용 RPA 대대에서 고급 정비 훈련을 받는다.

공군은 Raven, Scan Eagle, Shadow 같은 그룹 1 ~ 3 UAS를 SUAS로 분류한다. SUAS는 자격을 획득한 SUAS 운용자, 주로 항공병이 운용한다. SUAS 운용자는 공군 특수 작전 사령부의 승인을 받아 플로리다 Eglin Range Complex에서 Det 1, 371 SOCTS가 실시하는 정식, 10일 훈련 과정에 참가한다. 교과 과정이 개발되어 RQ-11B 승인을 받았으며 현재 RQ-20A 과정이 개발 중이다. SUAS 운용자는 체계 운용에 필요한 두 가지 승무원 직급인 이동체 운용자와 임무 운용자 자격을 획득한다. 그러나 SUAS 운용자 같은 자격을 획득해도 공군 특기 코드 또는 특기경험 식별부호가 부여되지는 않는다.

#### 7.4.1.4 해군

새로운 대규모 해군 중기계획사업(POR)을 지원할 훈련을 개발하기 위한 공식 절차가 초기 단계에 있으므로 해군은 다른 군에서 학습된 교훈을 활용할 수 있는 이점이 있다. 현재 중기계획사업용 체계 개발과 신속한 배치 능력 노력 중에 실시되는 훈련은 계약자 협약을 통해 관련 프로그램 사무국에서 지원하고 제공한다.

해군은 최근에 잭슨빌 해군 항공 기지에 MQ-8 Fire Scout 운용자와 유지관리자 훈련 센터를 열었다. 항공기와 인력이 SH-60 Seahawk 이중 자격을 부여받고 Seahawk와 Fire Scout 모두를 보유하는 혼합 항공대대에 배정된다. ISR 임무를 수행할 해군의 P-3/8 항공기 편대의 UAS 체계 보완을 위한 MQ-4 Triton에도 이와 유사한 조직 및 주둔 구조가 고려되고 있다. Triton은 현재 기간요원 초기 훈련 1년 후인 2014년 말에 배치되는 초기 운용 평가 승무원 훈련으로 시연 수준으로 운용되고 있다. 2010년 6월에 해군과 공군은 해군 및 공군 WG이 “주둔, 유지보수, 항공기 C2, 훈련, 군수, 데이터 처리, 활용, 배포 (PED) 기능 요구 사항에서 각각의 상승효과를 확인하여 통합할 것”을 명시하는 Triton과 Global Hawk 시너지 양해각서에 서명했다.<sup>89)</sup>

89) 2010년 6월 12일에 체결된 광역 해양 감시(Broad Area Maritime Surveillance, BAMS)와 RQ-4 Global Hawk 체계 간 합의 각서



해군 체계의 실행 가능한 장기 훈련 솔루션이 현재 CJCSI 3255.01에 약속된 기본 UAS 자격 획득 표준과 해군 교육 및 훈련 명령 과정 개발 및 개정 절차의 기틀 안에서 개발되고 있다.

#### 7.4.1.5 지속 및 합동 훈련

지금까지 군 훈련 노력과 전략의 초점은 초기 기량을 개발하고 급증하고 있는 UAS 편대에 배치될 병력을 육성하는 일에 집중되었다. 개인, 승무원, 집단 수준에서 지속 훈련과 교육을 통해 이러한 기량을 유지 및 발전시키는 방법은 비상 상황 환경에 의해 가려져 왔다. 각 군은 운용자 능력의 최신성 유지 요건을 수립했지만, 이 요건은 일반적으로 훈련 환경보다는 실제 작전을 통해 유지되고 있다. 더욱이, 국내 훈련에 영향을 주는 추가적 어려움도 있다. 이러한 어려움은 주로 시뮬레이터와 대용물을 사용하여 완화되고 있지만, 앞으로는 실기동, 가상현실, 위게임 영역과 통합적 실제 훈련 영역의 완벽한 혼합과 균형을 확인해야 한다.

개인, 승무원 및 집단 지속 교육에 대부분의 훈련 요구 사항과 활동이 포함된다는 점에서 각 군은 이러한 영역에서 지속적인 노력을 기울여야 할 것이다. 이러한 훈련 프로그램은 운용자들에게 합동 훈련 및 배치 전 훈련을 준비시킬 때 필요하다.

대용물과 가상현실의 대체물로 이러한 어려움을 해소하지만, 소속 기지의 UAS 훈련 기회와 명문화된 TTP가 없어 실전 배치를 준비하는 부대의 훈련 경험이 제한될 수 있다. 예를 들어, 전투 훈련 센터에서 최고 훈련 연습 전에 소속 기지에서 UAS 작전 훈련을 충분히 받지 못한 부대가 많이 관찰되었다. 이러한 부대는 일상적으로 임무 수행 중에 실전에 배치된 다음 UAS 몰입 훈련을 받는다.

무인체계를 각 수준의 합동 및 다국적 훈련에 통합하려는 시도가 이루어지고 있다. 고수요/저밀도 자산(high-demand/low-density asset)인 실제 무인체계는 훈련과 배치 전 훈련에 사용하지 못하는 경우가 많다. 유인 대용물 플랫폼을 사용하여 FMV 공급 같은 무인 플랫폼 거동의 측면을 재현하는 경우가 일반적이며 훈련 참가자가 무인체계 능력을 훈련하고 익히는 데 도움이 된다. 그리고 훈련과 배치 전 훈련 시나리오에서는 컴퓨터로 생성한, 시뮬레이션 동영상을 사용하여 합동 훈련을 지원하고, 실제 무인체계를 사용할 수 없을 때에도 전투원들이 훈련에 무인체계를 통합할 수 있도록 한다.

## 7.4.2 무인지상체계(UGS)

육군은 RS JPO를 통해 UGS 훈련을 제공한다. 미시간 주, 워런(Warren)에 본부가 있는 RS JPO의 훈련 임무는 두 가지이다. 즉, 1) RS JPO 안팎의 조직 및 기관과의 제휴를 통해 UGS 훈련 작전, 요구 사항, 계획 및 제품을 개발, 통합 및 관리하고, 2) 상용재고 및 POR 체계에 대한 합동 기능 운전자 및 기술 훈련을 실시하여 이동 훈련팀 및 상주 과정을 통해 병력 능력 창출 및 부대 재설정을 지원하는 것이다. 처음부터 RS JPO는 육군, 해군, 공군, 해병대의 UGS “현장” 및 “훈련 센터” 유지 운용을 지원하는 장비 지원 활동 관리자 임무를 부여받았다. 현재의 훈련은 체계 접근 방식에서 나온 것도 아니고 훈련 기능을 수행하기 위해 설계됐거나 확인된 MOS 조직 구조에서 나온 것도 아니다.

2004년에 RS JPO는 시급한 작전 요구에 대응하고 모든 합동군 NSE 로봇체계의 작전 현장에 참여한 합동군을 지원할 JRRF를 설치하였다. JRRF의 지원 영역에는 현장 유지 지원과 로봇체계의 개인 및 부대 작전 훈련이 포함된다. RS JPO는 현재 작전 현장에서 사용자가 사용하도록 실전에 배치된 모든 로봇체계에 대한 운전자 인증 과정을 시행한다. 현재 미주리 주, 포트 레너드(Fort Leonard), 미시간 주, 셀프리지 주방위군 공군기지(Selfridge Air National Guard Base, SANGB), 부대 소속 기지에서 이동 훈련팀을 통해 훈련이 실시된다.

소형 로봇 인증 과정은 운전자 체계 사용, 특성, 능력, 한계, 구성요소 식별, 임무 전기계 및 기능 점검, 실습 적용을 제공하는 2일 과정이다. 실습 수행 평가를 완료한 사람만 인증을 받을 수 있다. M160 운전자 과정은 6일 과정으로 현재 포트 레너드 우드(Fort Leonard Wood)에서 실시된다.

모든 로봇 기술병은 RS JPO가 지원하는 로봇체계의 유지보수에 필요한 작업에 대한 훈련을 받는다. 이 훈련은 현재 SANGB에서 제공되는 로봇 유지보수 10주 과정을 통해 받게 된다. 이 과정은 총 400시간의 훈련으로 이루어지며 기술병은 RS JPO에서 지원하는 로봇체계를 다룰 수 있는 인증을 받게 된다. 기술병은 운전자 훈련을 비롯해 문제해결, 현재 배치된 로봇체계에서 교체 가능한 장치의 제거 및 교체, 유지관리자 공구, 특수 공구, 시험 장비를 사용하여 로봇 플랫폼을 정비하는 것에 관한 실습 훈련을 받는다.

로봇 유지 및 훈련에 대한 요구가 증가하면서 RS JPO는 2012년 4월 4일에 포트 레너드 우드에 로봇 대학(Robotic University)을 열었다. 이 파견대는 기술병 베이(technician bay)와 교실, 창고 공간, 사무 공간으로 구성된다. 로봇 대학은 로봇체계의 수리, 보급, 훈련한 장소에서 실시할 수 있는 곳이다. 로봇 대학과 SANGB 훈련 현장은 보유 장비, 자재, 기술병, 조교를 통해 로봇에 필요한 기량과 자신감을 정비병에게 부여한다.

### 7.4.3 무인해양체계(UMS)

해군은 현재 기뢰전, 기뢰 무력화, 정찰, 감시, 수로 조사, 환경 분석, 특수 작전, 해양학 연구 등 다양한 임무를 수행하는 USV와 UUV로 구성된 다수의 UMS를 보유하고 있다. 이 체계들은 크기와 배수량이 서로 다르며 인력 운반형 체계에서 길이가 40ft이고 배수량이 수천 파운드에 달하는 체계까지 다양하다. 이 체계들은 주로 잠수함이나 수상함에서 발사되고 회수되며 이러한 선박 위에서 정비된다. 신형 연안 전투함(Littoral Combat Ship, LCS)은 수상전(Surface Warfare, SUW), 대잠전(Anti-Submarine Warfare, ASW), 기뢰 대항(Mine Countermeasure, MCM) 등의 다양한 임무에 가장 규모가 큰 무인체계를 사용한다.

UMS 훈련은 최적 학습 환경을 제공하고 교실 수업과 실습 훈련을 포함하는 방법론으로 구성된다. 교실 수업은 운용 및 유지보수의 기본으로 구성되며, 실습 훈련에서는 이 지식을 실제 적용한다. 실제 작전의 온라인 시뮬레이션이 포함된 컴퓨터 기반 훈련(Computer-Based Training, CBT)을 통한 부수 및 보수교육 훈련이 제공된다. 캘리포니아 샌디에이고 기뢰전 훈련 센터나 특정 체계의 핵심 지원 센터인 전쟁 센터(Warfare Center) 같은 훈련 센터에서 훈련이 실시된다.

최대 15명의 장교와 기술병으로 구성된 LCS 파견대가 각 임무 모듈(즉, SUW, ASW, MCM)에 할당되어 배치될 LCS에 승선하기 전에 교실 수업과 실습 훈련을 실시한다. 한 LCS에서 다른 LCS로 병력이 교대하므로 샌디에이고에 있는 해안 기반 트레이너(Shore Based Trainer)에서 보수교육 훈련이 실시된다. 여기에는 개별 CBT 콘솔과 팀 훈련용 콘솔이 포함되어 이전에 배운 기량을 연마하는 데 도움이 된다. 다운로드할 수 있는 CBT

모듈도 있어 LCS에서 연속 훈련을 받을 수 있다. 파견대 역량을 유지하기 위해 플로리다주, 포트 로더데일(Fort Lauderdale)과 해외 여러 곳에 추가 훈련 센터가 세워질 것이다.

#### 7.4.4 획득 절차

이 문서에서 긴박한 작전 요구에 대응할 무인체계의 신속한 획득으로 생긴 어려움에 대해 이미 많이 이야기했다. 작전 요구의 긴급성이 완화되기 시작하면서 무인체계 획득절차가 정상적으로 이루어질 것이다. 새로운 세대의 무인체계에 대한 요구 사항이 생기고 있으며 새로운 체계와 동시에 훈련도 개발되어야 한다. 사업 수명주기 전체에서 관련 비용을 적절하게 다루어야 한다. 훈련 KPP를 통해 인도 시 임시 훈련체계를 없애야 한다.

#### 7.4.5 규제 환경

규제 환경은 특히 평화 시에 무인체계 운용에 특별한 어려움이 된다. 모든 체계는 다양한 규제 요구 사항이 적용되는데, 무인체계는 무인이라는 측면에서 절차와 안전성 우려가 추가된다. 이러한 우려는 체계 자율성 논의로 한층 더 커진다. UAS 자율성에 많은 관심이 집중되고 있으나 이것은 UAS만의 문제는 아니다. 예를 들어, 전투 환경에서 도로를 따라 이동하도록 설계된 무인 트럭으로 훈련하는 방법은 미국의 주간 고속도로와 지역 카운티 도로를 횡단할 때 어려움이 발생한다. 규제 감독은 특히 UAS의 기본 결정과 훈련 작전에 가장 큰 영향을 줄 수 있다.

#### 7.4.6 기술

훈련과 관련된 기술적 어려움은 다음의 두 범주로 나눌 수 있다. 1) 새로운 임무와 관련된 기술에 대한 훈련의 필요성과 2) 기술이 훈련에 미치는 영향이 그것이다. 새로운

임무, 하드웨어 개발, 소프트웨어 통합은 끝이 없어 보인다. 각각은 관련된 훈련을 통해 달성되어야 한다. 예를 들어, 공역 접근은 더 많은 실제 훈련 기회를 주는 SAA 기술로 강화할 수 있다. 반대로, 고성능 시뮬레이터와 대용 플랫폼의 가용성은 실제 훈련에 대한 의존을 낮출 수 있을 것이다. 일부 기술 영향은 직접적이지 않아도 중요할 수 있다. 예를 들어, 공통 제어체계는 훈련 구성요소일 뿐만 아니라 한 명의 운용자가 동시에 여러 체계를 제어할 수 있는 능력을 강화하여 병력 요구 사항을 낮출 수 있을 것이다. 그 결과 훈련 처리량 요구 사항과 병력 자원의 감소도 가능할 수 있을 것이다.

#### 7.4.7 인력

훈련에 수반되는 몇 가지 인력 어려움이 있다. 첫째는 충분한 교관 인원이 필요하다. 지속적인 비상작전에서는 자격을 갖춘 교관으로 활용 가능한 인원이 부족한 경우가 많다. 둘째, 각 군은 인력의 자격과 요구 사항을 처리하고, 병력 구조를 조정하며, 신기술을 수용하도록 인력 절차를 수정해야 한다. 이러한 조치는 훈련 대상에도 영향을 미친다. 운용자, 병력 구조, 데이터 분석의 조정과 통합은 훈련 달성 방식과 훈련이 인적자원에 영향을 미치는 방식에 영향을 준다. 훈련의 인력 고려사항을 충분히 조사하여 임무 효율과 준비도를 달성해야 한다.

#### 7.4.8 자산 가용성

충분한 훈련 자원도 어려움 중 하나다. 첫째, 실제 작전에 따른 교관 부족과 마찬가지로 실제 무인체계 플랫폼도 훈련에 사용하지 못하는 경우가 많다. 이러한 플랫폼 부족은 시뮬레이션과 대용물 활용으로 완화할 수 있다. 둘째, 대표 지형, 활주로, 조치 검토 후 승무원을 위한 평가 및 피드백 체계, 공역과 주파수 스펙트럼에 대한 접근, 시뮬레이터와 대용물, 통신 기반 시설, C2 조직과 절차 등과 같은 훈련 능력 자산이 사업에서 필요하다. 실제 탄약을 재현한 저가의 훈련용 탄약도 개발하여 예산 제약과 설치 범위 제한

내에서 실질적인 훈련을 촉진해야 할 것이다. 이러한 자산은 훈련 요구 사항과 계획에 포함할 수 있다. 그리고 이러한 자산은 주둔 결정, 작전 및 자금 지원 전략에 영향을 줄 수 있다.

#### 7.4.9 정책 및 문서화

학습한 교훈을 검토하고 군 및 합동 교리와 TTP를 개발하는 절차를 정립하여 정책 및 문서화를 통해 제도화해야 한다. 정책 및 문서화는 각 군이 훈련용 CONOPS, 요구 사항, 계획을 개발할 때 기초 역할을 한다. 국방부, 군 및 합동 계획에는 전문 군사 교육 및 훈련을 통해 일반인이 무인체계에 노출되는 방식과 그에 대한 설명이 나온다. 무기화된 무인체계의 훈련 전략에는 훈련 환경에서 운용자, 승무원 또는 부대의 능력을 유지하는 데 필요한 탄약의 종류와 수량이 명시되어야 한다. 그리고 정책, 문서화 및 계획에는 무인체계 지도자, 운용자, 계획자, 유지관리자 및 사용자의 업무 경로와 목표도 정리되어야 한다.

### 7.5 향후 전망

신속한 획득과 실전 배치로 인한 어려움에도 불구하고 무인체계는 현재 전투사령관에게 중요한 능력을 제공하고 있다. 새로운 체계와 절차를 도입할 때는 훈련 문제를 포함해 성장통이 수반된다. 보병, 수병, 항공병, 해병대원이 변화하는 환경에 적응하며 임무 준비도와 전투 효과를 유지할 수 있는 것은 끊임없는 노력, 창의성, 전문성 때문이다. 무인체계 요구가 좀 더 성숙되고 획득절차역시 정상적으로 자리를 잡아가고 있으므로 훈련절차와 체계 역시 한층 성숙될 것이다. 실제 세계 환경은 실제 비상 상황에 따라 달라지고 국내 무인체계 훈련 현실이 더욱 절실해지고 있어 국방부는 다음과 같은 훈련 문제를 다루고 있다.

