

무인항공기 비행제어시스템

윤 석 준*

〈 목 차 〉

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| I. 개요 | III. UAV의 임무와 탑재장비 |
| II. UAV 발달사 및 최신 개발 프로그램 | IV. 비행제어시스템의 특성 |
| | V. 맺음말 |

I. 개요

무인항공기(UAV: Unmanned Aerial Vehicle) 비행제어시스템의 특성을 파악하기 위하여 먼저 UAV의 전형적인 임무와 구성 요소 등을 알아 본다. 또한 UAV 비행제어시스템의 운용 환경을 이해하기 위하여 UAV의 분류와 발달과정 그리고 현재 추진되고 있는 주요 UAV 개발 프로그램들을 소개한다. 본론에 들어가 일반항공기의 비행제어시스템 구현을 위하여 어떠한 제어 논리들이 사용되어 왔고 현재 관심을 끌고 있는 비행제어이론 관련 주요 연구 주제들을 살펴 본다. 마지막으로 UAV 비행제어시스템 고유의 특성을 정리한다.

* 세종대학교 항공우주공학과 부교수

약어 설명

Legend:

ACTD	= advanced concept technical demonstration	MDAP	= Major Defense Acquisition Program
CDL	= common data link	NB	= narrow band
CONV	= CONVENTIONAL (HAE)	OTH	= over-the-horizon
DARPA	= Advanced Research Projects Agency	PEO(CU)	= Program Executive Officer for Cruise Missiles and Joint UAVs
EO	= electro-optical	PO	= project office
FLIR	= forward-looking infrared	RSTA	= reconnaissance, surveillance, and Target acquisition
HAE	= high altitude endurance(UAV)	SAR	= synthetic aperture radar
IR	= infrared	SATCOM	= (military) satellite communications
JPO	= Joint Program Office	TBD	= to be determined
JT	= Joint Tactical(UAV)	T/O	= takeoff
JTF	= Joint Task Force	TV	= television
LHA	= landing helicopter-amphibious	UAV	= unmanned aerial vehicle
LHD	= landing helicopter-deck	UHF	= ultra high frequency
LO	= low observable(HAE)	WB	= wide band
LOS	= line-of-sight		
MAE	= medium altitude endurance(UAV)		

Legend:

ACTD	= advanced concept technical demonstration	MDAP	= Major Defense Acquisition Program
CDL	= common data link	NB	= narrow band
CONV	= CONVENTIONAL (HAE)	OTH	= over-the-horizon
DARPA	= Advanced Research Projects Agency	PEO(CU)	= Program Executive Officer for Cruise Missiles and Joint UAV's
EO	= electro-optical	PO	= project office
FLIR	= forward-looking infra-red	RSTA	= reconnaissance, surveillance, and Target acquisition
HAE	= high altitude endurance(UAV)	SAR	= synthetic aperture radar
IR	= infrared	SATCOM	= (military) satellite communications
JPO	= Joint Program Office	TBD	= to be determined
JT	= Joint Tactical(UAV)	T/O	= takeoff
JTF	= Joint Task Force	TV	= television
LHA	= landing helicopter-amphibious	UAV	= unmanned aerial vehicle
LHD	= landing helicopter-deck	UHF	= ultra high frequency
LO	= low observable(HAE)	WB	= wide band
LOS	= line-of-sight		
MAE	= medium altitude endurance(UAV)		

Legend:

ASW	= antisubmarine warfare	NCB	= nuclear, biological, chemical
-----	-------------------------	-----	---------------------------------

BDA	= bomb damage assessment	NGFS	= Naval gun support
ECM	= electronic counter measures	OTHT	= over-the-horizon targeting
ESM	= electronic support measures	SEAD	= suppression of enemy air defense
EW	= electronic warfare	SIGINT	= signal intelligence
FLIR	= forward-looking infrared	SPT	= support
IRLS	= infrared line scan	TV	= television

II. UAV 발달사 및 최신 개발 프로그램

무인항공기는 영어로 Unmanned Aerial Vehicle (UAV) 또는 Uninhabited Aerial Vehicle이라 표기되며, 비행제어시스템의 자율성이 특히 강조되기 때문에 지상에서 이기는 하지만 사람의 조종이 위주가 되는 Remotely Piloted Vehicle (RPV), Drone 등과 굳이 구별되기도 한다. 바로 이 UAV라는 용어가 90년대 중반 이후로 세계 항공우주분야에서 새로운 화두로 급부상하였다. 하지만, UAV의 시작은 1930년대 초 세계 1차 대전 중 영국이 사용한 Droned Fairy Queen으로 거슬러 올라가며, 관련 제작기술은 제2차 세계대전, 베트남 전쟁, 한국동란 등 세계적으로 주요한 전쟁들을 경험하며 미국을 중심으로 발전을 거듭하여왔다.

