

Application of STANAG-4586 Ed. 4 based Standardization for Up-to-Dated Interoperability of Military UAV System

Hack-Joon Kim*, Chang-Bae Yoon*, Su-Woon Hong*, Woo-Sin Lee*, In-Deok Yoo*, Se-Hyeon Jo*

Abstract

With the development of various types of military Unmanned Aircraft(UA)s, the need for interworking and integration between different platforms gradually increased. In order to ensure interoperability at each military UA System(UAS) level, North Atlantic Treaty Organization(NATO) has established STANAG-4586 "Standard Interfaces of Unmanned Aircraft(UA) Control Systems(UCS) for NATO UA Interoperability-Interface Control Document".

This paper looks at the basic design structure of STANAG-4586 and the changes on Edition 4 to enhance joint operational capability through reflecting and updating the interoperability design of the military UAS. In particular, we analyze the enhanced Datalink Transition/Handover Procedure and Autonomous functions, one of the biggest features added to the edition. Through this, we propose a modification of UA data link exclusive control using UA Bypass structure, which was impossible in the one-to-one communication structure between existing UA and Core UCS(CUCS). We also suggest ways to improve UA operational reliability by applying Autonomous Functions that directly decides how to deal with emergency situations, rather than by a remote operator over CUCS.

▶Keyword: UAV, UA, UAS, CUCS, VSM, STANAG-4586, Interoperability, Datalink, GCS, Handover, Autonomous/Autonomy, NATO/STANAG

I. Introduction

현대 전장의 주목할 만한 발전 방향은 바로 운용 플랫폼의 무인화, 그중에서도 무인기 체계(Unmanned Aerial System, UAS)의 적극적인 개발 및 활용이다[1]. 이러한 흐름을 주도하고 있는 미국의 경우 이라크와 아프가니스탄 등지의 광활한 지역에서 한정된 병력을 최소한의 손실로 유지하면서 효율적인 억지력을 제공하기 위해 무인기(Unmanned Aircraft, UA) 기반의 정찰 및 공격 체계를 광범위하게 도입하였으며, 그 결과 UAS에 대한 미 정부의 지출은 '00년 2억 8천 3백만 달러에서 '16년에는 29억 달러로 약 10배 이상 증가하게 되었다. 특히

'02년~'13년 사이에 실제 무인기 전력은 67대에서 11,000여 대로 약 65배의 폭발적인 증가가 이루어졌으며[2], '10년 기준으로 유/무인기 전체 조달 분량 중 41%를 차지하게 된다[3]. 해당 기간에 전반적으로 미국의 국방 예산이 하락했음을 감안한다면 이는 더욱 인상적인 수치임을 알 수 있다.

이렇게 다양한 형태의 UA들이 개발되면서 점차 각 플랫폼 간 연동 및 통합의 필요성이 증대하였으며, 이를 위해 물리 계층에서부터 응용 계층에 이르기까지 각 층위별 연동을 위한 여러 연구들이 진행되었다. 특히 그중에서도 각 군용 무인기 체계

• First Author: Hack-Joon Kim, Corresponding Author: Hack-Joon Kim

*Hack-Joon Kim (hjn.kim@hanwha.com), Hanwha Systems Co.

*Chang-Bae Yoon (changbae.yoon@hanwha.com), Hanwha Systems Co.

*Su-Woon Hong (suwoon.hong@hanwha.com), Hanwha Systems Co.

*Woo-Sin Lee (woosin.lee@hanwha.com), Hanwha Systems Co.

*In-Deok Yoo (indeok.yoo@hanwha.com), Hanwha Systems Co.

*Se-Hyeon Jo (shn.jo@hanwha.com), Hanwha Systems Co.

• Received: 2019. 05. 14, Revised: 2019. 06. 07, Accepted: 2019. 06. 07.

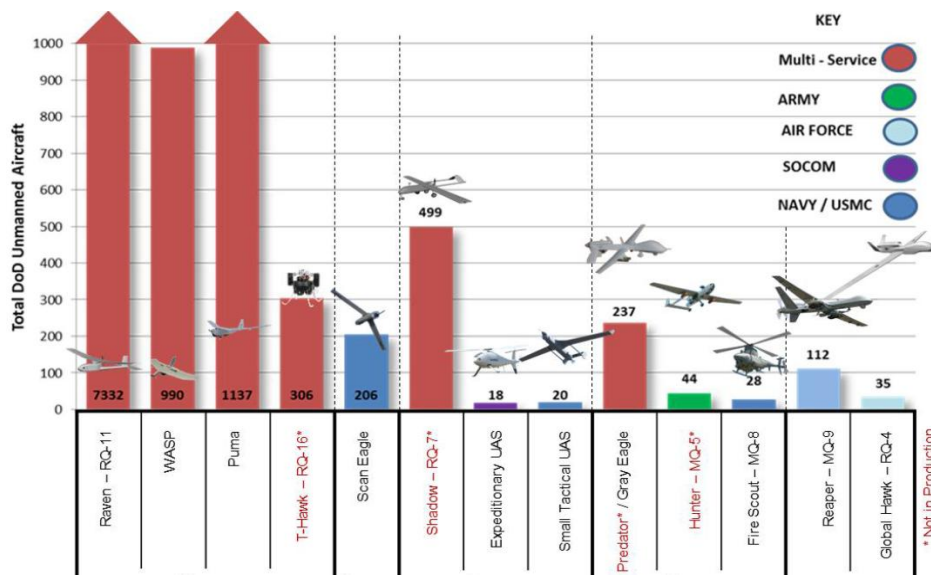


Fig. 1. '13 Inventory of Department of Defense UAS[4]

수준에서의 상호운용성 확보를 위하여 북대서양 조약기구 (North Atlantic Treaty Organization, NATO)에서 연구하고 제정한 체계 연동 표준이 바로 STANAG-4586 “Standard Interfaces of Unmanned Aircraft(UA) Control Systems(UCS) for NATO UA Interoperability-Interface Control Document(이하 STANAG-4586)“ 이다.