- 신속한 획득절차를 개선하기 위해 사업 개발 전체 기간에 훈련 계획을 포함하도록 요구 사항 및 획득절차를 계속 검토할 것이다. 현재 정책은 각 획득 이정표에서 훈련 계획 초안을 요구한다. 그리고 이러한 요구 사항을 강화하고 신속한 획득 사업의 훈련을 개발하는 지침을 제공하기 위해 새로운 정책이 개발되는 중이다. 이 정책은 각 군이 적절한 훈련 전략을 지원할 훈련 계획 템플릿도 제공할 것이다.
- 국방부 산하 조직들이 규제 기관, 다른 정부 조직 및 산업계와 협력하여 이러한 신기술을 현재 세계에 지속적으로 안전하게 통합하는 방법을 연구하고 있다. 예를 들어, 5장에서 다룬 공역 통합 IPT 및 UAS ExCom은 UAS가 훈련 및 준비도 요구 사항 충족에 필요한 NAS 접근 수준을 달성한다는 목표를 갖고 NAS에 점진적으로 접근하기 위해 제품 및 활동을 계속 시행할 것이다.
- 훈련 계획을 개발하고 업데이트하여 기존 체계의 개조와 신규 체계의 도입을 반영할 것이다. 국방부는 NAS에 접근하고, 제어체계 전반의 공통성을 늘리고, 체계의 자율성을 확대하고, 훈련 단계에 맞는 시뮬레이터의 충실도를 조정하기 위해 SAA 기술을 계속 개발할 것이다. 그리고 하드웨어의 공통성 확대를 통해 불필요한 특별 체계 훈련을 줄여 장기성적을 경제적으로 달성할 수 있다.
- 병력 재배치와 함께 모든 수준의 훈련직에 총원될 교관도 증가할 것으로 예상된다. 새로 정립된 업무 분야의 성장, 성숙, 발전에 따라 경력 수준도 군 전체의 다른 업무 분야와 비슷한 수준으로 증가하고 정상적이 될 것이다. 인력 체계는 신기술과 성숙도에 따라 계속 조정될 것이다.
- 병력이 현재 작전 비상 상황에서 소속 기지로 복귀하면 평상 인력으로 전환될 것이다. 재배치로 훈련 자산의 가용성이 증가할 것으로 예상된다. 군 및 합동 훈련 계획이 성숙되어 효과적인 훈련을 가능케 하는 신중한 주둔 및 자원 할당 결정에 필요한 구체성이 더해져야 할 것이다.
- 군 로드맵은 탄탄한 훈련체계를 지원하는 데 필요한 교리, 훈련 계획 및 문서와 함께 계속 진화되고 성숙될 것이다. 합동성을 장려하고 훈련 시 전체 군의 참여를 통합하는 일에 중점이 두어질 것이다. 국방부 전체의 다양한 노력을 이끌고 효과적이고 효율적인 훈련을 보장하기 위한 포괄적 훈련 전략이 개발될 것이다. 이 전략은 각 군과 합동 참모 본부 내에서 완료되었거나 진행 중인 작업을 활용하게 될 것이다. 그 범위는 부대에서 가장 작은 것에서 가장 큰 것까지, 해당하는 모든 인력과 전체 훈련 범위에서 UAS 훈련을 모두 다룰 수 있도록 커질 것이다.

UAS 훈련 목표의 개념적 연대표가 그림 39에 나와 있다. 이것은 2013 회계연도에 UAS 훈련 전략이 완료되면 좀 더 정교해질 것이다. 이러한 훈련 어려움을 극복하고 국방부 전체의 훈련 전략을 개발하면 향후 무인체계가 미래의 전장에 좀 더 효과적인 전투 능력을 전달할 것이다.



목표	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+
기술 프로젝트	<b>단기:</b> 시뮬레이터 충실도 개선 및 대응 플랫폼에 탑재체 통합				<b>중기:</b> 시뮬레이터 개발과 함께 공통성 노력 통합				<b>장기:</b> 시뮬레이터와 대응물을 실기 등, 가상현실, 위게임 및 혼합된 실제 훈련 환경으로 통합			
요구되는 능력	<b>단기:</b> 국방부 훈련 전략 개발 및 시행, UAS 운용 사용을 지원할 교리 개발, 대응물 및 시뮬레이터 획득 통지, 공역 요구 사항 확인						<b>중장기:</b> 국방부 UAS 훈련 전략 지속적으로 시행 및 정리, UAS 훈련 프로그램을 정리하여 교리 변화에 맞게 조정, 훈련 프로그램에 통합할 획득 모니터링					

그림 39 UAS 훈련 목표



# 제 8 장

## 국제 협력

- 서론
- 국제 협력 방법
- 국제 협력 권한, 관할권, 승인 및 공개
- UAS 관련 특별 고려사항
- 개혁 노력

2013~2038  
미국의 무인체계 통합 로드맵





## I 제8장 국제 협력

### 8.1 서론

국방부의 국제 협력 노력에는 방위 기술과 체계에 대한 대외 협력자와의 공동 연구, 개발, 시험 및 평가를 비롯해 방산 물자, 체계, 서비스 조달이 포함된다. 여기에는 NATO 능력 그룹(capability group)의 참여도 포함된다. 국제 협력의 목표는 다음과 같다.

- **운용.** 동맹국과 연합국과의 상호운용성 및 협력을 통해 군 효과를 높인다.
- **경제성.** 규모의 경제 및 비용을 공유, 개발 노력의 중복을 피하거나, 동맹국과 우방국에 더 많은 무기체계를 판매하여 무기 획득 비용을 줄이고 구매력을 향상시킨다.
- **기술.** 전 세계 최고의 방위 기술에 접근하여 동맹국 및 연합국과의 기술 격차를 최소화한다.
- **정치.** 다른 우방국과의 관계와 동맹을 강화한다.
- **산업.** 국내 및 동맹국 방위 산업 기반을 강화한다.

### 8.2 국제 협력 방법

국제 협력에 사용되는 세 가지 주요 방법은 다음과 같다.

- 새로운 방위 기술 및 체계에 대한 합동 연구, 개발 및/또는 조달 또는 투자를 목적으로 하는 합의/양해 각서(MOA/MOU) 같은 국제 협정
- 대외군사판매(Foreign Military Sales, FMS)
- 직접 상업 판매(Direct Commercial Sales, DCS)

### 8.2.1 MOA 및 MOU

국방부는 다양한 국제 협력국과 방위 기술 및 체계의 공동 개발을 위한 쌍무 및 다자 협정을 체결했다. 이러한 협정에 따라 국방부는 상대국의 국방부와 협력하며 기존 기술, 전문성 및 자원을 공유하여 새로운 기술 정보를 개발하거나, 신기술 방위 체계 또는 플랫폼을 개발하거나, 기존 제품을 개선한다. 국방부는 UAS를 향상시키기 위해 대외 협력국과 몇 가지 국제 협력 협정을 체결하였다. 예를 들어, 미국, 영국, 캐나다, 호주, 뉴질랜드가 참여하는 공동 방위 S&T 사업인 기술 협력 프로그램(The Technical Cooperation Program, TTCP)은 모든 협력국에 상호 국방 S&T 사업을 알리고 광범위한 방위 S&T 활동 및 프로젝트에서 협력하기 위해 만든 것이다. TTCP 활동을 통해 각 참가국이 방위 요구 사항을 충족하도록 지원하고 불필요하게 노력이 중복되는 것을 방지한다. TTCP 참가국은 자율 C2, 새로운 항공기 구성 및 체계, UAS 자체 보호, 대(對) UAS(counter-UAS) 같은 영역에서 공동 실험을 실시하는 UAS 사업을 진행한다. 이 활동으로 국제 운전자 그룹(International Operators' Group)이 생겨났으며 여기에는 광범위한 문제를 확인하여 해결하는 운전자와 연구자 외에도 개별 국가와 체결한 여러 쌍무 협정이 포함된다.

### 8.2.2 대외군사판매(FMS)

FMS 사업은 방산물자, 서비스 및 훈련을 다른 주권 국가와 국제기구에 이전하는 미국 정부의 사업이다. FMS에 따라 국방부는 자체 군 요구에 사용하는 것과 동일한 획득절차를 사용하여 외국 고객을 대신하여 방산물자와 서비스를 조달한다. 이 사업에 참여하기로 동의한 국가들은 자국의 자금 또는 미국 정부가 후원하는 지원 사업을 통해 제공되는 자금을 지불하여 방산물자, 서비스 또는 훈련을 획득할 수 있다. 특정한 경우에는 방산물자, 서비스 및 훈련을 보조금을 받아 획득할 수 있다. 방위 안보 협력 기관(Defense Security Cooperation Agency)이 국방부의 FMS 사업을 관할한다. FMS 사례는 국무부를 통해 심사/승인을 받아야 하며 일부 경우에는 의회 통보 절차를 통해 미 의회에 통지

해야 한다. 일반적으로 이러한 정부 간 구매 협정은 미군과의 표준화를 보장하고, 민간 부문을 통해 구할 수 없는 계약 관리 서비스를 제공하며, FMS 고객의 구매와 국방부 구매를 통합하여 단가를 낮추는 경향이 있다.

### 8.2.3 직접 상업 판매(DCS)

DCS에 따라 미국 기업들은 국방부(군수품) 또는 상무부(이중 용도 품목)의 상업 수출 승인을 받는다. 이러한 승인을 통해 기업들은 외국 고객과 직접 판매를 협상할 수 있다. 모든 DCS는 국무부나 상무부의 승인 대상이며, 일부 경우에는 미 의회의 승인을 받아야 하며 해당하는 미국 수출 법규를 준수해야 한다. DCS를 통해 외국 고객은 계약 협상 중에 좀 더 직접적으로 참여할 수 있으며, 확정 고정 가격이 가능하고, 비표준 요구 사항을 충족하는 데 좀 더 적합할 수 있다.

### 8.2.4 NATO

군사 동맹은 정보 교환과 표준 개발을 통해 협력과 상호운용성을 증진시킨다(<http://nsa.nato.int/nsa> 참조). 예를 들어, 감항성 표준은 여러 국가에서 개발하여 채택한 것이며 MIL-HDBK-516B에 포함되고 있다.<sup>90)</sup> 그리고 각 동맹국은 직접상용판매(DCS)에 따라 미국의 Global Hawk 체계에서 파생된 NATO 동맹 지상 감시(Alliance Ground Surveillance, AGS) 체계를 획득하고 있다. 유럽 5개국 AGS 항공기가 동맹 임무를 수행하게 되어 NATO 요구 사항 충족을 위한 미국 ISR 체계에 대한 수요가 감소할 것이다. 동맹 표준에 관한 추가 정보는 이 로드맵의 부록 B와 C를 참고하고 NATO 규정에 따른 NATO 표준화 문서의 제작, 유지 및 관리절차는 간행물 AAP-03<sup>91)</sup>을 참조한다.

90) MIL-HDBK-516B, 감항성 인증 기준.

91) AAP-03, NATO 표준화 문서의 제작, 유지 및 관리, 버전 2, 2011년 11월(<http://nsa.nato.int/nsa>).

## 8.3 국제 협력 권한, 관할권, 승인 및 공개

미국 정부는 여러 기관 사이에서 FMS와 DCS의 수출 승인 권한을 분리하였다. 기본 정부 규정 두 가지는 국방부의 관할 하에 방산물자와 서비스를 관리하는 국제 무기 거래 규정(International Traffic in Arms Regulation, ITAR)과 상무부의 관할 하에 이중 용도 품목을 관리하는 수출 관리 규정(Export Administration Regulation, EAR)이다.

### 8.3.1 권한 및 관할권

#### 8.3.1.1 국제 무기 거래 규정(ITAR)

무기 수출 통제법(22 U.S.C. 2778)은 방위 물자와 서비스의 수출과 수입을 통제할 권한을 대통령에게 부여한다. 대통령 명령 11958에 따라 이 법적 권한은 국무부에 위임되었다. ITAR은 이 권한을 시행하고 방위 물자와 서비스의 수출을 통제하는 관리 규정이다. ITAR에는 ITAR로 통제되는 방위 물자 목록인 미국 군수품 통제 목록이 포함된다. ITAR은 방위 물자를 수출하거나 방위 서비스를 수행하는 데 필요한 수출 승인 요구 사항과 절차는 물론 물자의 관할권을 결정하는 절차(즉, 물자를 관할하는 규정이 ITAR인지 EAR인지)도 정의한다.

ITAR에는 방위 물자와 서비스의 승인 요구 사항에 면제되는 항목도 있다. 이러한 면제 항목 대부분은 국가에 따라 다르며(예: 영국과 호주 방위 무역 조약의 시행, 캐나다 면제) 거래에 따라 다른 경우도 있다(예: 미국 정부 기관과 관련된 선적). ITAR 면제 항목 대부분은 그 시행과 관련된 엄격한 절차, 문서화 및 기록 유지 요구 사항이 있다. 국방부의 특정 조직뿐만 아니라 미국의 각 군사 기관은 국무부로부터 제한된 수출 권한을 위임받았다.

#### 8.3.1.2 수출 관리 규정(EAR)

EAR은 1979년 수출관리법(Export Administration Act, EAA)을 시행한다. 상무부는 EAA를 시행할 법적 권한이 있다. EAA는 EAR의 상품 통제 목록(Commodity Control List,

CCL)에서 확인된 이중용도 품목의 수출을 관리한다. “이중용도(dual use)”는 EAR로 관리되는 품목을 가리키는 것으로서, 이것은 군사 및 그 외 전략 용도와 민간 용도에서 모두 사용될 수 있으며 국무부나 에너지부의 핵 관련 통제 대상인 무기 및 군사 관련 용도 또는 설계를 하는 품목과 구분된다. EAR은 이중용도 통제의 승인 요구 사항을 상세히 명시하며 ITAR처럼 승인 면제 항목이 있다. CCL에 있는 모든 품목이 모든 국가로 양도할 때 승인을 받아야 하는 것은 아니며, CCL에 구체적으로 열거되어 있지 않은 일부 상품은 최종용도 및 최종 사용자에 대한 수출 승인이 필요할 수 있다.

### 8.3.1.3 대외 공개

기밀 군사 정보의 공개 결정은 보안 지원 및 무기 협력 사업 또는 방위 물자의 전달과 연결되는 경우가 많아 국가 공개 정책(National Disclosure Policy, NDP-1)은 무기 수출 통제법 조항과 재래식 무기 양도 정책을 준수해야 한다. 미국 정부의 모든 공개 활동에 관한 기밀 군사 정보의 공개는 미국의 대외 정책과 군사 목표를 지원해야 한다. 기밀 군사 정보의 공개나 부인의 근거는 다음 두 가지이다. 공개 담당 기관에서 1) 외국 수령자가 이 정보의 보안을 충분히 보장할 의향과 능력이 있으며, 2) 국가 이익(대외 정책 또는 군사)에 도움이 된다고 판단해야 한다.

정책의 운용에는 예외가 있다. 정책의 예외는 국무장관과 국방장관, 그 수석 부관 또는 국가 공개 정책 위원회(National Disclosure Policy Committee, NDPC)에서 결정할 수 있다. 대부분의 경우에서 NDPC가 정책 예외를 승인한다. NDPC의 심의를 거친 후에는 공개 권한이 기밀 군사 정보의 지정 범주에서 특정 보안 기밀 분류 한계(예: 최고 비밀, 비밀 또는 기밀)에 드는 정보를 담당하는 부서와 기관의 수장에게 위임된다. 각 국가나 국제기구에 대해 이러한 한계를 정할 때 다음과 같은 요인이 고려된다.

- NDPC 보안 조사에 따라 정보를 보호할 수 있는 능력 평가 및/또는 중앙 정보국의 정보 위험도 평가
- 정보 보호에 관한 정식 정부 간 보안 협정 존재
- 상호 방위 또는 유사한 협정 존재
- 공개 횡수

## 8.3.2 승인 및 공개

### 8.3.2.1 기술 보안

국방부는 12개의 기술 보안 검토 절차를 만들었다. 절차마다 특정 기술을 담당한다. 예를 들어, 이러한 절차에는 저피탐지(low-observable) 및 저피탐지(counter-low-observable) 대응 기술, GEOINT, 통신 보안(COMSEC) 장치, 정보 데이터, GPS, 데이터 링크와 파형, 야간 투시 장치가 포함된다. 다양한 기술 보안 절차의 통제를 받는 품목이나 기술을 수출(또는 암묵적 수출)하기 전에 반드시 절차의 타당성을 판단하고, 제안된 품목의 전환(수출)에 대한 합의가 있어야 한다.

### 8.3.2.2 재래식 무기 양도(CAT) 정책

CAT 정책은 무기 양도에 관한 대통령 정책 지침이다.<sup>92)</sup> 그 목적은 미국 무기체계의 양도를 제한하면서 미국의 보안과 외국의 정책 목표를 지원하고 동맹국과 우방국의 적법한 방위 요구 사항을 충족하는 것이다. 국무부는 이 정책을 명확하게 표명하고 정책의 변경 제안에서 중요한 역할을 할 책임이 있다. 국무부의 실무 책임자는 양도 제안을 사례별로 검토할 때 CAT 정책을 사용하여 군 장비 및/또는 서비스의 특정 양도가 정책에 서 정한 12개 기준에 부합되는지 판단한다. 이 기준 목록은 <http://www.state.gov/t/pm/rsat/c14023.htm>에서 볼 수 있다.

### 8.3.2.3 의회 통지

무기 수출 통제법 36(b) 항에 따라 행정부는 잠재적 FMS가 특정 달러 기준가에 달하거나 초과할 경우 상원 외교위원회와 하원 외교위원회에 정식으로 통지해야 한다. 정치군사국 지역 안보 및 무기 양도(Political-Military Affairs Office of Regional Security and Arms Transfer, PM/RSAT) 담당 관리는 정치군사국 지도부 및 국방부와 협력하여 의회 보좌관에게 잠재적 무기 판매와 이것이 미국에 이익에 어떻게 작용할지를 브리핑하는 것을 포함해 필요한 통지 조치를 한다.

92) 대통령 결정 지침 34 (PDD-34), 재래식 무기 양도 정책, 1995년 2월 17일



## 8.4. UAS 관련 특별 고려사항

위의 일반적인 제한사항 외에 UAS에만 해당하는 특정 고려사항이 있다. 즉, 일반적으로 다른 무인체계에는 적용되지 않는다.

### 8.4.1 미사일 기술 통제 체제(MTCR)

MTCR은 WMD를 전달할 수 있는 무인수송시스템 비확산이라는 목표를 공유하고 WMD 확산을 목표로 하는 국가 수출 승인 노력을 조정하고자 하는 국가들의 비공식 및 자발적 연합체이다. MTCR은 통제 품목의 전체 공통 목록에 적용되는 공통 수출 정책 지침을 준수한다. 가장 큰 제한은 “범주 I 품목”에 적용된다. 이러한 품목은 사거리 300km, 탑재중량이 500kg 한계를 초과하는 능력을 갖춘 UAS, 이러한 체계와 주요 하위 체계의 생산 시설이 포함된다.

### 8.4.2 무장 UAS

국방부와 국무부는 무장 UAS 수출을 엄격하게 감독한다. 그리고 미국 의회는 무장 UAS의 양도를 가장 가까운 동맹국으로 제한할 것을 표명한 바 있다.

## 8.5 개혁 노력

미국 정부와 국방부는 국제 협력에 관한 국방부 절차에 영향을 주는 광범위한 개혁 노력을 시작했다. 전체 목록은 아니지만 8.5.1 ~ 8.5.4는 무인체계와 관련된 국제 협력에 영향을 줄 수 있는 현재의 주요 개혁 노력 몇 가지를 제시한다.

### 8.5.1 안보 협력 개혁

2012-2016 회계연도 방위 계획 및 사업 지침<sup>93)</sup>에서는 국방부의 안보 협력 절차를 포괄적으로 검토할 특별 위원회를 만들 것을 요구했다. 특정 요구 사항에는 안보 지원을 시행할 기관의 운용 방향, 관리 및 권한을 조정할 방법, 안보 지원 및 기술 양도 절차, 조직 및 규정의 조정 및 간소화 방법, 방위 획득 인력과 유사한 안보 협력 전문가를 위한 인증 과정의 시행 과정, 권한, 계획 및 자원의 조정, 조직 변경, 핵심 절차를 고려할 계획의 개발이 포함되었다. 분석과 활동 후 안보 협력 개혁 특별 위원회(Security Cooperation Reform Task Force, SCRTF)는 일련의 결과를 확인했고 양면 접근 방식을 통해 시급한 협력자 요구를 위한 신속처리가 가능한 보다 전향적인 체계를 수립하였다.

SCRTF는 계획, FMS 절차(즉, 계약·조달·운송·배포) 개선, 빠른 인도, 인력 개발(훈련 및 교육), 기술 보안 및 대외 공개 등 다섯 가지 초점 영역에서 58개의 권고안을 확인했다.

2011년 7월에 SECDEF는 SCRTF 권고안을 시행하고 합동 참모 본부 의장의 지시와 USD(정책)에 따라 SCRTF가 보고서의 권고안 시행을 감독할 것을 지시했다.

### 8.5.2 방산 수출 가능성(DEF)

DEF(Defense Exportability Features) 사업의 목적은 미국 체계의 수출용 종류의 설계와 제작을 획득절차 초기에 시작하여 민감한 미국 기술의 보안을 높이고, 완벽하게 제작되어 구현된 미국 체계에서 수출용 종류를 개발하는 데 드는 높은 비용을 피하고, 국제 조달 증대를 통해 실현된 규모의 경제를 통해 구매력을 높이는 것이다. DEF 시범 사업은 2011 회계연도 국방수권법에서 승인되었다. 2012 회계연도에 해군 UAS를 포함하는 네 가지 사업에서 DEF 타당성 연구를 실시했다. 이러한 평가를 통해 설계 시 수출용 종류의 필수 프로그램 정보를 보호할 때 발생하는 잠재적 비용 편익이 확인된다.

93) FY12-16 방위 계획 및 사업 지침, para. 6.3, 개혁 안보 협력(U), pg.30, 2010년 5월 20일.



### 8.5.3 수출 통제 개혁(ECR) 프로그램

2009년 8월에 대통령은 현재 위협에 초점을 맞추고 변화하는 경제 기술 환경에 맞게 적응하여 미국의 주요 제조 및 기술 부문의 경쟁력과 국가 안보를 강화하는 것을 목표로 미국 수출 통제 제도에 대한 기관 간 검토를 지시했다. 이 검토로 현재 수출 통제 제도가 지나치게 복잡하고, 중복되는 것이 너무 많으며, 너무 많은 것을 보호하려 함으로써 가장 중요한 국가 안보 우선순위에 노력을 집중하기가 어렵다는 결론이 나왔다. 정부는 체제 내의 중복과 비효율을 극복하려면 현재 체제의 근본적인 개혁이 필요하다고 판단했다.

그 결과 정부는 ECR(Export Control Reform) 프로그램을 시작했다. 이것은 상식적인 접근 방식으로 미국의 수출 통제 제도를 엄격하게 조사하는 것이다. 대통령의 국가 수출 프로그램과 관련이 없는 ECR 프로그램은 미국의 국가 안보를 강화하고 미국이 WMD 확산 같은 위협에 대응할 능력을 강화하도록 설계되었다. 수출 통제의 목적은 미국이나 동맹국에 피해를 입힐 의도를 가진 사람의 손에 물자가 들어가지 않도록 하는 것이다. 이것은 위협 기반의 제도이다. 즉, 물자는 일반적으로 위험도가 낮은 목적지로 수출이 허용되며, 그 외 물자는 좀 더 엄격한 조사를 거쳐 다른 목적지로 보낼 수 있으며 일부 물자는 거부될 수 있다.

정부는 개혁을 3단계로 시행하고 있다. I, II 단계에서는 수출 통제에 관한 다양한 정의, 규정 및 정책을 조정하고, III 단계에서는 단일 통제 목록, 단일 승인 기관, 통합 IT 체계, 시행 조정 센터를 만들 것이다. 이 시행 계획은 정부 구조 조정에 초점을 맞추기 전에 먼저 핵심 문제를 해결하도록 설계되었다. 최종 단계의 통합 계획은 개별 체계들을 제거함으로써 완벽하게 동기화된 하나의 체계 안으로 여러 체계를 담을 필요성을 없애는 것이다. 이 상식적 접근 방식은 이렇게 예산이 부족한 상황일 때 좋은 방식이다.

### 8.5.4 기술 보안 및 대외 공개(TS&FD)

수출 통제 개혁 특별 위원회 보고서(2010년 1월 29일 발행)는 미국 정부 TS&FD (Technology Security and Foreign Disclosure) 절차의 “간소화 및 조화” 노력을 시작할 것을 권고했다. 그 결과 국방 차관은 USD(AT&L)와 USD(정책)에 국방부 주도의 TS&FD 절차 검토를 실시하고 대체 TS&FD 체계 개념을 제공하여 투명성, 예측성, 적시성을 강화하면서 이 핵심 영역에서 미국 정부의 의사결정의 품질이 전체적으로 우수하게 유지 되도록 하는 과제를 부여하였다.

미국 정부는 현재 국방부가 주도하거나 주요 참여자인 13개의 개별, 내부 TS&FD 절차를 갖고 있다. 이러한 절차는 일반적으로 대응적인 성격을 갖지만, 협력국의 능력 요구 사항을 강화하지는 않는다. 이러한 절차는 서로 통합되거나 조화되지 않아 미국 정부 TS&FD 의사결정 절차에 투명성과 예측성이 없어 미국 정부의 활동을 동기화하여 워싱턴, 국가 팀, 전투사령관, 협력국, 미국 및 외국 산업 참여를 포함하는 협력국 역량을 강화하기가 어렵다.

국방부의 현재 TS&FD 활동은 다음 세 영역에 집중되어 있다.

- TS&FD 양도 요청 측면에 영향을 주는 국방부 결정을 중앙에서 처리하는 조직의 역할을 담당할 TS&FD 사무국을 설치한다.
- 국방부의 전체 TS&FD 결정의 품질, 적시성 및 효율을 강화하도록 현재 미국 정부의 TS&FD 의사결정 절차를 통합하고 개편할 수 있는 수정된 국방부 및 미국 정부 정책 지침을 개발하고 발표한다.
- 협력국의 능력, 방위 수출 가능성, 산업 및 협력자 활동, 대응적이기보다는 선행적인 TS&FD 의사결정 중심의 국방부 인력 프로그램을 강화하는 개선 조치를 국방부에서 시행한다.



# 제 9 장

## 요약

주요국 국방·군사 동향 시리즈

2013~2038  
미국의 무인체계 통합 로드맵





## ■ 제9장 요약

국방부 무인체계 개발 자금 지원은 2010년대 초기에 축소될 수 있지만, 무인 능력은 국내 상업 분야와 개인 소비자 사용에서 전망이 상당히 밝다. 이런 동향은 실제로 군사용 체계의 기준 가격을 낮출 수 있으며, 이것은 미국 납세자에게는 좋은 소식이다. 그러나 무인체계 개발 및 운용에 수반되는 기술적 어려움이 로드맵에서 설명한 기술 프로젝트와 과제를 달성하여 해결된다면 각 군은 현재 달성할 수 있는 수준을 훨씬 넘는 능력 향상이 가능하다. 그림 40을 통해 확인할 수 있다.

무인 산업이 좀 더 신중하고 전통적인 사업 개발로 이동하면서 군 요구 사항 관리자는 새로운 사업을 시작할 때 이러한 미래 능력을 다루어야 한다. 국방부는 산업계, 학계 및 다른 기관과 협업하여 새로운 기술을 미래 전투원 능력의 기초로 사용하는 적정 가격의 경로를 계속 찾아갈 것이다.

목적	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030+
기술 과제	단기		중기			장기						
	동력, 엔진 및 지침 기술 개선		동력 및 밀도 개선			저장 및 에너지 수확 개선						
	무기 기술 통합		무인 특정 무기 설계			나노 에너지학						
	GBSAA 솔루션		GBSAA + ABSAA 솔루션			GBSAA, ABSAA 및 통합 NextGen						
	다중 센서/다중 임무 센서 소형화 및 상호운용성		센서 모듈성			센서 데이터 교차 영역 공유						
	링크 연결 및 공통 통신 아키텍처		엔터프라이즈 게이트웨이			통신 게이트웨이 상호접속위치						
시뮬레이터 충실도 개선 및 대응 플랫폼에 탑재체 통합		시뮬레이터 개발과 공통성 노력 통합			시뮬레이터와 대응물을 실기동, 가상현실, 위게임 및 혼합된 실제 훈련 환경으로 통합							
<b>기본 혁신 목표</b>												
요구되는 능력	상호운용성 증대					→						
	효율적이고 경제적인 개발					→						
	생존성 및 통신 회복력 증대					→						
	지속성 강화					→						
	치명성 증대					→						
	공역 통합의 점진적 증가					→						
	자율성 및 유지보수성 증가					→						
	훈련 개선					→						

그림 40 기본 혁신 목표 연대표

# 부록



부록 A 기본 문서 및 참고문헌

부록 B 상호운용성 표준 우선순위

부록 C 국방부의 상호운용성 및  
모듈성 증강 방침

부록 D 무인체계 T&E 능력 현재 상태

부록 E 유·무인 팀 편성(MUM-T)  
및 MUSIC

부록 F 사례 연구 MQ-9 REAPER

부록 G 연락처

부록 H 약어

2013~2038

미국의 무인체계 통합 로드맵





## 부록 A 기본 문서 및 참고문헌

- Air Force Science & Technology Plan, Department of the United States Air Force, 2011.
- Carter, Ashton B., Under Secretary of Defense, Acquisition, Technology, and Logistics, "Implementation Directive for Better Buying Power — Obtaining Greater Efficiency and Productivity in Defense Spending".
- Carter, Ashton B., Under Secretary of Defense, Acquisition, Technology, and Logistics, "Should-cost and Affordability Memorandum".
- Chairman of the Joint Chiefs of Staff Master Positioning, Navigation and Timing Plan, 13 April 2007.
- Committee on National Security Systems (CNSS) Policy (CNSSP) 15.
- Defense Budget Priorities and Choices, Department of Defense, January 2012.
- DoD GPS Security Policy, 4 April 2006.
- Eyes of the Army, U.S. Army Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2010–2035.
- "Fiscal Year 2012 President's Budget Request (PBR) for the DoD S&T Programs", briefing, Mr. Bob Baker, Deputy Director, Plans & Programs, Assistant Secretary of Defense & Engineering, 21 June 2011.
- "FY12–16 Defense Planning and Programming Guidances", 20 May 2010.
- International Telecommunication Union (ITU), Radio Regulations, Geneva, Switzerland. 2007 Edition.
- Joint CONOPS for UAS, Third Edition, November 2011.
- Joint Operational Access Concept (JOAC), Department of Defense, 17 January 2012.
- Lundberg, Kent H., High-Speed Analog-to-Digital Converter Survey, MIT Press, 2002.
- Naval Science and Technology Strategic Plan, Office of Naval Research, September 2011.
- National Telecommunications and Information Administration (NTIA), Manual of Regulations and



Procedures for Federal Radio Frequency Management, Washington, DC, January 2008 edition, September 2009 revision.

Presidential Decision Directive 34 (PDD-34), Conventional Arms Transfer Policy, 17 February 1995.

“Quadrennial Defense Review Report”, Department of Defense, February 2010.

Report of the Defense Science Board Task Force on Training Superiority & Training Surprise, OUSD(AT&L), Washington, DC, January 2001.

Robotic Collaborative Technology Alliance (RCTA) FY2012 Annual Program Plan.

Shaud and Lowther, “An Air Force Strategic Vision for 2020-2030”, Strategic Studies Quarterly, Spring, 2011.

“Sustaining U.S. Global Leadership: Priorities for 21st Century Defense”, Defense Strategic Guidance, January 2012.

“Teal Group Predicts Worldwide UAV Market Will Total \$89 Billion in Its 2012 UAV Market Profile and Forecast”, Press Release Newswire, United Business Media, 11 April 2012.

“Terms of Reference–Defense Science Board Study on Technology and Innovation Enablers for Superiority in 2030”, USD(AT&L) Memorandum, 15 March 2012.

Unmanned ground systems roadmap, Robotic Systems Joint Program Office, July 2011.

Unmanned Interoperability Initiative (UI2) Capability Based Assessment, 1 March 2012 and 14 May 2012.

Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011–2036.

## 부록 B 상호운용성 표준 우선순위

아래의 표준 목록은 전체 목록이 아니며, 합동 상호운용성을 위한 표준 우선순위와 UI2 CBA 격차에 초점을 맞춘 것이다. 정책과 표준이 효과적이기 위해서는 적용 가능한 JCIDS 이정표(국방부 아키텍처 프레임워크 결과물)인 상호운용성 인증 및 정보 지원 계획(Interoperability Certification and Information Support Plan, ISP)을 승인하기 전에 DAE 및 SAE의 책무(commitment), 감독, 시행이 필요하다. 이러한 우선순위는 이 로드맵의 6개월 주기 검토 기간에 업데이트(또는 예외적으로 이보다 빨리 업데이트)된다.

- USIP 1.1 표준 공통 데이터 링크를 이용한 전투공간 인식용 동영상 가시선 전송. DISR에서 제공되는 필수 표준, 2010년 11월 30일. 상호운용성 프로파일(Interoperability Profile, IOP):

IP 1.1: 상황 인식용 동영상 기본 표준. 이러한 표준은 구현의 기초이며, 우선된다.

- ✓ MISP 5.1, 동영상 표준 프로파일, 2008년 12월
- ✓ 동영상 표준 위원회(Motion Imagery Standards Board, MISB) 표준 0601.2 UAS 데이터링크 로컬 메타데이터 세트, 2008년 10월
- ✓ MISB EG 0902, MISB 최소 메타데이터 세트, 2009년 5월
- ✓ IETF RFC 0768, 사용자 데이터그램 프로토콜, 1980년 8월
- ✓ IETF RFC 0791, 인터넷 프로토콜(IPv4), 1981년 9월

그 외 적용 가능한 표준. 다음은 관리 표준에 언급되어 있는 것으로, 구현을 완벽하게 정의할 수 있도록 추가 사양이 상세히 나와 있다.