STANAG-4586은 이기종 연동을 위한 무인기 체계의 전체적인 구조 및 인터페이스에서부터 실제 메시지 포맷과 같은 연동 항목에 이르기까지, 그리고 UA에서부터 지상 통제 장비(Ground Control System, GCS)에 이르기까지 연동 방안을 제시하여 현재 군용 무인기 분야에서의 상호운용성 보장을 위한 표준으로 적용되고 있으나, 실제적인 적용 및 구현 시 발생할 수 있는 세부 사항에 대해서는 상당수 개발자의 설계에 맡기고 있다. 또한, 매년 증가하고 있는 연동 대상 UA와 국가들을 반영하여 비정기적으로 개정되고 있으며, '19년도 현재 가장 최신 개정본은 'STANAG 4586 Edition 4 Volume I/II(5, APR. '17)'이다.

본 논문에서는 군용 무인항공기 체계 상호운용성 설계 반영 및 최신화를 위해 STANAG-4586의 기본 설계 구조와 STANAG-4586 Edition 4 의 변경 사항을 살펴보고, 특히 해당 표준에 추가된 가장 큰 특징 중 하나인 강화된 무인기 비행체 간 통제권 변경/핸드오버(Datalink Transition/Handover) 및 자동화(Autonomous) 절차를 분석하고 해당 절차의 실제 설계 및 적용 방안을 제시한다.

II. Preliminaries

1. STANAG-4586 Development Direction

초기의 UAS 조달 시 미 국방성에서는 군용 UA와 GCS를 하나의 조합으로 간주하여 설계, 개발 및 획득을 진행했다. 따라

서 각 업체 별로 개발한 UA-GCS간에만 연동이 가능하였으며, 여러 종류의 UA를 운용하기 위해서는 동일한 수만큼의 GCS가 요구되는 “stove-pipe” 형태의 설계가 주를 이루었다.[5] 이러한 현상은 각 국가별 연합 작전 수행이 필요한 NATO 가입국 간에도 유사한 형태로 발생하게 된다.

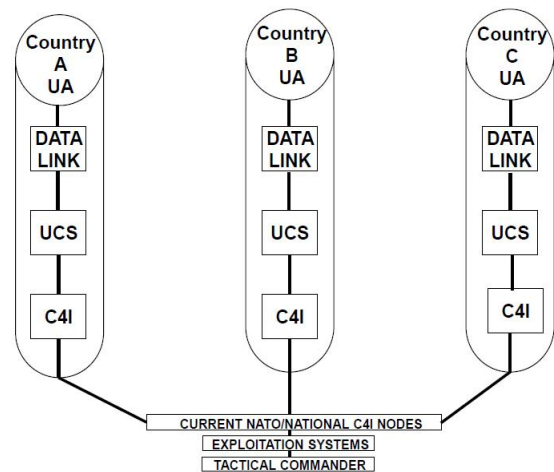


Fig. 2. Current UAS Operations Example[6]

그 결과 미국 및 NATO 가입국 들을 중심으로 각종 전장에서 폭발적으로 증가하게 된 임무 별 UA들을 하나의 통합된 GCS로 운용하여 효율적인 작전 수행을 이루기 위한 요구가 점차 커졌으며 이를 위한 상호운용성 표준을 제공하기 위하여 '04년도에 STANAG-4586 Edition 1이 최초 기술되었다. 이후로도 계속적으로 증가하는 연동 대상 UA들을 모두 수용하고 실제 UAS와 상호운용성 설계 간 간극을 줄이기 위해서 꾸준히 개정이 이루어졌으며, 이러한 개정은 실제 해당 표준의 사용 주체에 따라 두 갈래로 나뉘어서 진행되었다.

'07년도 개정된 Edition 2 및 이후 '17년도 진행된 Edition 4 Volume I의 경우, 개정 주체는 Canada 정부의 지원을 받아서

주로 시뮬레이션 환경 하에서 STANAG-4586 설계를 검증한 NATO Industrial Advisory Group (NIAG) Study Group 73 (S/G 73)이다. 해당 개정본을 통해 후에 기술될 UA 및 임무 장비 (Payload)간의 상호운용성 레벨(Level of Interoperability, LOI) 분리가 이루어졌으며, 운용자의 운용 환경을 나타내는 Human Computer Interface(HCI)의 역할도 Datalink Interface(DLI)에서 Core UA Control System (CUCS)로 변경이 이루어졌다.

STANAG-4586 개정의 또 다른 갈래는 NATO의 Joint Capability Group UAS (JCGUAS) Specialist Team(ST)에 의해 진행되었으며, '12년도에 Edition 3, 그리고 '17년도에 Edition 4 Volume II로 이어지게 된다. 해당 개정본의 경우 LOI 2~5의 내용이 전반적으로 재수정되었으며, 무선 구간 대역폭 효율성 증대를 위해 메시지 형태가 일부 변경이 발생했다.

이렇게 진행된 표준안은 각 국가의 소요 및 개발 방향에 맞추어 앞으로도 지속적으로 개정이 이루어질 것으로 보인다.

본 논문에서는 특정 국가의 개발 방향에 한정된 내용을 배제하기 위하여 STANAG-4586 Edition 4 Volume II를 기준으로 설명한다.