- ✓ MISB 표준 0807, DoD/I/NSG 동영상 메타데이터 등록부
- ✓ MISB 표준 0604, 시간 표시 압축 동영상
- ✓ MISB 표준 0102.5, 디지털 동영상용 보안 메타데이터 범용 및 로컬데이터 세트

- ✓ MISB RP 0603, 협정 세계시를 사용하는 디지털 동영상용 공통 시간 기준
- ✓ MISP RP 0903, 동영상 이동 표적 지시기 로컬데이터 세트
- ✓ ISO/IEC 13818-1:2007, 정보 기술 — 동영상 및 관련 오디오 정보의 일반 부호화: 시스템
- ✓ SMPTE 335M-2001, 메타데이터 사전 구조
- ✓ SMPTE 336M-2007, 키 길이 값을 사용하는 데이터 인코딩 프로토콜
- ✓ SMPTE RP210.10-2007, 메타데이터 요소 설명의 메타데이터 사전 등록부
- ✓ NGA.STND.0024-2\_1.0, 복잡한 SAR 영상용 센서 독립 복합 데이터(Sensor Independent Complex Data, SICD)
- ✓ NATO STANAG 4676, NATO 정보, 감시, 정찰 추적 표준(NATO Intelligence, Surveillance, Reconnaissance Tracking Standard, NITS) — 현재 GMTI “도트”를 표시할 때 사용되는 UAS 정보 융합을 위한 핵심 성공 요인
- ✓ NATO STANAG 4607, 지상 이동 표적 지시 형식(Ground Moving Target Indication Format, GMTIF)
- ✓ NATO STANAG 4559, NATO 표준 영상 라이브러리 인터페이스(NATO Standard Image Library Interface, NSILI) — 현재 에디션 3, 다음 에디션은 XML이 가능할 것임. 체계 간 데이터 공유 및 노출에 사용
- ✓ NATO STANAG 3277, 합동 ISR 과제 및 요청 데이터 형식 — 크로스 큐(cross-cue) 및 센서 과제 요청 시행
- ✓ 전구 네트워크 중심 지리 위치(Theater Net-centric Geo-location, TNG) 합동 인터페이스 제어 문서(Joint Interface Control Document, JICD) — SIGINT 상호운용성
- ✓ JPEG 2000, 양방향 프로토콜(JPIP) — 광역 감시 센서같은 대규모 형식 센서 부문에 유용
- ✓ SMPTE 296M-2001, 1280 x 720 점진적 영상 샘플 구조 — 아날로그 및 디지털 표현 및 아날로그 인터페이스
- ✓ SMPTE 274M-2008, 1920 x 1080 영상 샘플 구조, 여러 영상 속도의 디지털 표현 및 디지털 시간 기준 순서
- ✓ SMPTE 295M-1997, 1920 x 1080 50-Hz — 스캔 및 인터페이스
- ✓ NATO STANAG 4609, AIR (에디션 2) — NATO 디지털 동영상 표준
- ✓ AEDP-8 (에디션 2), NATO 동영상(MI) STANAG 4609 (에디션 2) 시행 지침
- ✓ MIL-STD-2500C, 국가 영상 전송 형식(National Imagery Transmission Format, NITF) 버전 2.1, 국가 영상 전송 형식 표준용



IP 2.1: 표준 CDL 터미널 관리표준의 형상관리:

- ✓ 사양 번호 7681990, Rev H, 표준 공통 데이터 링크 파형용 성능 사양
- ✓ 사양 번호 60038365, 네트워크 중심의 공통 데이터 링크용 최고 사양
- ✓ NATO STANAG 7085, 정보, 감시 및 정찰(Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, ISR) 체계용 상호운용 가능 데이터 링크, 에디션 3, 배포 계류 중  
<https://gtg.csd.disa.mil/uam/marketing.jsp>
  
- UAS 제어 세그먼트(UCS) 아키텍처 릴리스 3.1 <https://ucsarchitecture.org>
  
- 국가지형정보국(NGA) GEOINT 메타데이터 표준 (OUSD-I Memo, 2011년 8월 31일), MIL STD 2500C, MISP 및 STANAG 4607용
  - ✓ 국방부 IT 표준 및 프로파일 등록부(DISR) 웹사이트  
<https://gtg.csd.disa.mil/uam/marketing.jsp>
- 국방부 공통 데이터 링크(CDL) 정책 7, 2009년 8월 7일
- 합동 화력 지원 조정위원회(Joint Fire Support Executive Steering Committee, JFS ESC) 디지털 보조 근접 항공 지원(Digitally Aided Close Air Support, DACAS) 기술 변경 제안 (Engineering Change Proposal, ECP). ECP # 8 무인항공체계(UAS)를 타격 플랫폼으로 통합.  
[https://community.apan.org/joint\\_close\\_air\\_support\\_jcas/dacas\\_ci\\_usc/default.aspx](https://community.apan.org/joint_close_air_support_jcas/dacas_ci_usc/default.aspx)
  
- CJCSI 6212.01F 준비된 주요 성능 매개변수(NR KPP), 2012년 3월 21일
  
- NATO STANAG 4586, NATO UAS 상호운용성을 위한 무인 통제 체계(UCS)의 표준 인터페이스
  
- 국방부 아키텍처 프레임워크(DoDAF), 버전 2.0  
<http://dodcio.defense.gov/dodaf20.aspx>



## 부록 C 국방부의 상호운용성 및 모듈성 증강 방침

### 무인 상호운용성 방침 능력기반 평가(UI2 CBA)

이 CBA는 무인체계 상호운용성 과제 요구에 대한 운용평가를 수행하고, 이러한 요구를 충족할 수 있는 능력의 격차를 확인하여 우선순위를 정하며, 잠재적 DOTMLPF-P 우선순위를 확인하여 확인된 능력 격차를 완화하기 위한 합동 실무 그룹(Working Group, WG) 노력의 성과물이다. 각 군 및 기관은 각 임무 책임과 관련된 CBA 측면을 알게 될 것이다. UAS TF산하의 IPT는 각 군 및 기관과 계속 협력하며 CBA 안에서 확인된 격차를 좁혀 전투원의 능력을 향상시킬 것이다.

CBA로부터 도출된 29가지 합동 UAS 상호운용성 격차는 아래의 목록과 같다. 최종 승인된 CBA는 USD(AT&L) 제한된 무인전 정보 저장소 웹사이트에서 볼 수 있다.

- 충돌 방지 및 회피에 관한 NAS 표준과 전술적 요구 사항에 따라 다른 공역 사용자를 탐지 또는 감지하여 피한다.
- 선택 가능한 ISR 데이터를 승인된 합동 네트워크 형식 및 파형으로 제공한다.
- 우군 추적기와 같은 C2 인터페이스를 포함해 전체 영역에서 인가된 가입자에게 ISR, 추적 데이터 및 위치 정보를 확인, 검색, 선택 가능한 공통의 형식으로 제공한다.
- 합동 공통 작전 상황도와 합동 공통 항공 사진 응용에 적합한 정확한 위치 보고를 제공한다.
- 다양한 영역의 표적 전송(예: UA의 수중 상황 전송)을 포함해 인가된 가입자에게 UAS에서 ISR 관심 분야의 모든 센서에서 얻은 위치 정보를 제공한다(인가된 가입자에게는 직접 기계 간 데이터 교환이 포함된다).
- NAS 공역 및 전구 공역에서 안전하고, 효과적으로 운용하기에 적합한 정확하고 UA 위치 보고를 제공한다.
- 승인된 제어 메커니즘을 보유한 모든 인가된 합동 사용자의 이동체/탑재체 제어를 가능케 한다.

- 인가된 가입자에게 UAS 센서 지점 및 관심 위치 정보를 특정 형식으로 제공한다.
- 다중 인가된 통제관(가입자/요청)의 이동체(또는 탑재체) 제어 및 제어 전송, 승인된 제어 노드 사이의 제어 전송 수용(탑재체가 동시에 여러 사용자를 지원할 수 있는 경우 포함)(요청을 평가하고 우선순위를 결정할 수 있는 능력이 필요할 것임)을 가능케 한다.
- 적합한 합동 네트워크와 호환되는 통신 게이트웨이 및 공중 네트워크 또는 네트워크 노드 서비스를 제공한다.
- 적합한 장비를 갖춘 UAS의 경우에는 정밀 합동 무기(예: JAGM, Hellfire, 직경이 작은 폭탄) 요구 사항에 따라 표적 지정을 제공한다.
- 탑재체 및 임무 정보를 인가된 가입자에게 특정 형식으로 제공하고 이러한 정보를 교환한다.
- 합동 표준에 따라 인가된 국방부 및 비-국방부 가입자에게 필요한 음성 전송 또는 센서 데이터를 전송, 중계 또는 재전송한다.
- 합동 타케팅 통제 체계 및 절차와 호환되는 화력 지원 기능을 제공한다.
- 유인 및 무인 플랫폼 모두, 플랫폼 간 임무나 서비스의 관제 이관을 제공한다.
- 인가된 사용자의 데이터 보관 및 검색 시스템 접속을 지원한다.
- 서로 다른 무인 센서 및 플랫폼을 사용하는 C2 센서 무인체계 환경을 통합한다.
- 전자 공격, 전자 보호 및 합동 EW 공격체계와 EW 위협 대비 강화를 위한 요구 사항과 호환되는 EW 지원을 포함한 합동 정보 작전과 정보전 효과를 제공하고 지원한다.
- 합동 TTP에 따라 치명적 또는 비-치명적 효과를 제공한다.
- 승인된 가입자와 평가팀에게 승인된 공동 형식으로 전투 손실 평가 입력 데이터를 제공한다.
- 승인된 가입자에게 기상 및 해양 지리 데이터를 확인, 검색 가능한 공통의 형식으로 제공한다.
- 승인된 가입자에게 화학, 생물학, 방사선, 핵 및 고출력 폭발물 데이터를 지정 형식으로 제공한다.
- 단일 통제소에서 유사한 종류 또는 다른 종류의 항공기 여러 대를 동시에 제어한다.
- 승인된 여러 사용자(GCS 또는 유인기)에게 합동 TTP에 따라 표적 지정 및 무기 발사를 제어할 능력을 제공한다.
- 광범위한 재난, 산불, 구조 작전을 지원하는 연방 및 주 기관과 호환되는 비군사용 데이터를 제공한다.
- UAS 등급의 플랫폼 운용 상태를 제공하여 안전한 작전을 촉진하는 합동군 내 비행체나 체계의 제어 이관을 촉진한다.
- 승인된 통제관에게 플랫폼 상태 표시 정보를 지정 형식으로 제공한다.
- 승인된 여러 합동 사용자와 시설(운용 최종 단계)통제 하에 발사 및 회수를 실행한다.
- 제어 링크 손실 또는 통신 두절과 관련된 상황에서 국방부 비상 절차를 따른다.

## 표준 및 관리 노력

국방부는 표준 IOP 구현으로 전체 UAS 아키텍처 내의 필수 인터페이스를 표준화하여 무인체계의 상호운용성 달성을 위해 노력하고 있다. “표준은 계속 진화하므로” 새로운 노력과 체계 개량을 위한 인터페이스 전반에서 통신 프로토콜, 메시지 형식, 구현 방법을 명확하고 일관되게 정의하는 것이 핵심 관건이 될 것이다. 그리고 여러 체계의 입출력을 해석할 수 있는 미들웨어의 개발도 핵심 관건이 될 것이다. 이 노력은 현재 및 미래 무인사업에서 획득, 기술 및 군수 수명주기 관리의 효율을 높일 것이다.

### OSD는 OA를 다음과 같이 정의한다.<sup>94)</sup>

개방 체계 설계 원칙과 구조를 채택하여 활용하는 합동 상호운용 가능 체계를 개발할 기틀을 제공하는 다면적 전략이다. 이 기틀에는 다음과 같은 원칙, 절차, 모범 사례가 포함된다.

- ✓ 더 많은 경쟁 및 혁신 기회 제공
- ✓ 경제성과 상호운용을 갖춘 체계를 신속하게 실전에 배치
- ✓ 총 소유 비용 최소화
- ✓ 전체 체계 성능 최적화
- ✓ 개발 및 개량이 용이한 체계 제공
- ✓ 구성요소 소프트웨어 재사용

UCS OA는 모든 USIP 및 군 IOP의 기본이 되는 사업 모델이다. 일부 경우에서 USIP 및/또는 군 IOP를 UCS 기틀에 통합할 수 있으나 기본 의도는 UCS, USIP 및 군 IOP 지시 사이의 동기화 및 호환성을 보장하는 것이다.

94) 용어와 정의, 국방 획득 대학: <https://acc.dau.mil/CommunityBrowser.aspx?id=22108>.

## UCS 아키텍처

UCS 아키텍처는 육군, 해군, 공군에서 현재 및 미래 UAS 사업의 소프트웨어 집약형 능력을 대표하는 체계이다. 그 목표는 서비스 지향 아키텍처(Service-Oriented Architecture, SOA) 원칙을 기반으로 하는 아키텍처를 개발하는 것이다. 앞으로 각 군에서 이 아키텍처를 UAS 제어체계의 능력을 획득하고, 통합하고, 확장하는 공통의 사업 모델로 채택하게 될 것이다. USD(AT&L) 획득 결정 각서(2009년 2월 11일)의 지시에 따라 UAS 태스크포스는 UCS WG에게 UAS 그룹 2-5를 지원하는 확장 가능한 공통의 개방형 아키텍처를 개발하여 시연하는 일을 맡겼다. UCS WG는 정부 및 산업 대표로 구성되며 모든 참여자가 관심 영역에서 기여해야 하는 기술 사회 모델을 사용하여 공동으로 운영된다. 이런 맥락에서 UCS 아키텍처는 다음과 같은 OSD가 지정한 높은 수준의 사업 목표를 지원한다.

- 제어 세그먼트 하위 체계 및 구성요소의 획득 유연성
- 비용 억제
- 산업의 모든 수준에서 혁신 도모
- 새로운 기술의 통합 시간 단축
- 군 및 합동 UAS 사업 전체에서 가급적 재사용

UCS 아키텍처 버전 2.1이 완성되면 UCS WG는 레드스톤(Redstone) 무기고에 있는 UCS 사업 모델, 인터페이스, 웹 저장소 및 향후 UCS 아키텍처 및/또는 인터페이스 개정의 경영, 감독, 관리, 보관을 위한 육군의 항공 및 미사일 연구개발 엔지니어링 센터(Aviation and Missile Research, Development and Engineering Center, AMRDEC) 합동 기술 센터/체계 통합 연구실(Joint Technology Center/Systems Integration Lab, JSIL)로 전환될 계획이다. JSIL은 UCS 조정위원회를 만들어 OSD와 군 획득 포트폴리오 관리자를 지원할 것이다. JSIL은 USIP, ICWG 및 IOP와 함께 움직이며 UCS SC와 USIP SC를 이끌 것이다. 이때 JSIL은 편향되지 않는 제3자 역할을 하며 OSD, 합동 참모 본부, 군 획득 집행부에게 모든 UCS 관련 사안에 대해 조언을 제공할 것이다.

제한되는 웹사이트는 <https://fusion.dynetics.com/project/UCSWG>이다. 접속을 요청하려면 I-IPT 공개 웹사이트(<http://ucsarchitecture.org>)를 방문하여 제한된 웹사이트에 대한 접속 요청 지침을 따른다.

## 무인체계 상호운용성 프로파일(USIP)

USIP는 JCIDS 문서에 연계된 표준 IOP를 개발하라는 국방부 차관의 “무인항공체계(UAS) 각서 14667-07”(2007년 9월 13일) 명령의 시행이다. USIP는 승인된 국방부 및 합동 상호운용성 우선순위의 서비스 수준(Service level) 시행을 촉진하며 이에 따라 새로운 서비스 IOP 또는 기존 IOP 개정을 요구한다.

USIP는 “능력 기반 상호운용성”을 만들어 CJCSI 상호운용성 요구 사항도 지원한다. USIP의 목적은 특정 임무 능력을 지원할 때 상호운용성을 보장할 수 있는 표준 프로파일을 정의하는 것이다. USIP는 국방부 표준, 정보기관 표준, 군 특정 IOP, 상용 표준을 참조하여 능력 기반 상호운용성을 달성할 수 있다. 승인된 모든 USIP 표준은 국방부 IT 표준 및 프로파일 저장소(DoD Standards and Profile Registry, DISR)에서 확인할 수 있다.

USIP WG는 현재 JSIL이 운용하며, UCS SC와 같은 거버넌스(governance), 감독 및 관리 역할을 하는 정부 및 산업 대표로 구성된다. 이 새로운 USIP SC는 UAS 태스크포스를 담당하고 USIP 개발, 시행 및 개시에 참여하는 모든 UAS 태스크포스IPT의 편향 없는 조정 역할을 수행할 자문 기구가 될 것이다. USIP SC는 필요에 따라 UAS 태스크포스, JROC 및 JCA 기능 능력 위원회와 함께 인력 배치 및 제안된 USIP 승인을 조정해야 한다. USIP SC는 군 ICWG/IOP 절차에 계속 관여하며 동기화를 보장하고 합동 상호운용성에 필수적인 수직 및 수평 협력을 촉진할 것이다.

USIP 개발 및 관리 절차의 목적은 국방부 획득 관리 체계와 JCIDS 절차에 있는 기존 절차를 활용하여 상호운용성과 능력이 향상된 무인체계를 개발하는 것이다.

- USIP 1 (LOS FMV), 승인, DISR 배포 11-1
- USIP 2 (BLOS FMV), DISR 배포 12-1로 제출
- USIP 3 (대역폭 효율 LOS), BE-CDL Rev B 결과 계류 중
- USIP 4 (관심 지역 전달용 동영상 제어 인터페이스), 진행 중. 이 노력은 광역 센서와 관련된다
- USIP 5 (무기화), 진행 중

제한된 웹사이트는 <https://software.forge.mil/sf/go/proj1887>이다. 접속을 요청하려면 I-IPT 공개 웹사이트([https://software.forge.mil/sf/projects/usip\\_universal\\_systems\\_interoper](https://software.forge.mil/sf/projects/usip_universal_systems_interoper))를 방문하여 제한된 웹사이트에 대한 접속 요청 지침을 따른다.

### 서비스 인터페이스 제어 실무 그룹(Service Interface Control Working Group, ICWG)

군 수준 ICWG의 목적은 UAS 사업/제품 관리자, 개발자, 군 및 최종 사용자를 군 특정 상호운용성 솔루션의 개발과 구현에 적극 참여시키는 것이다. 이 협력 조직(정부-산업 제휴)는 다양한 제품 라인 전반의 상호운용성을 촉진하기 위해 각 군 내에 설립된 표준 권장 기구의 역할을 한다.

ICWG는 각 군의 UAS FoS용 상호운용성 솔루션 확인에 초점을 맞춘 기술적인 “공학 수준” 기구이다. 이러한 요구 사항 및 시행 전략은 IOP 내에서 공표되며 새로운 (잠재적) UAS와 관련 능력의 개발자 및 시행자가 사용한다. UAS 제품 전체의 IOP 시행은 다양한 상호운용성 수준을 촉진하며 그 목적은 최종 사용자에게 탑재체 활용도 증가, 전술적 점유 공간 감소, 무인 항공기 플랫폼 가용성 확대를 제공한다.

전체 군은 인터페이스 제어의 종단간 관리를 위한 이러한 무인체계 ICWG 정립에서 큰 진전을 이루었다. 각 군의 ICWG마다 독자적인 IOP 개발 및 구성 통제 절차를 갖추고 있다. 수평 및 수직적 통합을 보장하기 위해 각 군의 ICWG 인력이 I-IPT, UCS WG, USIP WG를 포함하는 다른 ICWG 컨소시엄 무인체계에 참여한다. UCS SC 및 USIP SC 구성원도 참여한다. 육군은 PEO 항공대의 UAS 프로젝트 사무국 내에 ICWG 절차를 정립했다. 해군은 최근에 선례를 따라 PEO Unmanned Warfare(무인전)에 프로그램을 활발하게 구

축하고 있다. 공군은 무인체계 및 조직과 동일한 승인을 조사 중에 있다.

USIP SC 및 UCS SC와 함께 ICWG는 상향식 지명 또는 OSD/합동 참모 본부의 하향식 시행 지시로서 USIP를 시행하기에 적합한 기구이다. 적용 가능한 군 IOP가 USIP 지명 절차를 통해 국방부/합동 참모 본부 시행 후보가 될 수 있다. 반대로 USIP 및 UCS 아키텍처 요구 사항으로 새로운 군 IOP가 개발되거나 기존 IOP가 수정될 수 있다. 두 경우 모두 기본 목적은 군 IOP의 중복 또는 상충을 피하는 것이다.

## 서비스 상호운용성 프로파일(Service IOP)

그동안 무인체계는 매우 결정론적인(deterministic) 점대점(point to point) 인터페이스를 사용해왔다. 그러나 네트워크 중심 전쟁을 위해서는 UAS 사업에서 FoS 유형의 아키텍처를 지원하는 공통 표준을 구현해야 한다. 널리 수용되거나 승인되는 표준은 다양한 옵션으로 너무 광범위하게 정의되어 규정 준수는 되지만 상호운용성(예: 공통 데이터 링크(Common Data Link, CDL) 표준과 동영상 표준 위원회(Motion Imagery Standards Board, MISB) 표준)는 안되는 경우가 많다. 인터페이스 “표준”이 다양해 구현 전략과 해석도 다양하다. 진정한 상호운용성을 위해서는 FoS에서 군 수준의 IOP 개발이 필요하며, 결국 이러한 IOP는 다른 군의 IOP와 상호운용이 가능해야 한다.

IOP는 군 안의 상호운용이 가능한 체계를 보장하는 시행 지침, 공통 모범 사례, 표준 프로파일을 제공한다. IOP는 사업 사무국 및 산업 파트너와 긴밀하게 결합되어 있는 것은 일반적으로 각 후원 실체(예: 사업, 산업 파트너)가 IOP를 승인하기 때문이다. 군 체계 통합 연구실은 자체 IOP를 기준으로 시험하여 사업 규정 준수를 보장한다.

IOP는 USIP와 비슷한 기능을 수행하지만 일반적으로 그 범위가 더 넓다. 단일 IOP가 상호 관련된 여러 능력과 그 관련 표준, 프로파일, 관행 등에 연관될 수 있다. 여러 군 사이에서 지원이 되는 IOP는 새로운 상향식 USIP로 지명될 가능성이 높다.

IOP는 해당 군에서 관리되며 다양한 제품 담당국과 민간 산업 파트너와의 협력을 통해 개발된다. IOP와 관련 교범 안에서 각 군은 각 UAS 상호운용성에 반드시 필요한 표준만 정해 시행하려 한다. 이 접근 방식은 상호운용에 필요한 공통성 수준을 제공하면서 각 플랫폼의 기본 능력과 설계에 미치는 영향을 최소화한다. IOP에는 다양한 UAS의 상호운용 능력 특유의 인터페이스 요구 사항이 들어 있다. 그리고 IOP 관련 제품(예: 관련 성능 사양, 시행 지침, 인터페이스 제어 문서)은 IOP 구현 전략을 지원하고, 명확한 목적을 제공하고, 미래 표준화에 예상되는 신기술 사용을 촉진한다. 군 특정 사례에서는 특성과 승인된 시행 또는 시험 메커니즘에 따라 IOP를 DISR에 게시할 수 있다.

### 합동 상호운용성 시험 사령부(JITC)

JITC는 DISA 시험 및 평가 담당 부서의 한 조직이며 국방부 전체 IT 및 NSS의 합동 및 연합 상호운용성을 인증하는 책임(DoDI 4630에 따름)을 맡고 있다. JITC는 군, 합동 참모 본부, 국방장관실(OSD), 국방부 CIO와 긴밀하게 협력하여 상호운용성 조정그룹에 면제, 확장, 전체 상호운용성 인증 및 규정 준수 상태에 대한 권고안을 국방 획득 집행위원회(Defense Acquisition Executive, DAE)와 서비스 획득 집행위원회(Service Acquisition Executives, SAE)에 보고한다.

제한된 웹사이트(DKO)는 공개 웹사이트를 통해 접속할 수 있다(<http://jitc.fhu.disa.mil/index.html>).

## 합동 기술 센터/체계 통합 연구실(JSIL)

JSIL은 실제 비행시험 전에 제품 개발 과정에서 체계 통합 준비상태 평가를 지원한다. JSIL은 전체 분산 지휘훈련 및 실험에서 다중 통합 시뮬레이션 환경(Multiple Unified Simulation Environment, MUSE)을 사용하여 탑재체, 비행체, 지상 체계 구성요소, 합동 인터페이스의 분산 HWIL(Hardware in the loop) 시험을 제공한다. JSIL의 목적은 합동 무인체계 계열에 시뮬레이션, 통합 및 전체범위 시험을 지원하는 것이다.

최근에 JSIL은 OSD, UAS 태스크포스, I-IPT 조치 및 이정표 계획을 지원하는 사업 결정 각서에서 지원받았다. UCS WG와 USIP WG가 지속적으로 역할을 수행함에 따라 JSIL은 UCS SC와 USIP SC를 계속 지휘하며 USIP/UCS 구현 및 규정 준수의 정립, 유지 및 보고를 수행하는 OSD의 획득, 감독 역할을 직접 지원하게 된다.

제한된 웹사이트에는 더 많은 정보가 들어 있다. 접속을 요청하려면 I-IPT 공개 웹사이트([https://software.forge.mil/sf/projects/usip\\_universal\\_systems\\_interoper](https://software.forge.mil/sf/projects/usip_universal_systems_interoper))를 방문하여 제한된 웹사이트에 대한 접속 요청 지침을 따른다.

## 국방부 IT 표준 및 프로파일 저장소(DISR)

DISR은 국방부 IT 및 NSS 표준 및 관련 정보의 온라인 저장소이다(전에는 JTA, 버전 6.0에서 등재). DISR가 JTA를 대체한다. 승인된 모든 USIP는 DISR로 제출된다.

공통 능력 설명, 표준, 데이터 모델 및 아키텍처의 정의 외에도 국방부는 OSD를 통해 OA 도구의 개발과 구현을 계속 장려하며 OA 개념을 포함하는 체계 획득 및 개발을 지원한다. 이러한 노력은 소프트웨어 개발 키트에서 전체 아키텍처에 이르기까지 전체 기술 및 무인이동체 스펙트럼에 확대되어 군 전체의 UGS, UMS, UAS를 다룬다. 이러한 도구의 예에는 지상, 해양 공간, 공역에서 진행되고 있는 다음의 노력이 포함된다.



1. JAUS 도구 세트(JAUS Tool Set, JTS)는 개발자가 JAUS를 상세하게 알지 못해도 JAUS 준용 소프트웨어 구성요소를 만들 수 있게 해주는 도구이다. JTS를 이용해 무인체계 설계자는 그래픽 사용자 인터페이스 서비스 에디터, 검증 프로그램, 내부 저장소, C++ 코드 생성, 하이퍼텍스트 생성 언어(Hypertext Markup Language, HTML) 문서 생성을 제공하여 메시징, 프로토콜 및 그 외의 고려 사항보다는 행동에 초점을 맞출 수 있다.

해군과 OSD는 JTS 사용을 지원하고 장려해 왔으며 개발 및 획득 노력에 통합하는데 성공했다. 사업에서 JTS를 사용하면 획득 관련기관과 연구 개발 및 T&E 기관의 여러 이해관계자에게 이익이 된다. 이러한 이익에는 공급업체들에게 공정한 경쟁의 기초를 제공하여 진정한 능력을 평가할 수 있다는 것, 공급업체가 무인체계로 기술 전환을 하지 못하는 상태를 다소 해소시키는 것, 개발되어 재사용이 가능한 JAUS 능력의 “서비스 저장소” 개발이 가능하다는 것이 있다. JTS는 JAUS 준용 체계의 개발 진입의 한계를 줄이고, 소규모 기업들에게 시장을 개방하며, 핵심 기술에 초점을 맞춘 경쟁과 혁신을 촉진한다. 그리고 JTS는 체계가 JAUS 준수를 유지하는데 반드시 필요한 승인된 공통 확인 능력을 제공한다.

2. NATO STANAG 4586<sup>95)</sup> 준수 툴킷(4586CT)은 수동형, 양방향, 자동 시험 능력을 제공하는 소프트웨어 도구의 통합 세트이다. 그 핵심 기능은 데이터 링크 인터페이스(Data Link Interface, DLI) 메시지의 구조와 내용을 군, 임무 또는 플랫폼별 요구 사항을 지원하도록 정의된 “개인(private)” 메시지 및 NATO STANAG 4586와 비교하여 검증하는 것이다. 이 비침입형(nonintrusive) 능력은 실시간으로 또는 사후 분석에서 제공된다. 그리고 4586CT는 다른 DLI 호환 체계와 수동모드(엔지니어가 DLI 메시지를 모니터링하여 네트워크에 통합) 또는 자동 모드(4586CT가 사용자 정의 스크립트 및 절차에 따라 다른 DLI 체계와 직접 상호작용)에서 상호운용이 가능하다.

이러한 능력을 통해 4586CT는 NATO STANAG 4586 및 좀 더 구체적인 다른 IOP와 비교하며 메시지 수준과 더 높은 수준인 프로토콜 세션 수준에서 무인체계의 규정 준수

95) NATO STANAG 4586, 무인 제어체계(UCS)의 NATO UAS 상호운용을 위한 표준 인터페이스.

를 시험할 수 있다. 4586CT가 사용자 정의 시험 프로그램을 따르므로 복잡한 DLI 메시지 대화를 모니터링하고 체계 상호작용 순서를 검증할 수 있다. 4586CT가 다른 무인체계 구성요소의 프록시 역할을 할 수 있으므로 체계 개발 및 과제별 통합 시험 중에도 사용되며 무인체계 상호작용과 성능에 대한 통찰력을 제공할 수 있다. 여러 4586CT 인스턴스를 사용하여 프로파일 설계 중에 상호운용 프로토콜의 신속한 프로토타이핑을 수행할 수 있으며, 그 결과 4586CT는 상호운용성 표준 개발 시 유용한 도구가 될 수 있다.

## 미래 공중 능력 환경(FACE)

단기. 육군 공통 운용환경(Common Operating Environment, COE)은 보안 및 상호운용 응용 프로그램을 다양한 컴퓨팅 환경에서 신속하게 개발 및 실행할 수 있는 승인된 컴퓨팅 기술군 및 표준이다. COE 방침 내에서 FACE는 육군 항공의 구현물이다. FACE의 목적은 국방부 항공전자 시스템에서 휴대성, 능력 기반의 응용프로그램을 지원하는 표준 COE를 만드는 것이다.

FACE는 수명주기 비용과 실전 배치 시간을 줄여주고, 산업 및 국방부 사업 관리 승인을 획득하며, 표준 준수를 촉진하여 항공전자 시스템 내 응용체계 사이의 상호운용성을 극대화할 것이다. 이 환경은 OA, 통합 모듈 항공 전자, 모듈식 개방 체계 접근 방식(Modular Open Systems Approach, MOSA)을 강화하며 휴대성, 모듈성, 구획화, 확장성, 보안성을 갖도록 설계되었다. MOSA와 OA 원칙을 확대하여 FACE는 주요 인터페이스에서 추상 계층(abstraction layers)을 사용하여 새로운 표준의 필요성을 줄여준다. FACE 기술 전략은 설치된 국방부 항공기 전산 하드웨어에 소프트웨어 환경을 만들어 FACE 응용체계를 서로 다른 플랫폼에 배치하여 FACE 응용체계에 미치는 영향을 최소화하는 것이다.

## SPIES 방침

단기. SPIES 방침의 목적은 획득, 통합 및 수명주기 비용을 낮추고, 기민성을 향상시키며, 해군/국방부 표준화를 통해 개방형 아키텍처와 상호운용성 목표를 촉진하고, 시스템 성능, 신뢰성, 정비성 및 가용성을 유지하는 전자광학/적외선(Electro-Optical/Infrared, EO/IR) 센서-플랫폼 인터페이스 표준을 개발하는 것이다.

SPIES는 표준 유지 및 수정, 필요한 새로운 표준의 추가 방법과 절차를 지원하는 일도 할 것이다. 컴퓨터 주변 모델을 따라 모든 장치와 구성요소가 표준 버스형 네트워크에서 작동하고 표준 커넥터와 기본 데이터베이스 프로토콜을 사용하는 것이 그 목적이다. SPIES로 예상되는 총 소유 비용 절감은 약 25%이며, 통합 위험 감소 등의 편익도 추가된다.

## UGS용으로 정의된 IOP

탑재체, 센서, 소프트웨어 및 전산 장치는 기본 플랫폼보다 훨씬 빠른 속도로 진화할 것으로 예상되므로 모듈성 강화를 위한 상호운용이 가능한 인터페이스를 만드는 것은 향후 수명주기 비용을 최소화하고 변화하는 위협이나 새로운 가용 기술에 신속하게 적응할 수 있게 해준다.

2009년에 만들어진 로봇체계 공동 프로젝트 연구소(Robotic Systems Joint Project Office, RS-JPO) I-IPT는 전투 개발자, 과학기술 단체 및 민간 산업과 협력하여 UGS용 상호운용성 표준을 구축하고, 채택하고, 적용하는 일을 하고 있다. 이 노력은 UGS IOP에서 정의한 시행 지침에 따라 무인체계용 합동 아키텍처(Joint Architecture for Unmanned Systems, JAUS)에 자동차 공학회(Society of Automotive Engineers, SAE) AS-4 표준을 활용하는 것에 초점을 두고 있다.

**단기:** IOP V0. 2011년 12월에 IOP V0 개발 절차와 내용이 소재 개발자, 전투 개발자 및 S&T 단체에 속한 정부기관 지도자로 구성된 합동 운영 위원회에 전달되었다. 합동 운영 위원회는 표결에서 만장일치로 IOP V0 승인을 결정했다. IOP는 상호운용성 속성의 사용을 토대로 하는 테일러링을 지원한다. 모든 상호운용성 요구 사항이 향후 모든 체계에 적용되는 것은 아니므로 IOP는 구성 가능한 방식으로 이러한 요구 사항을 개별적으로 명시하는 메커니즘을 제공한다. 체계의 사양과 설계에 적용할 수 있는 상호운용성 속성을 확인하여 IOP에서 적용 가능한 요구 사항을 선별하는 데 사용하고 체계 설계, 개발, 규정 준수 및 확인 시험, IOT&E, 야전 배치를 지원할 수 있다. 이 접근 방식을 통해 미래 UGS 인터페이스의 “설계 공간”이 무한대에서 몇 가지 대안으로 축소된다. RS-JPO는 향후 POR 제안 요청에 IOP를 사용해야 한다. 산업계의 경우 이 상호운용성 접근 방식에 따라 폐쇄형 구조 제품을 선호하는 사업 모델을 지닌 기업들은 결국 시장 점유율을 상실하거나 자사 사업 전략을 수정해야 할 것이다. 단기적으로 RS-JPO, 전차 및 자동차 연구, 개발, 공학 센터 내부의 핵심 상호운용성 팀이 IOP의 사업별 및 체계별 예시를 정의하게 될 것이다. 사업에 특화된 IOP 예시는 향후 IOP의 일부가 되고 시스템에 특화된 IOP 예시는 실전에 배치된 기존 체계를 전체 또는 부분 IOP 준용 체계로 개량하는 것을 지원하는 사업 사례의 유무를 확인하는 데 사용될 것이다.