2. STANAG-4586 UAS Basic Architecture

STANAG-4586에서는 각 UAS를 이루는 구성 요소를 크게 무인기 지상부(UAV Surface Component)와 무인기 공중부(UAV Air Component)로 나누며, 무인기 공중부는 다시 Air Vehicle Element와 Payload Element로, 무인기 지상부는 UA Control System (UCS) Element와 Launch and Recovery Element로 구분하고 마지막으로 해당 구성 요소들 모두에 탑재되어 무선상으로 연동 구간을 제공하는 Datalink Element로 식별한다.

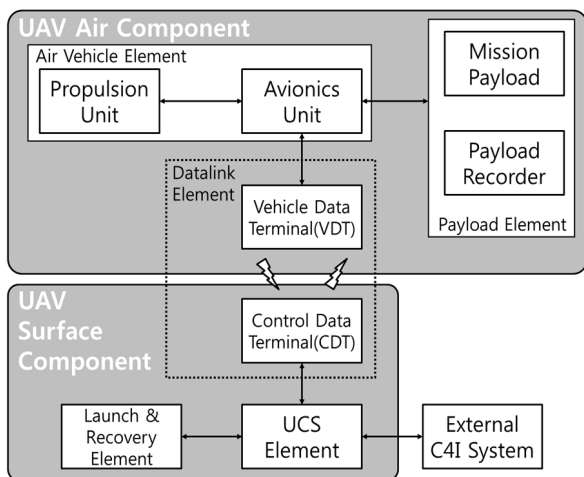


Fig. 3. UAS Interoperability Architecture[6]

이렇듯 여러 구성 요소로 이루어지는 UAS간의 상호운용성 확보를 위하여 STANAG-4586에서는 UCS내에서 CUCS와 Vehicle Specific Machine(VSM), Datalink Interface(DLI) 그리고 Air Vehicle(AV)로 크게 구분되는 다음과 같은 UCS Functional Architecture 라는 논리적인 개념을 도입한다.

상호운용성 측면에서 연동이 요구되는 각 단위들에 대한 설명은 다음과 같다.

가) AV(UA)

UCS의 제어에 따라 비행을 진행하며 이를 통해 획득한 Payload의 임무데이터를 UCS로 송신하는 비행체 전반

나) CUCS

자격을 갖춘 운용자(Operator)가 UA 임무의 전 단계를 수행할 수 있도록 사용자 인터페이스를 제공함. 이를 위해 비행체의 Payload로부터 임무데이터를 수신/처리하고 임무 계획을 수행하며, 비행체 및 비행체에 탑재된 Payload와 Datalink의 모니터링 및 제어 기능 제공

다) DLI

CUCS와 VSM 간의 인터페이스를 제공하여 CUCS가 제어를 위해 생성한 특정 메시지를 전달하고, 비행체와 데이터링크, Payload의 상태를 수신해 CUCS에서 도시가 가능하도록 처리

라) VSM

각 UAS 간 상호운용성을 제공하기 위한 주요 모듈. 각 UAS에서 운용되는 비행체의 고유 통신프로토콜, 인터페이스 타이밍 및 데이터 포맷을 제공하며, VSM-DLI 구간, 그리고 VSM 내부는 STANAG-4586에서 정의된 공용메시지 (Generic Message)를 통해 AV 제어/상태 정보를 공유하여 서로 다른 체계에서 운용되는 AV/CUCS 간 연동 제공

결국 UAS의 구성 요소 간 상호운용성을 보장해주는 주요 역할은 VSM에서 담당하게 되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 VSM의 실제 물리적인 위치에 대해서 STANAG-4586에서는 특정 플랫폼을 한정하고 있지 않으며, UCS와 AV, 혹은 양쪽 모두에 위치할 수 있다고 정의한다.

3. Level of Interoperability(LOI)

STANAG-4586에서는 각 지상 통제 장비-비행체/임무 장비 간 상호운용성의 수준을 표시하기 위하여 Level Of Interoperability(LOI)라는 개념을 처음 제시하였으며, 해당 개념은 최근의 'ICARUS' 프로젝트와 같은 무인 로봇을 통합 제어하기 위한 민간사업에도 차용되고 있다[7]. 5단계로 정의된 LOI의 각 수준 별 정의는 다음과 같다.

가) Level I

UA의 임무 장비(Payload)에서 생성되는 임무데이터에 대한 간접 수신 가능

나) Level II

UA의 임무 장비에서 생성되는 임무데이터에 대한 직접 수신 가능

다) Level III

UA의 임무 장비에서 생성되는 임무데이터 직접 수신 및 각 임무 장비의 직접 제어가 가능하며, 해당 임무 장비의 상태 모니터링이 가능

라) Level IV

이착륙을 제외한 UA의 직접 제어 및 상태 모니터링이 가능

마) Level V

이착륙 시 UA의 직접 제어 및 상태 모니터링이 가능

이러한 5단계의 LOI 레벨 정의에서 알 수 있듯이, 상위 레벨이 하위 레벨을 반드시 포함하는 개념은 아니다. LOI Level 1~3은 UA에 탑재된 임무 장비에 대한 통제 능력을 정의하며, Level 4~5는 UA 자체에 대한 통제 능력을 제시하는 척도로서 서로 독립적인 개념으로 존재한다. 또한, 해당 UA에 복수의 임무 장비가 장착될 경우 각 장비 별로 LOI Level도 독립적으로 부여된다.

앞서 살펴본 것처럼 이러한 상호운용성 레벨을 보장해주는 기능은 VSM이 담당해야 할 부분이다[8]. STANAG-4586에서는 VSM의 물리적인 위치 등에 대해서는 따로 정의를 하고 있지 않지만 이러한 개별적인 상호운용성 확보와, 실제 모듈의 여러 가지 물리적/환경적인 부분의 고려를 동시에 할 경우 실질적인 VSM의 위치 및 구현 방안은 여러 부분에서 제약이 받게 된다. 결국 비행체 내부에 최소한 1개의 VSM을 구현하는 방안이 가장 현실적인 개발 방안이 될 것이다[8].