**중기:** IOP V1. 현장에 널리 배치된 체계에 이미 존재하는 능력 외에도 IOP V1에는 무인 부가(applique) 키트, 폭발물 탐지 및 탑재체 표시, 모듈 컨트롤러 인터페이스, SUAS 자산이 포함된 기본 인터페이스가 포함될 것이다. IOP V1의 초점은 기본 네트워크, UAS 및 유인체계 같은 다른 영역과의 상호운용성 증대에 맞추어질 것이다.

**장기:** 향후 UGS는 GIG 같은 전술 및 엔터프라이즈 네트워크와 연결될 것으로 예상된다. 육군은 나중에 UGS가 연결될 COE 네트워크를 구현하는 전략을 정의했다. 이 연결은 정보 보증 계획의 측면에서 상당히 획득하기 어렵겠지만 전투원의 UGS 능력을 크게 높여줄 수 있을 것이다. 예를 들어 COE로 연결된 이동 장치를 갖춘 전투원은 UGS 동영상 공급 및 센서 제어 등 임무 수행에 필요한 소프트웨어 프로그램을 검색할 수 있을 것이다. 그리고 COE에서 사용할 수 있는 지리 공간 모델과 그 외의 데이터 구조는 UGV

의 자율 운행에 큰 도움이 될 것이다. 자율 운용은 플랫폼과 컨트롤러에서 필요한 전산 동력을 줄이고 UGS 무선 장치에 필요한 무선 통신 대역폭도 줄일 수 있을 것이다.

국방부는 지상 및 공중 영역 사이의 조정(coordination)도 늘릴 것이다. UAS와 UGS가 서로 다른 표준에 기반하고 있지만(대형 UAS는 NATO STANAG 4586, UGS는 SAE AS-4 (JAUS)) 미래 체계에서 내부(지상) 지향 SAE AS-4 프로토콜과 외부(공중) 지향 NATO STANAG 프로토콜을 상호운용을 위해 사용할 수 있다. 그리고 UGS가 부대 구조에 더 많이 수용되고 포함됨에 따라 유인 지상 체계와의 상호운용성이 필요해질 것이다.

C4, ISR, EW 상호운용성(VICTORY) 표준용 이동체 통합으로 유인 지상 체계와 통신하는 상호운용이 가능한 인터페이스가 제공될 것으로 예상된다. 따라서 RS-JPO의 상호운용성 프로파일은 VICTORY 기반 체계와의 연결 프로토콜을 정의해야 한다.

## AEODRS 공통 아키텍처

현재 실전에 배치된 EOD 로봇체계는 사용자 제어장치, 아키텍처 및 설계가 서로 다르고, 자율성이 제한적이며, 기업에 독점된 소프트웨어를 갖춘 개조된 상용 제품이다. AEODRS는 불발 폭발물, 대 급조 폭발 장치, WMD 임무에 대응할 수 있는 향상된 모듈식 EOD 능력을 합동군에 제공하기 위해 해군의 폭발물 처리 프로그램 사무국(PMS 408)을 통해 해군 폭발물 처리 기술 부서에서 시행하고 있다. AEODRS는 세 가지 종류의 체계로 구성되며, 점진적으로 실전에 배치될 정부 소유의 공통 체계 아키텍처와 인터페이스를 사용한다. 이 공통 아키텍처는 UGS FoS가 모듈식 플러그 앤 플레이 구성요소 및 상호운용성을 지원할 수 있는 물리, 전기 및 논리적 인터페이스를 제공한다.

**단기:** 플랫폼 내 모듈성. AEODRS 단계 1은 이동체 계열의 다양한 플랫폼에서 독립 구성요소로 기능하도록 설계된 아홉 개의 개별 능력 모듈(capability module, CM)로 분

할되어 있다. 각 CM은 과제 및 기능별로 다르며 기본 체계 내에서 특정 기능을 수행하도록 설계되었다. 주요 인터페이스가 정의되어 CM과 하위 체계 경쟁자들이 이용할 수 있으므로 OA 모델은 진정한 경쟁 환경에서 미래 기술 채택을 촉진하는 것이 목표이다. 단계 1은 OCU, UGV 및 통신 링크를 포함하는 세 가지 주요 하위 체계로 분할된다. UGV 안의 CM에는 CM-MOB(기동성), CM-PWR(동력), CM-MAS(마스터), CM-MAN(매니플레이터), CM-VIS(비전), CM-EEF(말단 장치), CM-AB(자율 행동)이 포함된다.

**중기:** 플랫폼 간 모듈성/상호운용성. AEODRS 사업은 점진적으로 실전에 배치될 세 가지 체계 종류가 포함되는 FoS로 구성된다. 단계 1(하차 병력 운용)이 먼저 실전에 배치되고, 단계 2(전술 운용)와 단계 3(기지/인프라 운용)이 뒤따르게 된다. 공통 아키텍처와 과제별 및 기능별 능력 모듈을 사용하면 세 가지 체계 종류 모두의 플랫폼에서 모듈, 소프트웨어 및 OCU를 사용할 수 있게 된다. FoS 전체의 OA는 정부 정의 및 제어 전기, 물리 및 논리 인터페이스를 통해 플랫폼 사이의 상호운용성과 OCU의 공통성을 지원한다. 그리고 FoS는 각 하위 체계의 독점 문제없이 플러그 앤 플레이 방식으로 통합할 수 있는 상호 교환이 가능한 모듈이다.

## 인터페이스 표준과 IOP

국방부는 오래 전부터 개방된 무인체계에서 상호운용성과 공통 표준 문제를 다룰 때 정부, 산업계 및 학계의 협력 증진 중요성을 인식했다. 이를 목적으로 여러 IPT, WG 및 그 외 기관들이 상호운용성 문제의 해결을 위해 구성되었다. 이러한 무인체계 포럼을 통해 정부는 모든 수준에서 기업을 단순히 고객의 입장에서가 아니라 체계 및 아키텍처 설계 과정에 도움을 줄 수 있는 형태로 참여시킬 수 있었다. 이러한 협력 기관들은 다양한 국가 및 국제 표준 기구 안에 존재하고, 무인체계(공중/지상/해양) 영역 전체 범위에 있으며, 주요 교차 영역과 영역 고유의 능력을 다룬다.

국방부는 상호운용성 및 표준 WG 개발을 장려하면서 이 유형의 협력을 계속 지원할 계획이다. 다음과 같은 예가 이에 해당한다.

- NATO 합동 능력 그룹 무인 항공기(Joint Capability Group Unmanned Aerial Vehicle, JCGUAV)는 무인 항공기의 상호운용성 노력에 참여한다. JCGUAV는 2006년에 NATO의 군 기관 UAS 관련 3개 그룹(즉, PG-35, Air Group 7, Task Group 2)이 포함된다. 현재까지 그 주요 업적에는 UAS 메시지 형식 및 데이터 프로토콜용 NATO STANAG 4586, 상호운용이 가능한 C2 링크용 NATO STANAG 4660, 지명된 UAS 운용자 훈련용 NATO STANAG 4670, UAS 감항용 NATO STANAG 4671, 1991년부터 OSD가 지시한 CDL 통신 체계용 NATO STANAG 7085가 있다.<sup>96)</sup>
- IPT에서 만들어진 현재 USIP는 탑재체 제품용 표준 인터페이스와 LOS 및 BLOS 시나리오용 통제소와 항공기 사이의 데이터 링크를 정의한다. 향후 USIP는 데이터 암호화, 다양한 데이터 링크 기술(예: BE-CDL), 향후 센서로 제공되는 향상된 능력을 포함해 상호운용성의 다른 측면을 다룰 것이다.
- JAUS는 레드스톤(Redstone) 아스널에 있는 항공 및 미사일 연구개발 엔지니어링 센터(Aviation and Missile Research, Development and Engineering Center, AMRDEC)의 육군 UGS 사업국이 다양한 제조업체에서 제조한 UGS의 공통 메시지 형식과 데이터 프로토콜을 정립하기 위한 노력으로 1995년에 시작되었다. JAUS를 국제 산업 표준으로 변환하기로 결정한 사업국은 로봇 경험이 있는 표준 개발 기구(SDO)인 SAE에 접근했다. 이 기관은 2004년에 AS-4 무인체계 위원회를 구성했다. AS-4 위원회는 정식 시행 전에 권장 형식과 프로토콜을 시험할 실험 실무 그룹과 요구 사항, 능력 및 인터페이스에 초점을 맞춘 세계 소위원회로 구성된다. SAE로의 이전이 완료된 후 JAUS 군 인터페이스 정의 언어, 핵심 서비스, 이동 서비스, 조작 서비스, 환경 감지 서비스에 초점을 맞춘 첫 번째 SAE JAUS 표준이 결정되고 발표되었다. AS-4 위원회 구성원들이 UGS용 메시지 형식과 데이터 프로토콜을 넘는 무인 체계의 다른 측면에 관한 표준을 만들었지만 이 방대한 작업의 대부분을 현재는 다른 UAS 관련 SDO에서 실시하고 있다. NATO STANAG 4586은 JAUS의 무인 항공에 상당하는 것이다.

96) NATO STANAG 4660, UAV 상호운용 가능 지휘 통제 데이터 링크(Interoperable Command and Control Data Link, IC2DL) 표준; NATO STANAG 4670, 지명된 무인 항공기 운용자의 훈련 권장 지침, NATO STANAG 4671, 무인 항공기 체계 감항 요구 사항, NATO STANAG 7085, 정보, 감시 및 정찰(Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance, ISR) 체계, 에디션 3용 상호 운용 가능 데이터 링크, 배포 계획 중.



## 부록 D 무인체계 T&E 능력 현재 상태

### 무인 항공 체계

UAS T&E 활동은 무인체계를 시험하기 위해 기존 유인 항공 체계 T&E 능력을 적극 활용하고 있다. 주로 1 수준 자율 체계(예: JUAS 임무 환경)용 무인체계의 T&E 차이점을 해결하기 위해 능력이 추가되고 있다. 현재 UAS의 C2는 표면(지상과 수상)과 유인 항공기에 모두 위치한다. 예를 들어, 육군은 최근에 아파치 헬기에서 UAS 제어를 시연했다. 현재 항공기 결정 솔루션은 결정성 알고리즘으로 만들어진다. 예를 들어, 자율 항공 화물 이용 체계(Autonomous Aerial Cargo Utility System, AACUS) 혁신 해군 시제품(참조 3)같이 자율성 수준이 커짐에 따라, UAS의 비결정적 알고리즘이 체계에 점차 많이 포함될 것이다. 이러한 알고리즘에 의한 결정 방법과 이유에 대한 T&E는 새롭게 향상된 절차와 자원을 요하는 문제이다. 앞으로 UAS에 수준 2 - 4의 자율 능력이 더 많이 구현되면, 이렇게 높은 자율성 수준을 효율적이고 효과적으로 시험하기 위해 향상된 도구가 필요할 것이다.<sup>97)</sup>

### 무인 지상 체계

군 전체의 UGS T&E 능력은 주로 유인 차량 시험 능력에서 비롯된다. 이러한 능력은 환경과 지형에 따라 다르며 과거에는 초기 UGS의 안전성, 성능 및 효과를 검증하는 데 효과적으로 사용되었다. 초기 UGS는 원격으로 제어, 작동되거나, 감독 상태가 매우 낮

97) 자율성 수준에 관한 설명은 무인체계 통합 로드맵 FY2011-2036 p.46 표 3을 참조한다.

<http://www.acq.osd.mil/sts/docs/Unmanned%20Systems%20Integrated%20Roadmap%20FY2011-2036.pdf>.

은 자율성 수준을 가졌다. 자율 체계의 탐지 및 인식 능력이 급속히 증가하고 있으며, 지형 장애물은, 더 중요하지 않다면, 실제 지형 유형과 기하학적 구조, 안전성, 성능 및 효과에 동일하게 작용한다.

운용시험 공동체(community)가 직면하는 어려움에는 행사 중에 전투원과 유인체계에 통합된 UGS를 안전하게 사용하는 것과 효율적으로 분석할 수 있는 제한된 수의 가능한 물리적 시나리오를 기반으로 임무 효과를 평가할 수 있는 능력이 포함될 것이다. 전투원들은 지상에 있거나 이러한 차량에 편대 탑승한다. 전투원이 있는 상황에서 이러한 체계를 배치하기 전에 제어된 조건에서 안전성과 성능이 입증되어야 한다.

현재까지 UGS를 사용한 전통적인 평가가 실시되지 않았다. 현재 배치된 체계의 평가는 체계나 임무 요구 사항과 능력을 관련시키는 전통적 평가와 달리 체계 안전성과 성능 능력을 기록하고, 확인하고, 평가하는 것이다. 유인체계를 기반으로 하는 기존 평가 기법은 탐지, 인식 및 지능적 제어를 충분히 평가하지 못한다.

UGS를 시험하여 하차 병력과 그 외의 기동 차량 사이에서 운용하는 것이 안전한지를 확인해야 한다. 각 군은 일부 공공 및 민간기관과 더불어 미래 UGS의 안전성, 적합성 및 효과를 입증하는 데 필요한 어느 정도의 T&E 능력을 제공한다. 기존 시험장(range)과 시험 설비로 자율 능력이 매우 제한된 체계와 원격작동되는 체계를 시험하는 데 충분했다.

## 무인 해양 체계

기존 시험장은 완전 자율 방식에서 UMS 시험을 지원하는 것에 제한된다. 장기 체공 임무 프로파일과 제한된 추적 범위로 인해 포괄적 자율 시험 거동에 대한 시험비행 가능 영역 선도가 제한된다.

UUV 시험 능력은 여러 UUV와 공통되는 속성을 지닌 무기체계에 혼한 수중 T&E 시험장에 거의 집중되어 있다. 다수의 UUV T&E 요구 사항은 이러한 전통적 수중 추적 시험장에서 달성할 수 있다. 시험장에서는 정확한 추적, 시뮬레이션/자극, 음향 획득, 필요한

일부 수심 측정을 할 수 있다. 많은 시험장은 까다로운 수심 측정과 환경 조건을 가진 추가적 운용 영역도 있는데, 이는 UUV 임무의 T&E 요구를 충족하는 데 기여한다.

동력 체계와 자율성의 발전과 한 번에 최고 1개월까지 임무를 확장해야 하는 필요성 때문에 현재의 수중 추적 시험장 능력이 확대되고 있다. 동력 능력 확대와 높은 수준의 자율성 덕분에 신형 UUV는 더 넓은 영역에서 운용할 수 있으며, 이와 같이 가치가 매우 높은 특별한 자산의 손실 위험도 높아진다. 추적을 유지하거나 수상·수중 표적(Surface and Underwater Target, SUT) 상실 위험이 낮은 영역을 제공하는 능력은 향후 T&E 행사에서 매우 중요하다.

UUV를 SUT처럼 안전하게 발사하고 회수할 수 있는 능력은 T&E가 풀어야 할 과제이다. 해군은 T&E 전용 잠수함 플랫폼이 없으며, 운용 플랫폼으로 개발 체계를 도입하는 것은 엄청난 일이다. 이 상황에 제한된 해양 시간이 결합되면서 통합 호스트/UUV 플랫폼이 임무에 적합한지를 시연하는 포괄적 시험이 발전하는 데 걸림돌이 된다.



## 부록 E 유·무인 팀 편성(MUM-T) 및 MUSIC

### 유·무인 팀 편성(MUM-T)

MUM-T 개념은 유인 플랫폼의 내재된 강점에 UAS의 강점을 결합하여 단일 플랫폼으로 얻을 수 없는 상승 효과를 얻는 것이다. MUM-T는 로봇, 센서, 유·무인이동체, 하차 병력을 결합하여 상황 인식 개선, 치명성 강화, 생존성 향상, 지속성을 달성한다. 적절하게 설계된 MUM-T는 센서의 시공간 범위를 확장하고 표적 획득과 타격 능력을 향상시킨다.

조종사는 항공기에 탑재된 센서를 사용하는 것처럼 UAS에서 센서를 사용할 수 있다. 단, UAS 센서 위치는 항공기 전방 80km까지 가능하다. MUM-T 능력은 위협 무기와 획득체계로부터 전례 없는 원격 거리를 제공한다. MUM 체계는 임무, 적군, 지형, 군대, 시간, 민간인 고려 사항에 크게 좌우된다. UAS와 유인체계 사이의 센서 데이터 전송은 두 플랫폼의 위험은 낮추고 이군의 임무 효과와 생존율은 높인다. 환경 조건은 MUM-T 적용 효율에 영향을 준다.

### 유·무인체계 통합 능력(MUSIC) 훈련

상호운용성은 수년 동안 육군과 UAS 프로젝트 사무국의 최우선 목표였다. 상호운용성은 공통 인터페이스와 공유 자산을 통해 육군 체계의 효율을 크게 높인다. 범용 GCS와 범용 지상 데이터 단말기 같은 UAS 범용 제품의 상호운용성 표준 개발, 통합과 시험은 UAS 프로젝트 사무국의 단기 최우선 목표이다. UAS 프로젝트 사무국은 제품 전반의 상호운용성 방침 간소화 및 조정 노력을 진행하면서, PEO 항공대의 감독을 받아 2년 단위로 또는 필요에 따라 훈련을 계속한다는 계획으로 2011년 9월에 1차 MUSIC 훈련을 주관했다.

MUSIC 훈련은 병사와 육군 공동체에게 공통 인터페이스를 통해 무인 상호운용성과 새로운 기술의 발전을 보여준다. 훈련은 다양한 플랫폼을 공통의 하드웨어와 소프트웨어 기준선으로 통합하여 시험하는 전략 기획 도구 역할도 한다.