4. Message Functional Group

STANAG-4586은 무인기 운용을 위한 표준 프로토콜을 제시하고 있으며 이를 위해 필요한 메시지와 세부 데이터 항목들을 정의하고 있다. 이러한 메시지들은 전반적인 무인기 운용에 공통적으로 요구되는 제어 및 상태 확인을 위한 공용 메시지(Generic Message)와 각 지상 통제 장비-비행체/임무 장비 별 특성을 지원하기 위한 전용 메시지(Private Message)로 구분된다. 공용 메시지는 STANAG-4586을 준용하는 모든 UA 및 CUCS에서 처리되어야 할 최소한의 메시지 세트를 구성한다. 이에 반해 전용 메시지의 경우는 STANAG-4586에서 할당 가능한 메시지 번호(Message Number)만 정의하고 실제 메시지의 내용에 대해서는 각 UA에서 필요한 내용을 개별적으로 정의하여 사용하도록 설계되어 있으며, 해당 전용 메시지의 처리는 각 UA 별 VSM을 통해 이루어지게 된다.

다음의 그림 5는 STANAG-4586 Edition 4 Volume II 기준 메시지 분류를 나타낸다. NATO에서 운용중인 UA의 종류 및 표준 적용 국가의 증가에 따라 매 개정 시 공용 메시지의 숫자가 증가하고 있으며, 가장 최신 문서인 Edition 4를 기준으로 26종, 196개의 공용 메시지가 정의되어 있다.



Fig. 4. STANAG-4586 Message Functional Group

위의 그림과 같이 공용 메시지는 각각 비행체, 임무 장비, 데이터링크 및 기타 서브 시스템들(IFF, 무장 등)을 위한 메시지들로 구분되며, 데이터링크 메시지의 경우에는 그 중요성에 맞게 데이터링크 제어/상태 메시지(DATA LINK COMMAND AND STATUS MESSAGES)와 데이터링크 탐색 메시지(DATA LINK DISCOVERY MESSAGE), 그리고 데이터링크 통제권 전환 메시지(DATA LINK TRANSITION MESSAGES)로 세분화된다.

데이터링크 제어/상태 메시지의 경우는 무인기 운용 중 요구되는 일반적인 데이터링크 제어 및 상태 메시지들을 포함하며, 데이터링크 탐색 메시지는 데이터링크 초기 Connection 전 데이터링크를 식별하고 Connection 하는 기능을 제공한다. 데이터링크 통제권 전환 메시지의 경우는 비행체 임무 운용 중 발생하게 되는 비행체 통제권 획득 및 전환(Vehicle Data Link Transition) 그리고 핸드오버(Handover) 시 사용되는 메시지들을 정의하고 있다.

Table 1. STANAG-4586 Generic Message Table

Functional Group	Msg ID Range	Ed.4 Vol.II		LoI				
		추가	삭제	2	3	4	5	
System ID	0~1999	2	0	O	Y	Y	Y	
Flight Vehicle Command	2000~2999	4	5	-	-	Y	Y	
Flight Vehicle Status	3000~3999	1	1	-	-	Y	Y	
Flight Vehicle Payload Relevant	4000~4999	0	0	O	Y	Y	Y	
IFF/SRR Command	5000~5999	2	0			Y	Y	
IFF/SRR Status	6000~6999	0	0			Y	Y	
ATC Interface Command	7000~8999	0	0			Y	Y	
ATC Interface Status	9000~10999	0	0			Y	Y	
Vehicle Auxiliary Command	11000~11999	0	0			Y	Y	
Vehicle Auxiliary Status	12000~12999	0	0			Y	Y	
Mission Command & Status	13000~14999	4	0					
Vehicle Mission Message					O	Y	Y	
Payload Mission Message					O	Y	Y	
Subsystem Status	15000~16999	0	0		Y	Y	Y	
Miscellaneous Status	17000~18999	3	0	O	Y	Y	Y	
Payload Command	19000~20999	0	0		Y	-	-	
Payload Status	21000~23999	1	0	-	Y	-	-	
Weapons Command	24000~25999	0	0		Y			
Weapons Status	26000~27999	0	0		Y			
Datalink Discovery	28000~29999	0	0	O	Y	Y	Y	
Datalink Command	30000~31999	1	0					
Control Datalink(CDT)				LoI not applicable				
Vehicle Datalink(VDT)				O	O	Y	Y	
Datalink Status	32000~33999	2	0					
Control Datalink(CDT)				LoI not applicable				
Vehicle Datalink(VDT)				O	O	Y	Y	
Datalink Transition	34000~35999	0	0		O	Y	Y	
Autonomy	36000~39999	6	0					
Vehicle Autonomy					O	Y	Y	
Payload Autonomy					O	Y	Y	
General Pre-Connection Configuration	40000~41999	0	0	O	Y	Y	Y	
General Post-Connection Configuration	42000~43999	0	0	O	Y	Y	Y	
VSM Forced Command	44000~45999	0	0					
Draw Interface	46000~49999	0	0		O	O	O	

표 1은 STANAG-4586에서 제시하는 공용 메시지들의 특성을 정리하고 있으며, 각각의 메시지 종류에 대한 메시지 할당 번호, Edition 4에서 추가/삭제된 메시지 개수 및 LOI 레벨을 제시하고 있다. 어떤 UA/CUCS가 목표로 하는 LOI 레벨을 만족시키기 위해서는 해당 표에서 레벨 별로 정의된 대상 메시지들을 모두 지원해야 한다.

5. STANAG-4586 Edition 4 Changes

STANAG-4586의 최신 개정본은 '17년도 4월에 배포된 Edition 4이며, Volume II 기준으로 이전 버전 대비 약 30여개의 메시지가 추가 및 삭제되고 기본적인 설계 변경 사항도 일부 발생했다. 이러한 변경 사항을 기능면에서 정리해보면 기존 Edition 3에 비해 바뀐 주요 항목들은 다음과 같다.

가) Relatime 요구 조건 완화

기존의 STANAG-4586에서는 UAS의 제어 및 상태 관리에 필요한 Realtime 요구조건이 강조되었으며, UA 및 Payload 제어/상태 관리에 요구되는 Critical(Hard) Realtime 기능의 경우 VSM에서, 그리고 메시지의 주기성 확보 등과 같은 Near Realtime 기능의 경우 CUCS에서 제공해야 한다고 명시하고 있었다. 그러나 이번 Edition 4에서는 이러한 Realtime 요구조건들이 전부 삭제되었으며, 관련 기능들에 대해서는 'Performance/Vehicle Specific' 이라는 보다 완화된 표현으로 기술되었다. 실제 군 환경에서 활용하는 UAS의 종류가 다양해지면서 보다 다양한 조건에서 동작이 필요한 20 파운드 이하의 Category Group 1급의 소형 UA(드론)[9]에 대한 고려가 반영된 것으로 판단된다.

나) 메시지 체크섬 검사 방식 추가

이전 버전까지는 각 메시지의 정합성을 확인하는 체크섬 검사 방식을 체크섬의 길이로 구분 했으며 각각 0, 2, 4 바이트의 옵션을 사용할 수 있었다. STANAG-4586 Edition 4 부터는 CRC-32 방식을 추가로 사용할 수 있으며, 메시지 헤더를 통해 각각의 체크섬 검사 방식을 결정할 수 있다.

다) 통제권 변경/핸드오버(Transition/Handover) 및 유지 관련 기능 강화

군사용 UA가 가장 많이 활용되는 정찰 임무 수행을 위해 UAS에서는 일반적으로 임무 수행을 마치고 돌아오는 UA와 새로 임무를 할당받고 이동하는 UA 간 통제권 변경/핸드오버 기능을 제공하여 끊임 없는 감시 기능을 유지한다.

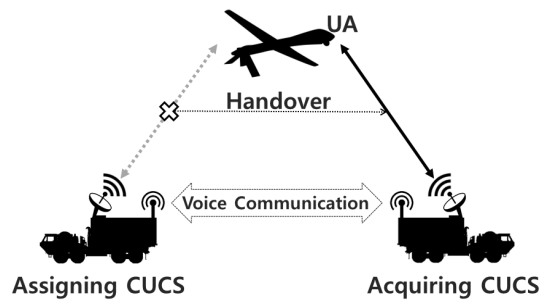


Fig. 5. Current Transition/HO Concept

하지만 STANAG-4586 메시지 구조는 기본적으로 UA-CUCS 간의 일대일 통신만을 정의하기 때문에 두 대의 CUCS 간 연동이 요구되는 통제권 변경 시 사전 조율 및 수행을 위해 별도의 통신 선로를 구성하여 활용하는 수밖에 없었다.

STANAG-4586 Edition 4에서는 통제권을 이양하는 (Assigning) CUCS에서 획득하는(Acquiring) CUCS로 UA를 통해 통제권 변경 상태를 bypass로 제공하는 'Positive Handover Authorisation Request/Granted(#4/5) 메시지를 제공하여 별도의 통신 선로 없이 통제권 변경이 가능하도록 기능을 강화했다.

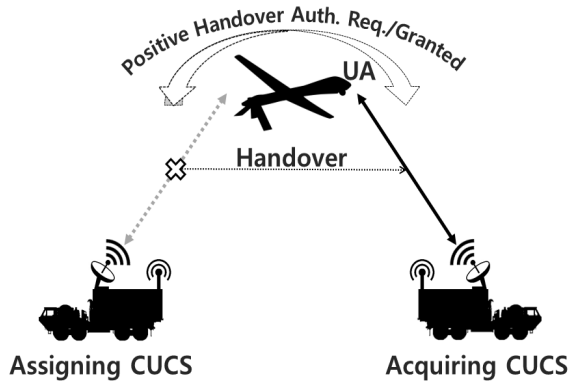


Fig. 6. STANAG-4586 Ed. 4 Datalink Transition/HO Concept

또한 UA가 주요 이벤트를 수행하는 중에는 GCS와의 통신이 두절되더라도 다른 GCS에서 일정 기간 통제권을 획득(LOI Snatch-back)하는 것을 방지하는 'Lost Link Delay Timer (#30400/32400)' 기능도 추가되었다. 해당 기능을 활용하여, UA가 현재 상태를 유지해야 하는 임무 수행 중(예시 : UA에서 유도체 발사 후 특정 목표물에 대한 레이저 조사를 일정 시간 유지해야 하는 경우 등) 통신 두절로 발생 가능한 비상 상황 가능성을 최소화 시킬 수 있도록 했다.

라) 자동 실행 기능(Autonomy) 기능 강화

UA의 경우 일반적으로 미리 정의된 임무 계획 및 비상 시 계획을 수립하고 이를 활용하여 임무를 수행하게 되며, STANAG-4586에서는 기 정의된 임무 및 비상 계획의 자동 실행을 위한 여러 가지 자동 실행 기능(Autonomy) 메시지를 제공한다. STANAG-4586 Edition 4에서는 각 자동 기능들에 Activity ID를 실시간으로 갱신 및 삭제하기 위한 메시지를 추가하여 임무 수행의 유연성을 강화했다. 또한 일반적으로 GCS에서 UA를 업링크(Uplink)로 통제하는 제어 방향을 탈피하여, GCS에 비해 실제 상황 정보 획득에 유리한 UA가 자체적으로 비행 및 임무 상태를 판단하고 GCS 운용자에게 적절한 자동 기능 실행을 다운링크(Downlink)를 통해 제시하는 제안 절차(Proposition Mechanics) 기능을 추가했다.