## MUSIC I 훈련

**개요.** MUSIC I 훈련의 목표는 육군 UAS IOP 2.x 시리즈에 따라 상호운용성 발전과 신 기술을 보여주는 것이었다. 이 훈련은 2011년 9월 16일에 유타주 더그웨이(Dugway) 시험장 내의 UAS 신속 통합 및 수용 센터에서 열렸다. 몇 주 간의 지상 및 비행 사전 점검을 거쳐 언론, 계약업체, 육군 간부들 앞에서 2시간 동안 시연하였다. 청중들은 무·유인 탑재체에서 전송되는 실시간 동영상, GCS의 화면 포착, 셀터 내에서 전송되는 동영상, 작전 시나리오를 통한 시각 보조 자료를 보며 능력을 확인하고 병사에게 어떻게 도움이 되는지를 더 잘 이해할 수 있었다. MUSIC 훈련이 성공적으로 시행되면서 제품 담당실은 체계 유용성·신뢰성·통합·형상관리 등 여러 영역에서 얻은 광범위한 교훈을 얻었다.

**능력.** MUSIC I은 그림 41과 표 2에 약속된 네 가지 주요 능력을 보여주었다.

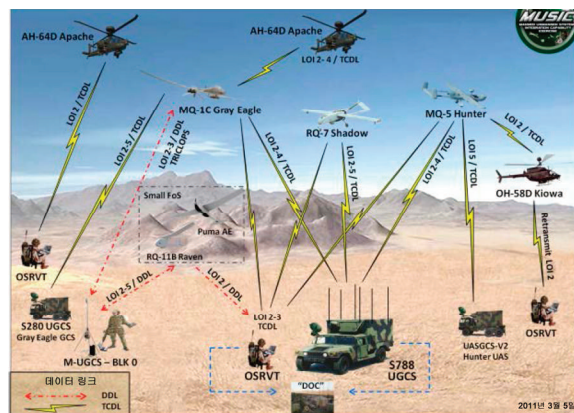


그림 41 MUSIC I 작전 개요(OV-1)



표 2 MUSIC I 능력과 사용 사례

능력	설명	사용 사례
범용 지상 관제국(UGCS)	대형 AV, Gray Eagle, Shadow, Hunter 각각에 대해 IOP 준용 독점 제어 인계 절차를 통해 대형 항공기 각각을 연속으로 제어할 수 있는 공통 하드웨어 및 소프트웨어를 갖춘 단일 지상 관제국	Gray Eagle 기본 GCS에서 B 등급 인계를 통한 Shadow UGCS의 Gray Eagle AV 제어
		Hunter 기본 GCS에서 B 등급 인계를 통한 Shadow UGCS의 Hunter AV 제어
		Shadow UGCS의 Shadow AV 제어
양방향 단일 체계 원격 비디오 단말기(OSRVT)	대형 UAV의 탑재체를 IOP 준용 인계 순서를 통해 OSRVT 운용자가 제어할 수 있는 양방향 능력	OSRVT의 Gray Eagle 탑재체 제어
		OSRVT의 Shadow 탑재체 제어
		OSRVT의 Hunter 탑재체 제어
유·무인 팀 편성(MUM-T)	동영상 공유를 통해 육군 항공대 유인 플랫폼과 협력할 수 있는 능력	Kiowa Warrior가 Hunter AV를 통해 재전송하여 지상 OSRVT 운용자의 범위 확대
		Apache BLK II가 Apache 조종실에서 UAS 동영상 수신
		OSRVT가 Apache BLK II 탑재체 동영상 수신
		OSRVT가 Kiowa Warrior 탑재체 동영상 수신
소형 범용 지상 관제국/TRICLOPS	디지털 데이터 링크와, Gray Eagle TRICLOPS 탑재체 제어에 의한 소형 UAS, Raven 및 Puma용 공통 컨트롤러, TRICLOPS 탑재체는 Gray Eagle 날개의 두 가지 추가 탑재체로 지상의 M-UGCS 운용자가 주요 탑재체와 별도로 접속할 수 있다.	M-UGCS의 Raven 제어
		M-UGCS의 Puma 제어
		M-UGCS의 Gray Eagle TRICLOPS 탑재체 제어



## 부록 F 사례 연구 MQ-9 REAPER

### CLS에서 장기 편제 능력으로 전환 소요

MQ-9 Reaper 사업은 2001년 10월에 신속 대응 능력 사업으로 시작되었다. 체계를 야전에 신속히 배치해야 했기 때문에, 유지 기획 대부분을 건너뛰었다. 사업관리자는 사업 수명 기간의 CLS 유지 전략을 결정했다. 검토 후 10 USC 2464 법적 요구 사항을 토대로 공군 군수사령부 사령관은 핵심능력 요구 사항을 MQ-9에 적용할 수 있다고 결정하고, 핵심 병참 결정 각서를 발행했다(2008년 8월 6일). MQ-9 사업을 편제 창 유지보수 지원으로 전환하라는 지시가 내려졌다.

Reaper 사업은 야전에 배치된 속도 때문에 야전 수준 지원을 CLS에 의존했다. 예상했던 배치 능력 수가 증가하면서, 이 유지 전략이 경제적이지 못한 것으로 드러났다. 공군은 군 유지관리자로 전환해야 했다. 사업이 수명기간에 대해 CLS로 잘못 지정되었기 때문에, 사업관리자가 데이터 전략을 개발하지 못했거나 기술 데이터에 대한 정부 요구 사항과 권리를 정립하지 못했다. MQ-9는 유지 설계 지원과 공급 지원을 OEM에 의존했다. 편제 병참으로 바꾸기 위한 데이터 및 장비의 최초 자금 추정액도 공군 예산으로 감당하기 어려웠다.

### 초기 신뢰성 요구 사항 충족 못함

신속히 개발되어 배치된 많은 사업이 그렇듯이 Reaper 체계의 신뢰성 요구 사항은 처음부터 제대로 파악되거나 개발되지 못했다. 측정하여 추적되는 주요 신뢰성 지표는 2006년 8월에 CPD에 기록된 주요 고장 평균 시간(Mean Time Between Critical Failure,



MTBCF)이었다. 이 지표는 2008년 IOT&E 보고서에서 체계 성능을 토대로 원래 MTBCF 값을 달성하지 못했다고 언급한 이후 공군 요구 사항 감독 위원회로부터 유예 통보를 받았다. 그리고 중복 체계가 없었기 때문에 모든 고장이 “주요 고장”으로 해석되었다. 2011년에 향후 블록 성능개량 전까지는 신뢰성 목표 달성이 어렵다는 점이 인정되었다. 공군은 체계가 목표를 계속 충족하도록 시험 및 운용 데이터를 기준으로 요구 사항을 다시 평가하여 현실적인 신뢰성 목표를 정한 후 신뢰성 성장 사업을 정립해야 했다.

## 유지 전환

2009년부터 사업국은 Reaper 사업의 유지를 장기 가격 적정성에 초점을 맞추도록 전환하는 전략을 시행해왔다. 사업국의 전환 계획으로 이 사업의 기획 노력 결과를 상술하고 그 수명주기에서 최소 수명주기 비용으로 MQ-9 체계를 최적으로 유지하는 전체 기틀을 기록하는 수명주기 유지 계획이 개발되었다. 이 계획에서 강조하는 주요 요소는 요구 사항 안정성 및 신뢰성 성장, 병참 전환, 데이터 전략, 사업 사례 분석(Business Case Analysis, BCA)이다.

## 요구 사항 안정성/신뢰성 성장

이 사업으로 2012년에 합동 신뢰성·정비 용이성 평가팀이 만들어졌다. 팀은 야전 고장 데이터를 검토하고 전투원 공동체에 새로운 한계 및 목표 MTBCF 값을 제안했다. MQ-9 신뢰성 및 정비 용이성 성장 사업은 전투원에게 실질적인 투자 수익을 주는 신뢰성 준비도와 원가 동인을 확인하는 것에 초점을 맞추어 신뢰성 성장을 관리하기 위해 만든 것이다.

## 창 전환

10 USC 2464 (a)(3)(B)는 “무기체계 또는 군 장비 품목이 초도 작전 능력을 달성하거나 작전 지원을 위해 야전에 배치되고 4년 이내에 설비, 장비, 관련 군수 능력, 기술 자료, 훈련받은 인력을 포함해 핵심 창 수준 유지보수 능력을 확립할 것”을 요구한다.<sup>98)</sup> 2009년 12월에 사업은 편제 수리를 담당할 창 유지보수 조치 실무 그룹(Depot Maintenance Actions Working Group, DMAWG)을 만들었다. 주요 수리 및 원가 동인을 겨냥한 3단계 접근 방식이 정해졌다.

- 1단계 조기 도입에서는 활성화 위험도가 낮은 품목을 식별했다. 여기에는 MQ-9 EO/IR 센서와 항공기, 엔진 및 통신 장비의 특정 품목이 포함된다. 최초 도입 사업은 2013 회계연도에 시작될 것이다.
- 2단계는 최초 협력 관계를 확장하여 80%의 수리 비용을 발생시키는 품목을 포함시키고, 핵심을 적용할 수 있다는 결정이 처음 내려지고 7년 후인 2014년과 2015년 사이에 시작될 것이다.
- 최종 단계에는 수리 비율이 적은 500개 이상의 구성품이 포함될 것이다.

DMAWG 절차를 통해 이 사업은 육군 Gray Eagle 사업과 협력하여 유사한 노력을 활용할 기회를 찾고 있다. 사업들의 협력을 통해 플로리다주 잭슨빌(Jacksonville)에 있는 해군의 남동부 정비 센터의 센서 능력을 정립하고 있다.

## 데이터 전략

OEM과 창 사이의 PPP는 정부가 조달 또는 재(再) 조달 자료 묶음을 요구하지 않고 수리 자료에 접근하게 해주는 한 방법이다. 이러한 협력 관계를 추구하는 것 외에도 Reaper 사업국은 정부의 자료 소유를 계속 추진하고 육군 Gray Eagle 사업의 정부 권리 연구를 활용하고 있다.

98) 2011년에 P.L. 112-81에 의해 수정되었다. 전에는 IOC 4년 내에 핵심능력을 확인하는 요구 사항이 있었다.



되었다. 다른 BCA 노력에서 얻은 교훈과 주요 수리 자료의 통합이 전략적으로 정지되었다가, 2011년 5월에 MQ-9 BCA 노력이 재개된 후 2012년 6월에 완료되었다. 최종 BCA는 OEM과 창 사이의 센서, 항공기 및 엔진의 개별 성능 기반 협약을 권고했고, 부품 공급망 관리를 정부로 전환할 것을 권했다. 그림 42를 참조한다.

## 결론

MQ-9 Reaper 사례 연구는 적절한 초기 수명주기 유지 계획이 실시되지 않았을 때, 무인체계의 유지를 단기의 급한 야전 배치 환경에서 장기 유지 환경으로 전환해야 하는 전략과 조치를 보여준다. 무인체계 전환에는 향후 10년에 걸쳐 체계의 장기적 가격 적정성을 보장하는 수명주기 유지 전략을 개발하고 시행하는 작업이 필요할 것이다. Reaper 사업의 경우 수명주기 유지 전략의 편제 지원 최종 상태는 2018년 경에 완전히 달성될 것으로 예상된다. 이는, 공군이 요구 사항을 정립한 후 약 10년이 되고 법적 위임 후 수년이 지난 시점에 해당된다. 신규 사업들이 개발됨에 따라, 군과 전투원이 함께 사업 초기에 수명주기 유지 전략을 만들기 시작해야 한다. 이로써 가용성, 신뢰성 및 가격 적정성 요구 사항을 설계 단계에서 고려하고, 유지 자원을 조기에 식별하며, 체계와 함께 제품 지원 패키지를 시험하고, 사업 야전 배치 후에 임시 계약업체의 장기 지원을 피할 수 있다.



## 부록 G 연락처

### AF/A3/5

Air Force Staff for Operations, Plans, and Requirements 1480 Air Force Pentagon, Room 4E1024  
Washington, DC 20330-1480

### ASC/PEO ISR & SOF AFLCMC/WI

Aeronautical Systems Center, Project Executive Office for Intelligence, Surveillance, Reconnaissance  
and Special Operations Forces

Air Force Life Cycle Management Center 2530 Loop Road West, Room 144 Wright-Patterson AFB, OH  
45433-7101

### DARPA

Defense Advanced Research Projects Agency 675 North Randolph Street  
Arlington, VA 22203-2114  
(703) 526-6630

### HAF/A2

Air Force Deputy Chief of Staff for Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance 1700 Air Force  
Pentagon, Suite 4E1070  
Washington, DC 20330-1700

Joint Staff J-8 DDRA 8000 Joint Staff Pentagon  
Washington, DC 20318-8000

### NAVAIR

Commander, Naval Air Systems Command 47123 Buse Road  
Building 2272, Suite 540 Patuxent River, MD 20670 (301) 757-1487

### Navy N2/N6

2000 Navy Pentagon, Room 5C289 Washington, DC 20350-2000

### NGA

National Geospatial-Intelligence Agency 7500 GEOINT Drive  
Springfield, VA 22150

### NORAD & USNORTHCOM/J5

Strategy, Policy and Plans Directorate 250 Vandenberg Street, Suite B016 Peterson AFB, CO  
80914-3820

**OASD/R&E**

Office of the Assistant Secretary of Defense for Research and Engineering 4800 Mark Center  
Alexandria, VA 22350-3600  
(571) 372-6512

**ODASD(MR)**

Office of the Deputy Assistant Secretary of Defense, Materiel Readiness 3500 Defense Pentagon,  
Room 3C168  
Washington, DC 20301-3500  
(703) 614-6922

**OUSA/ASA/ALT**

Office of the Assistant Secretary of the Army for Acquisition, Logistics and Technology 103 Army  
Pentagon, Suite 5C151  
Washington, DC 20310-0103  
(703) 697-2012

**OUUSD(AT&L)/S&TS-UW&ISR**

Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics, Strategic and  
Tactical Systems - Unmanned Warfare & Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance  
3090 Defense Pentagon, Suite 3B938 Washington, DC 20301-3090  
(703) 695-6188

**OUUSD(P&R)**

Office of the Under Secretary of Defense for Personnel and Readiness 4000 Defense Pentagon  
Washington, DC 20301-4000  
RS JPDO  
The Joint Planning and Development Office 1500 K Street, NW, Suite 500  
Washington, DC 20005  
(202) 220-3487

**SAF/AQIJ**

Secretary of the Air Force for Acquisition 1060 Air Force Pentagon  
Washington, DC 20330-1060

**USA HQ/G3**

U.S. Army Deputy Chiefs of Staff G-3/5/7 (DAMO-SSF) 400 Army Pentagon  
Washington, DC 20310-0400

**USA/PEO AVN**

U.S. Army Project Executive Office for Aviation Attn: SFAE-AV  
Redstone Arsenal, AL 35898 (256) 313-4004

**USA/TRADOC**

Headquarters, U.S. Army Training and Doctrine Command 950 Jefferson Avenue



Fort Eustis, VA 23604-5700 (757) 501-5876

#### **USAF/ARL**

U.S. Air Force Research Laboratory 88th Air Base Wing Public Affairs 5215 Thurlow Street, Bldg 70  
Wright-Patterson Air Force Base, OH 45433-5543 DSN 672-3252 or (937) 522-3252

#### **USN/N2/6**

Deputy Chief of Naval Operations for Information Dominance 2000 Navy Pentagon  
Room 5C289  
Washington, DC 20350-2000

#### **USN/ONR**

Office of Naval Research One Liberty Center  
875 N. Randolph Street, Suite 1425  
Arlington, VA 22203-1995  
(703) 696-5031

#### **USN/PEO U&W**

U.S. Navy Project Executive Office for Unmanned Aviation & Strike Weapons Naval Air Systems  
Command (NAVAIR)  
Public Affairs Officer  
47123 Buse Rd, Bldg. 2272, Suite 246 Patuxent River, MD 20670-1547 (301) 757-9703



## 부록 H 약어

<b>A2/AD</b>	Anti-Access and Area Denial	반접근/지역 거부
<b>ABSAA</b>	Airborne Based Sense and Avoidance	공중 기반 감지 및 회피
<b>ACAT</b>	Acquisition Category	획득 범주
<b>AEODRS</b>	Advanced Explosive Ordnance Disposal Robotic Systems	첨단 폭발물 처리 로봇 체계
<b>AFB</b>	Air Force Base	공군 기지
<b>BAMS</b>	Broad Area Maritime Surveillance	광역 해양 감시
<b>BCA</b>	Business Case Analysis	사업 사례 분석
<b>BLOS</b>	Beyond Line-of-Sight	초가시선
<b>C2</b>	Command and Control	지휘 통제
<b>C4</b>	Command, Control, Communications and Computers	지휘, 통제, 통신 및 컴퓨터
<b>CAT</b>	Conventional Arms Tracker	재래식 무기 추적기
<b>CBA</b>	Capability-Based Assessment	능력 기반 평가
<b>CCDR</b>	Combatant Commander	작전사령관
<b>CCL</b>	Commodity Control List	상품 통제 목록
<b>CDL</b>	Common Data Link	공동 데이터 링크
<b>CIO</b>	Chief Information Officer	최고 정보 책임자
<b>CJCSI</b>	Chairman of the Joint Chiefs of Staff Instruction	합동 참모 본부 의장 훈령
<b>CLS</b>	Contractor Logistics Support	계약자 군수 지원
<b>COA</b>	Certificate or Waiver of Authorization	면제 또는 승인 인증
<b>COE</b>	Common Operating Environment	공동 운용환경
<b>COLREGS</b>	Collision Regulations	충돌 규정
<b>COMSATCOM</b>	Commercial Satellite Communications	상용 위성 통신
<b>CONEMP</b>	Concept of Employment	운용 개념
<b>CONOPS</b>	Concept of Operations	작전 개념
<b>CONUS</b>	Continental United States	미국 본토
<b>COTS</b>	Commercial Off The Shelf	상용 기성품



<b>CPD</b>	Capabilities Production Document	성능 제품서
<b>CPI</b>	Critical Program Information	필수 프로그램 정보
<b>CRADA</b>	Cooperative Research and Development Agreements	공동 연구개발 협약
<b>DAE</b>	Defense Acquisition Executive	국방 획득 집행위원회
<b>DARPA</b>	Defense Advanced Research Projects Agency	국방 고등 연구 기획국
<b>DAR</b>	Data at Rest	저장 데이터
<b>DCGS</b>	Distributed Common Ground Station	분산 공통 지상 기지국
<b>DCS</b>	Distributed Common Ground Station	직접 상업 판매
<b>DEF</b>	Defense Exportability Features	방위 수출 가능성
<b>DISA</b>	Defense Information Systems Agency	국방 정보 체계국
<b>DISN</b>	Defense Information Systems Network	국방 정보 체계망
<b>DISR</b>	DoD IT Standards and Profile Registry	국방부 IT 표준 및 프로파일 저장소
<b>DMAWG</b>	Depot Maintenance Actions Working Group	병참 유지보수 조치 실무 그룹
<b>DoC</b>	Department of Commerce	상무부
<b>DoD</b>	Department of Defense	국방부
<b>DoDD</b>	Department of Defense Directive	국방부 지령
<b>DoDI</b>	Department of Defense Instruction	국방부 훈령
<b>DoS</b>	Department of State	국무부
<b>DoT</b>	Department of Transportation	교통부
<b>DOTMLPF-P</b>	Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and education, Personnel, Facilities and Policy	교리, 조직, 훈련, 물자, 지도력, 교육, 인사, 시설 및 정책
<b>DSA</b>	Dynamic Spectrum Access	동적 스펙트럼 접근
<b>DSB</b>	Defense Science Board	국방 과학 위원회
<b>E3</b>	Electromagnetic Environmental Effects	전자기 환경 영향
<b>EAR</b>	Export Administration Regulations	수출 관리 규정
<b>ECR</b>	Export Control Reform	수출 통제 개혁
<b>EMI</b>	Electromagnetic Interference	전자기 간섭
<b>EMS</b>	Electromagnetic Spectrum	전자기 스펙트럼
<b>EO/IR</b>	Electro-Optic/Infrared	전자광학/적외선
<b>EOD</b>	Explosive Ordnance Disposal	폭발물 처리



<b>EPOCHA</b>	Estimation and Prediction of Orbits and Clocks to High Accuracy	궤도와 시계의 고정밀 추정 및 예측
<b>EW</b>	Electronic Warfare	전자전
<b>ExCom</b>	Executive Committee	실행 위원회
<b>FAA</b>	Federal Aviation Administration	연방항공국
<b>FACE</b>	Future Airborne Capability Environment	향후 공중 능력 환경
<b>FAR</b>	Federal Aviation Regulation	연방 항공 규정
<b>FCB</b>	Functional Capability Board	기능별 능력 위원회
<b>FCSA</b>	Future COMSATCOM Services Acquisition	미래 COMSATCOM 서비스 획득
<b>FMS</b>	Foreign Military Sales	대외군사판매
<b>FM</b>	Full-Motion Video	동영상
<b>FoS</b>	Families of Systems	체계 계열
<b>FY</b>	Fiscal Year	회계연도
<b>FYDP</b>	Future Years Defense Plan	미래 국방 계획
<b>GBS</b>	Global Broadcast Service	글로벌 방송 서비스
<b>GBSAA</b>	Ground-Based Sense and Avoid	지상 기반 감지 및 회피
<b>GCS</b>	Ground-Based Sense and Avoid	지상통제소
<b>GEOINT</b>	Geospatial Intelligence	지리 공간 정보
<b>GFMSA</b>	GEOINT Functional Manager Seal of Approval	GEOINT 기능 관리자 승인 인장
<b>GIG</b>	Global Information Grid	전 세계 정보 격자
<b>GMTIF</b>	Ground Moving Target Indication Format	지상 이동 표적 지시 형식
<b>HALE</b>	High-Altitude Long-Endurance	고고도 장기체공
<b>HiDRA</b>	High Dynamic Range Atom	고동작범위원자
<b>HURL</b>	Hydra Universal Rail Launcher	Hydra 범용 레일 발사기
<b>ICAO</b>	International Civil Aviation Organization	국제 민간 항공 기구
<b>ICWG</b>	Interface Control Working Group	인터페이스 제어 실무 그룹
<b>IER</b>	Information Exchange Requirements	정보 교환 요구 사항
<b>IF</b>	Intermediate Frequency	중간 주파수
<b>I-IPT</b>	Interoperability Integrated Product Team	상호운용성 통합 사업관리팀
<b>IMU</b>	Inertial Measurement Unit	관성 측정 장치



<b>IOC</b>	Initial Operational Capability	최초 운영 능력
<b>IOP</b>	Interoperability Profile	상호운용성 프로파일
<b>IOT&amp;E</b>	Initial Operational Test and Evaluation	최초 운영 시험 및 평가
<b>IP</b>	Internet Protocol	인터넷 프로토콜
<b>IPL</b>	Integrated Priority List	통합 우선순위 목록
<b>IPT</b>	Integrated Product Team	통합 사업관리팀
<b>ISR</b>	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance	정보, 감시 및 정찰
<b>IT</b>	Information Technology	정보 기술
<b>ITAR</b>	International Traffic in Arms Regulations	국제 무기 거래 규정
<b>J-8</b>	Force Structure, Resources and Assessment Directorate of the Joint Staff	합동 참모 본부 전력 평가 참모 본부
<b>JALN</b>	Joint Aerial Layer Network	합동 공중 레이어 네트워크
<b>JAUS</b>	Joint Aerial Layer Network	무인체계용 합동 아키텍처
<b>JCA</b>	Joint Capability Area	합동 능력 영역
<b>JCIDS</b>	Joint Capabilities Integration and Development System	합동 능력 통합 개발 체계
<b>JIIM</b>	Joint, Interagency, Intergovernmental and Multinational	합동, 기관 내, 정부 간, 다국적
<b>JITC</b>	Joint Interoperability Test Command	합동 상호운용성 시험 사령부
<b>JROC</b>	Joint Requirements Oversight Council	합동 요구 사항 감독 위원회
<b>JRRF</b>	Joint Robotics Repair Facility	합동 로봇 수리 시설
<b>JS</b>	Joint Staff	합동 참모 본부
<b>JSIL</b>	Joint Technology Center/Systems Integration Lab	합동 기술 센터/ 체계 통합 연구실
<b>JTA</b>	Joint Technical Architecture	합동 기술 아키텍처
<b>JUON</b>	Joint Urgent Operational Need	합동 긴급 작전 소요
<b>KPP</b>	Key Performance Parameter	주요 성능 매개변수
<b>MDA</b>	Milestone Decision Authority	마일스톤 결정 기관
<b>MIMO</b>	Multiple-Input, Multiple-Output	다중 입력, 다중 출력
<b>MISB</b>	Motion Imagery Standards Board	동영상 표준 위원회
<b>MOA</b>	Memorandum of Agreement	합의 각서
<b>MOS</b>	Military Occupational Specialty	군사 주특기
<b>MPSF</b>	Mission Package Support Facility	임무 패키지 지원 시설
<b>MTBCF</b>	Mean Time Between Critical Failure	치명적 고장 간 평균 시간



<b>MTBF</b>	Meantime Between Failure	고장 간 평균 시간
<b>MTCR</b>	Missile Technology Control Regime	미사일 기술 통제 체제
<b>MUM-T</b>	Manned and Unmanned Teaming	유·무인 팀 편성
<b>MUSE</b>	Multiple Unified Simulation Environment	다중 통합 시뮬레이션 환경
<b>MUSIC</b>	Manned and Unmanned Systems Integration Capability	유·무인체계 통합 능력
<b>NAS</b>	National Airspace System	국가 공역 체계
<b>NGA</b>	National Geospatial-Intelligence Agency	국가지형정보국
<b>NIAT</b>	NSG Interoperability Action Team	NSG 상호운용성 대응팀
<b>NLOS</b>	Non-Line-of Sight	비-가시선
<b>NR KPP</b>	Non-Line-of Sight	준비된 주요 성능 매개변수
<b>NRL</b>	Naval Research Laboratory	해군 연구실
<b>NSA</b>	National Security Agency	국가 안전국
<b>NSE</b>	Nonstandard Equipment	비-표준 장비
<b>NSG</b>	National System for Geospatial-Intelligence	국립 지리 정보 체제
<b>NSS</b>	National Security Systems	국가 안보 체계
<b>O&amp;S</b>	Operations and Support	운영 및 지원
<b>OA</b>	Open Architecture	개방형 아키텍처
<b>OCO</b>	Overseas Contingency Operations	해외 우발 사태 작전
<b>OCONUS</b>	Outside the Continental United States	미국 본토 밖
<b>OCU</b>	Operator Control Unit	사용자 제어 장치
<b>OEM</b>	Original Equipment Manufacturer	주문자 상표 제품 제조
<b>OODA</b>	Observe, Orient, Decide, Act	관찰, 방향 설정, 결정, 조치
<b>OPTEMPO</b>	Operating Tempo	작전 템포
<b>OSD</b>	Office of the Secretary of Defense	국방 장관실
<b>PB</b>	Presidential Budget	대통령 예산안
<b>PED</b>	Processing, Exploitation & Dissemination	처리, 활용 및 배포
<b>PEO</b>	Project Executive Office	프로젝트 관리국
<b>PINS</b>	Precision Inertial Navigation Systems	정밀 관성 항법 체계
<b>PNT</b>	Position, Navigation and Timing	위치, 항법 및 타이밍
<b>POM</b>	Program Objective Memorandum	프로그램 목표 각서
<b>POR</b>	Program of Record	중기계획 등재 사업



<b>PPBE</b>	Planning, Programming, Budgeting and Execution	계획, 프로그래밍, 예산 책정 및 집행
<b>PPP</b>	Public-Private Partnership	민관 협력
<b>RAM</b>	Reliability, Availability and Maintainability	신뢰성, 가용성 및 정비성
<b>RCTA</b>	Robotic Collaborative Technology Alliance	로봇 공동 기술 연합
<b>RDT&amp;E</b>	Research, Development, Test and Evaluation	연구, 개발, 시험 및 평가
<b>RPA</b>	Remotely Piloted Aircraft	원격 조종 항공기
<b>RF</b>	Radio Frequency	무선 주파수
<b>RITP</b>	Research and Intelligence/Technology Protection	연구 및 정보/기술 보호
<b>RS-JPO</b>	Robotic Systems Joint Project Office	로봇 체계 공동 프로젝트 연구소
<b>S&amp;T</b>	Science and Technology	과학 기술
<b>SAA</b>	Sense and Avoid	감지 및 회피
<b>SAASM</b>	Selective Availability Anti-Spoofing Module	선택적 가용성 항-스푸핑 모듈
<b>SAE</b>	Service Acquisition Executive	서비스 획득 집행위원회
<b>SANGB</b>	Selfridge Air National Guard Base	셀프리지 주방위군 공군기지
<b>SATCOM</b>	Satellite Communications	위성 통신
<b>SC</b>	Steering Committee	조정 위원회
<b>SCRTF</b>	Security Cooperation Reform Task Force	안보 협력 개혁 특별 위원회
<b>SDS</b>	Spectrum-Dependent Systems	스펙트럼 의존형 체계
<b>SECDEF</b>	Secretary of Defense	국방 장관
<b>SOA</b>	Service-Oriented Architecture	서비스 지향 아키텍처
<b>SoS</b>	System of Systems	복합체계
<b>SPIES</b>	Sensor/Platform Interface and Engineering Standardization	센서/플랫폼 인터페이스 및 엔지니어링 표준화
<b>SSRA</b>	Spectrum Supportability and Risk Assessment	스펙트럼 지원 및 위험 평가
<b>STANAG</b>	Standardization Agreement	표준화 협약
<b>STEP</b>	Standard Tactical Entry Point	표준 전술 진입점
<b>STUAS</b>	Small Tactical Unmanned Aircraft System	소형 전술 무인 항공 체계
<b>SUAS</b>	Small Unmanned Aircraft Systems	소형 무인 항공 체계
<b>SWaP-C</b>	Size, Weight, Power and Cooling	크기, 중량, 동력 및 냉각
<b>T&amp;E</b>	Test and Evaluation	시험 및 평가



<b>TAA</b>	Technical Airworthiness Authority	기술 감항국
<b>TS&amp;FD</b>	Technology Security and Foreign Disclosure	기술 보안 및 대외 공개
<b>TS/SCI</b>	Top Secret/Secret Compartmented Info	최고 비밀/비밀 구분 정보
<b>TTP</b>	Tactics, Techniques and Procedures	전술, 기법 및 절차
<b>UA</b>	Unmanned Aircraft	무인 항공기
<b>UAS</b>	Unmanned Aircraft Systems	무인 항공 체계
<b>UAV</b>	Unmanned Aerial Vehicle	무인기
<b>UCLASS</b>	Unmanned Carrier Launched Airborne Surveillance and Strike System	무인 항공모함 발사 공중 감시 및 타격 체계
<b>UCS</b>	UAS Control Segment	UAS 제어 세그먼트
<b>UGS</b>	Unmanned Ground Systems	무인 지상 체계
<b>UGV</b>	Unmanned Ground Vehicle	무인 지상 차량
<b>UI2</b>	Unmanned Interoperability Initiative	무인 상호운용성 방침
<b>UMS</b>	Unmanned Maritime Systems	무인 해양 체계
<b>UMV</b>	Unmanned Maritime Vehicle	해양 무인 무기 체계
<b>U.N.</b>	United Nations	국제 연합
<b>USC</b>	United States Code	미국 법전
<b>USCENCOM</b>	US Central Command	미 중부사령부
<b>USD</b>	Under Secretary of Defense	국방 차관
<b>USD(AT&amp;L)</b>	Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology and Logistics	국방 획득, 기술 및 군수 차관
<b>USD(I)</b>	Under Secretary of Defense for Intelligence	국방 정보 차관
<b>USIP</b>	Unmanned Systems Interoperability Profile	무인체계 상호운용성 프로파일
<b>USV</b>	Unmanned Surface Vehicle	무인 수상정
<b>UUV</b>	Unmanned Undersea Vehicle	무인 잠수정
<b>UVDS</b>	Unified Video Dissemination Service	통합 비디오 배포 서비스
<b>WG</b>	Working Group	실무 그룹
<b>WGS</b>	Wideband Global Satellite	광대역 글로벌 위성통신
<b>WMD</b>	Weapons of Mass Destruction	대량 살상 무기

주요국 국방·군사 동향 시리즈 14-02

2013~2038

## 미국의 무인체계 통합 로드맵

**발행일** 2014년 8월 29일

**발행처** 국방기술품질원 방산기술정보팀  
(055) 751-5370

**발행인** 심인보

**확인** 홍문희·최석영

**번역감수** 김중호·강인원·김종만·박정기·홍현수

**편집/발간** 전고운 (055) 751-5386

**인쇄처** 경성문화사 (02) 786-2999

ISBN 979-11-5698-017-9 94390

979-11-94333-61-5 (세트)

---

# 국방기술품질원

# 방산기술정보 간행물



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

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

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

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

## 2014년도 방산기술정보 주요 간행물 현황

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

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

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

인터넷 접속 URL : <http://www.dtaq.re.kr>

 **국방기술품질원**  
Defense Agency for Technology and Quality

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

# 방산기술정보 인터넷 접속 방법



## Global Defense News 접속 방법

- 1 www.dtaq.re.kr
- 2 최신기술동향 클릭



## 국방과학기술정보 책자 열람 방법

- 1 www.dtaq.re.kr
- 2 홍보관-홍보보서서 클릭
- 3 발간물 클릭



# 방산기술정보 국방망 접속 방법



## DTMS 회원가입방법

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

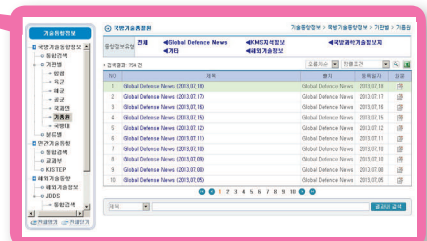
## 국방과학기술정보 소식지 열람 방법

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



## Defense News 접속 방법

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





국민권익위원회  
Anti-Corruption & Civil Rights Commission



함께 누려요!

# 청렴 **韓** 세상

부정부패 없는 청렴한 세상  
우리 모두가 꿈꾸는  
행복한 대한민국의 미래입니다!

국민권익위원회가 국민과 함께하는 청렴한 세상 캠페인

행복한  
대한민국을 여는

# 정부 3.0

국민의 기대와 희망을 모아 정부3.0이 새로운 변화를 시작합니다.  
개인의 행복이 커질수록 함께 강해지는 새로운 대한민국  
그 희망의 새 시대를 정부3.0이 함께 열어가겠습니다.

“정보의 개방과 공유로 일자리는 늘고 생활은 편리해집니다”

소통하는  
투명한 정부



국민 중심의  
서비스 정부



일 잘하는  
유능한 정부



개방

공유

소통

협력



안전행정부  
www.gov30.kr





 **국방기술품질원**  
DTaQ Defense Agency for Technology and Quality

비매품



9 791156 980179

ISBN 979-11-5698-017-9  
ISBN 978-89-97333-61-5 (세트)