마) 피아식별장비 Mode 5 적용

현재 군에서 운용되고 있는 피아식별장비(Identify Friends or Foe, IFF)의 경우 국내외 운용 정책 변경에 따라 기존의 IFF Mode 4 기능이 장착된 모든 항공기는 2020년 6월 이후 Mode 4 운용을 중단하고, Mode 5로 전환할 예정이다. [10] STANAG 4586 Edition 4에서는 이러한 IFF 운용 정책 지원을 위해 신규 메시지(#5002/#5003)를 추가하고 기존 제공 메시지(#5001)를 수정하여 제시하고 있다.

III. The Proposal

본 장에서는 앞서 STANAG-4586 Edition 4에서 추가된 주요 기능들인 강화된 통제권 변경 및 자동 실행 기능을 보다 자세히 살펴보고 이를 이용해 기존 설계와 비교하여 보다 효율적인 적용 연동 방안을 제시 한다.

1. Datalink Transition/Handover Functional Proposal

앞서 언급된 바와 같이, STANAG-4586 공용 메시지는 데이터링크 Connection 기능 제공을 위한 데이터링크 탐색(Datalink Discovery) 메시지를 정의하고 있다.

데이터링크 탐색 메시지의 경우, 데이터링크 탐색 및 Connection 기능을 제공하는 #28000 메시지와 이에 대한 응답(Acknowledgement) 메시지인 #28001 메시지로 이루어져 있다. 해당 메시지들의 경우는 STANAG-4586 Edition 3에서 Edition 4로 개정에 따른 변경 사항은 존재하지 않는다.

Table 2. Datalink Discovery Messages[6]

Msg No.	Description	Source
28000	Datalink Control Authorisation Request	CUCS
28001	Datalink Configuration/ Assignment Message	VSM

또한, 비행체/탑재 장비에 대한 통제권 제공 및 핸드오버 기능의 경우 시스템 식별 메시지(System ID Message)를 통해 제공된다. STANAG-4586 Edition 4의 경우, 기존에 제공되던 통제권 제공 메시지들(#1, #2, #3 메시지)를 이용하여 수행하던 복잡한 핸드오버 절차를 개선하기 위해 2개의 핸드오버 메시지(#4 Positive Handover Authorisation Request, #5 Positive Handover Authorisation Granted)를 추가했다.

Table 3. System ID Messages[6]

Msg No.	Description	Source
1	CUCS Authorisation Request	CUCS
2	VSM Authorisation Response	VSM
3	Vehicle ID	VSM
4	Positive Handover Authorisation Request	CUCS /VSM
5	Positive Handover Authorisation Granted	CUCS /VSM

다음 그림은 기존의 STANAG-4586 Ed. 3에서 정의된 메시지를 활용하여 두 CUCS 간 비행체의 통제권 변경/핸드오버 절차를 예시로 나타내고 있다.

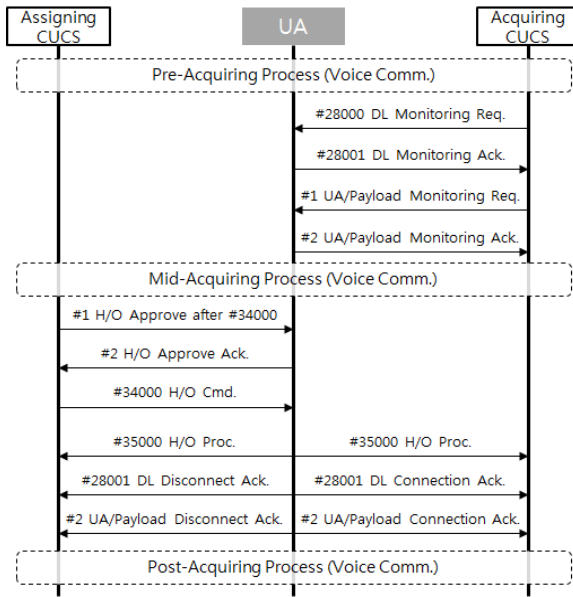


Fig. 7. Current Transition/HO Procedure

기존 통제권 변경 시에는 통제권을 획득하는 CUCS(Acquiring CUCS)와 통제권을 이양하는 CUCS(Assigning CUCS) 간 직접 통신할 수 있는 경로가 없기 때문에 통제권 변경 절차의 정상적인 동작 확인을 위하여 별도의 보조 음성 통신 회선을 사용하여 실제 진행 전(Pre-Acquiring Process)/진행 중(Mid-Acquiring Process)/진행 후(Post-Acquiring Process) 확인 절차가 필요했다. 또한, 통제권 변경 전용의 메시지가 미정의되어 있어서 최초 비행체 통제권 획득 시 사용하는 메시지(#28000/#28001, #1/#2)를 활용하여 다수의 단계를 거쳐야 기능의 적용이 가능했다.

다음은 개정된 STANAG-4586 Edition 4에서 추가된 통제권 변경/핸드오버 메시지들을 사용하여 두 CUCS 간 UA 통제권 변경을 적용한 설계 안이다.

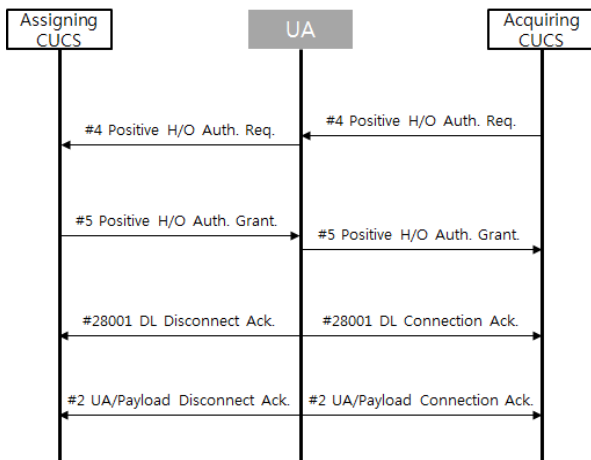


Fig. 8. STANAG-4586 Ed. 4 Transition/HO Procedure Proposal

#4 Positive Handover Authorisation Request와 #5 Positive Handover Authorisation Granted의 경우, 비행체는 메시지를 수신하는 경우 바로 상대 CUCS에게 bypass로 전달

하도록 정의되어 있다. 이를 통해, 기존에는 UA-CUCS간 일대일로만 가능한 통신 절차를 보완하기 위해 사용하던 별도의 음성 통신 회선을 통하지 않고 각자에게 필요한 통제권 변경 정보의 제공 및 확인이 가능하게 된다. 또한 최초 통제권 획득 메시지가 아닌 통제권 변경 전용 메시지를 사용함으로써 실제 수행 절차를 보다 간결하게 하여 진행 중 오류로 인한 통신 두절 등의 문제 발생 가능성을 현저히 줄이게 된다.

2. Proposition Mechanism Functional Proposal

기본적으로 UA 통제는 GCS/CUCS를 운용하는 운용자의 제어에 의해 업링크 기반으로 이루어지게 된다. 하지만 원격지에서 별도의 UI를 통해 UA를 제어하는 이러한 체계 구성에서는 아무리 잘 훈련된 운용자일 경우라도 UA의 상태 정보를 정확히 인식하는 데에 한계가 존재할 수 있다. 특히 UA에 장착된 각종 센서를 이용해 상태 정보를 확인하고 이에 대한 빠른 대처가 필요한 일부 상황의 경우 UA에서 직접 판단하고 대응 방안을 운용자에게 제시하는 방안이 보다 효율적일 수 있다.

STANAG-4586 Edition 4에서는 이러한 기능을 제공하기 위해 기존의 자동 실행 기능에 제안 절차(Proposition Mechanism) 기능을 추가했다. 해당 메커니즘 상에서는 지상의 운용자보다 UA가 빠르고 정확하게 상황 파악이 가능한 특정 이벤트들-비행체 충돌 회피(Airborne Collision Avoidance), 기상 변화 확인 및 회피(Weather Avoidance), 비상 자세 제어 및 회복(Emergency Recovery)-에 대해 UA가 판단한 현재 상황에서 최적의 대응 자동 실행 기능을 제시하고 운용자의 수락/거절 여부를 확인하여 수행하게 된다.

이러한 기능을 제공하기 위해서 추가된 메시지들은 다음과 같다.

Table 4. Autonomy Messages

Msg No.	Description	Source
36000	Activity Constraint	CUCS
36001	Constraint Response Message	VSM
36002	Constraint Request Complete Message	CUCS
36003	Constraint Response Complete Message	VSM
36004	Activity ID Config	CUCS
36005	Activity ID Config Response	VSM
36100	Activity Complete Message	VSM
36200	Activity Status Message	VSM
36300	Authorisation Request Message	VSM
36301	Authorisation Request Acknowledgement Message	CUCS
36302	Decision Notification Message	VSM
36303	Authorisation Request Data Message	CUCS

본 메시지들의 경우 원래는 민간 공역에서의 UAV 비행 적용 연구를 위해 영국 정부에 의해 진행된 Autonomous Systems Technology Related Airborne Evaluation & Assessment(ASTRAEA) 프로젝트의 결과로 개발된 메시지이며[11], ASTRAEA 프로젝트 자체는 '13년도에 중단되었으나[12] 본 메시지들은 STANAG-4586 Edition 4에 적용되어 활용되고 있다[6].

다음은 이러한 제안 절차에 따라 특정 상황에서 회피 기동을 수행하는 절차를 보이고 있다. 자체 충돌 감지 센서를 통해 타 비행체와의 충돌 위험 신호를 수신한 UA는 해당 정보를 CUCS의 운용자에게 알림과 동시에 미리 정의된 자동화된 긴급 회피 절차를 운용자에게 제시하고 이의 실행을 요청한다(#36300). Request를 수신한 운용자는 제안된 자동 실행 기능 수행 시 변경 정보가 있을 경우 상세한 사항을 미리 정해진 포맷 기반으로 다운로드하도록 요청할 수 있다(#36303). 해당 사항 검토 후 운용자는 제안된 자동 실행 기능을 인가하고(#36301), UA는 자동 기능 실행 후 결과를 CUCS에게 보고하게 된다(#36302).

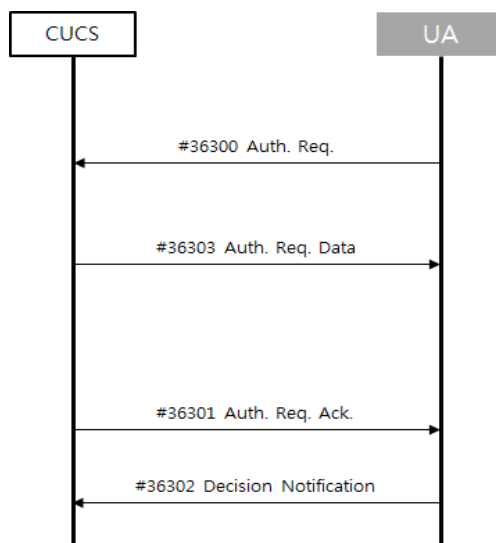


Fig. 9. Proposition Mechanism Procedure Proposal

이와 같이 UA 제안 절차를 차용하여 회피 절차에 적용 시, 빠른 응답성이 요구되는 비상 상황 복구 가능성을 강화하여 운용 신뢰성을 높일 수 있다.

IV. Conclusions

본 논문에서는 군용 UA간 상호운용성 제공을 위한 STANAG-4586 표준의 전반적인 설계를 살펴보고, 최신 개정본인 Edition 4를 적용하여 보다 강화된 UA 운용 기능들의 적용을 위한 방안을 제시했다.

이를 통해 기존의 UA-CUCS 간 일대일 통신 구조에서는 불가능했던 Bypass 구조를 활용한 데이터링크 단독 통제권 변경으로 별도의 추가 통신 선로 없이 보다 안정적인 변경 절차를 제안하였으며, 또한 특정 상황에서 원거리의 운용자가 아닌 UA가 비상 상황에 대한 대처 방안을 직접 제시하는 자동화 절차를 통해 운용 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방법도 연구했다.

다만, 이러한 강화된 기능들의 실제 구현을 위해서는 해당 사항들을 직접 수행할 UA 구성품들에 대한 적용 방안이 추가로 논의되어야 할 것이다. 이를 위해 추후 UA의 전반적인 동작을 제어할 VSM의 실제적인 적용 방안 및 최적의 구현 위치에 대해 추가 연구할 계획이다.

REFERENCES

- [1] P., Vasile, "UNMANNED AERIAL SYSTEM IN THE CONTEXT OF MODERN WARFARE", SCIENTIFIC RESEARCH & EDUCATION IN THE AIR FORCE, pp. 177-184, 2016.
- [2] Bank of America Merrill Lynch, "Robot Revolution - Global Robot & AI Primer.", pp. 7, DEC 2015.
- [3] Gertler, J. "US unmanned aerial systems", LIBRARY OF CONGRESS WASHINGTON DC CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE, pp. 12, JAN 2012.
- [4] Department of Defense, "Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038", pp. 5, 2014.
- [5] Chanda, M., DiPlacido, J., Dougherty, J., Egan, R., Kelly, J., Kingery, T., Liston, D., Mousseau, D., Nadeau, J., Rothman, T., Smith, L., Supko, M. "Proposed functional architecture and associated benefits analysis of a common ground control station for Unmanned Aircraft Systems". Naval Postgraduate School, pp. 3, 2010.
- [6] NATO, "Standard Interfaces of Unmanned Aircraft(UA) Control Systems(UCS) for NATO UA Interoperability-Interface Control Document Edition 4". NATO Standardization Agency, APR. 2017.
- [7] D. S. Lopez, G. Moreno, J. Cordero, J. Sanchez, S. Govindaraj, M. M. Marques, V. Lobo, S. Fioravanti, A. Grati, K. Rudin, M. Tosa, A. Matos, A. Dias, A. Martins, J. Bedkowski, H. Balta, and G. D. Cubber, "Search and Rescue Robotics - From Theory to Practice". InTech, pp. 97, 2017.
- [8] D. Cofer et al., "A Formal Approach to Constructing Secure Air Vehicle Software," in Computer, vol. 51, no. 11, pp. 14-23, NOV 2018.
- [9] U.S. Army, "Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2010-2035" UAS Center of Excellence(Fort Rucker), pp. 12, 2010.

- [10] Sang wan No, Soon young Lee, Min Soo Kim, Young hoon Lee. "The study of the IFF Mode-5 to apply to Helicopter System" The Society for Aerospace System Engineering 2018 Spring Conference, pp. 114-115, 2018.
- [11] T. Hutchings, "Architecting UAV sense & avoid systems," in 2007 Institution of Engineering and Technology Conference on Autonomous Systems, pp. 1-8, 2007.
- [12] Peter Burt, "*Off the Leash - The development of autonomous military drones in the UK*", Drone Wars UK, pp. 36, NOV 2018.

Authors



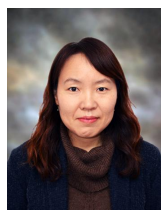
Hack-Joon Kim received the B.S. degrees in Computer Engineering from Hongik University, Korea, in 2004. He is currently a senior engineer in Hanwha systems and also a M.S. graduate student in Defense Fusion Engineering, Yonsei University,

Korea. He is interested in Common/Tactical data links, UAS and machine learning.



Chang-Bae Yoon received the B.S. degrees in Electronic Communication Engineering from Korea Maritime and Ocean University, Korea, in 1997 and also received the M.S. degrees in Electronic Engineering from Sungkyunkwan University, Korea, in 2002.

He is currently a chief engineer in Hanwha systems. He is interested in Common/Tactical data links, UAS.



Su-Woon Hong received the B.S. degrees in Computer Engineering from Hankuk University of Foreign Studies, Korea, in 2001 and the M.S. degrees in IT Convergence Engineering from Ajou University, Korea, in 2018. She is currently

a chief engineer in Hanwha systems and interested in UAV Data Link and GCS.



Woo-Sin Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Engineering from Kwangwoon University, Korea, in 2001, 2003 and 2007, respectively Dr. Lee is currently a chief engineer in Hanwha systems. He is interested in data links,

tactical networks.



In-Deok Yoo received the B.S. degree in Computer Science and Engineering from Kangwon National University, Korea, in 2010. He is currently a senior engineer at Hanwha Systems and is interested in blockchain, deep learning and data links.



Se-Hyeon Jo received the B.S. degrees in Computer Science and Engineering from Hanyang University, Korea, in 2010. In 2009, he Jo joined Hanwha Systems Co., Republic of Korea, and he is currently a researcher. He is interested in data link

and deep learning.