UAV의 용도는 근본적으로 군사용이다. 초기에는 유도무기나 발사체의 표적용으로 활용되어 왔고, 근래에 이르러서 정찰 및 감시용으로 활용되기 시작하였다. 그러한 UAV의 군사적 가치는 특히 90년대에 접어들며 급상승하기 시작하였다. 그 첫째 이유는 구 소련을 중심으로 한 공산체계가 1990년을 전후로 차례로 붕괴됨에 따라 경쟁 상대를 상실한 미국을 비롯한 세계 열강들이 더 이상 국방비에 막대한 예산을 투입할 명분을 상실하였다는 사실이다. 축소된 국방비는 stealth, FLIR 기능 등 막강한 무장과 항공전자장비를 보유한 고가의 B2 폭격기나 F117, F22등의 전투기 개발을 중단시키거나 생산의 감축을 강요하였고 Space Defense Initiative (SDI)와 같은 많은 국방 관련 연구개발 프로그램들을 중단시켰다. 이때 축소된 국방 예산으로도 전시준비성을 유지하고 경제적으로 세계도처에서 발생하는 국지적 전쟁들을 승리로 이끌기 위한 대안의 하나로 부각되기 시작한 것이 바로 UAV였다. UAV의 군사적 목적으로의 효용성을 확신 시켜준 계기는 1991년 발생한 중동의 걸프 전 (Gulf War)이었다. 걸프 전은 미국이 개발한 다양한 첨단 무기들의 시험장이기도 하였는데, 그 중 몇 대 안 되는 UAV들의 활약은 두드러졌다. 이라크 군의 진지를 수시로 그 것도 저고도로 자유롭게 드나들며 수집한 상세한 정

보는 미국을 중심으로 한 연합군의 인력 손실을 최소화하는데 크게 기여하였다. 대당 수억 불에 이르는 B2 전폭기보다 대당 수십만 불에 불과한 무인 정찰기들이 전쟁을 승리로 이끄는 데 이바지 한 공로가 더 높다는 모순된 현실은 미 의회와 국방 예산 확보에 써름을 하던 미 국방부의 관심을 끌어들이기 수밖에 없었다. 더욱이, 발사체 및 유도무기의 표적기로, 또는 정찰 및 감시용으로 사용하여 온 기존의 UAV를 공격용으로 발전시킬 경우 미 국방부로서는 그들이 주장하는 소위 “win-win”과 “zero casualty in wars”의 전략으로 전쟁에 대한 자국 언론의 비난을 회피할 수 있으므로 더 더욱 매력적이었다. 마침 미국의 우방 중에 우방인 이스라엘은 1980년대 일련의 중동전을 통하여 미국으로부터 이전 받은 원초 기술들을 기반으로 무인 정찰기 기술을 이미 실용화하고 있었다. 이스라엘의 IAI사와 미국의 AAI사는 합작을 통하여 IAI사의 ‘Scout’기를 기반으로 마침내 ‘Pioneer’라는 무인 정찰기를 1990년대 중반에 미국 최초로 실전 배치하는데 성공하였다. 이미 미 국방부는 전자전 개념에 UAV를 주요 자원 요소로 설정하고 있으며, 점차 유인 정찰기들을 무인 정찰기로 대체해 가고 있고, 전투용 UAV 등 다각도의 응용을 검토하기 시작하였다.

단순한 기술을 적용하는 무인 표적기를 제외할 경우 역사적으로 UAV는 3가지 형태로 발전하여 왔다. 첫째는 대부분의 UAV와 같이 저고도 또는 중고도 비행을 하는 비교적 소형의 항공기 형태이다. 두 번째는 고고도 비행과 장시간의 체공비행을 할 수 있는 조합 형식이다. 세 번째는 헬리콥터, 도관형 팬 제트, 최신형 로터 등의 원리를 이용함으로써 특별한 발사, 회수 모드를 갖는 형식이다. 다음은 이러한 3가지 형태의 UAV들이 각각 어떻게 발전하여 왔는가에 대한 요약이다.

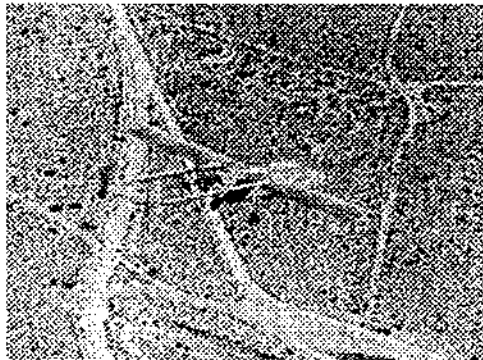
저/중 고도 전술 시스템 (MAE: Medium Altitude Endurance)

저고도 전술 UAV 시스템의 가장 큰 두 가지 장점은 조종사의 생명을 위협 받지 않고 위험지역을 비행할 수 있는 능력과 적으로부터 피격될 위험이 비교적 적다는 것이다. 항공기의 기본 성능이 동일하다고 할 때 사람이 탑승하지 않아도 된다는 것은 비행체를 더 작고 더 튼튼하게 만들 수 있다는 것을 의미한다. 다음은 저/중 고도 주요 전술 시스템의 발달을 연도별로 살펴 본 것이다.

- | | |
|-----------|----------------------------------|
| 1933 | Droned Fairy Queen (영국?) |
| 1964~1975 | Ryan 147 RPV (미국 공군 제100전략정찰비행단) |

- 1973 Chukar (이스라엘이 Yom Kippur전쟁에서 사용)
- 1980년대 Scout, Mastiff (이스라엘)
CL-89, -289 (캐나다 Canadair)
Model 124RE, 324, 350, YBQM-145A
(미국 Teledyne Ryan,
Aeronautical Scarab)
- 1985~1994 Pioneer (이스라엘 IAI, 미국 AAI)

〈그림 1〉 미국 최초로 실전 배치된 AAI사의 MAE급 Pioneer

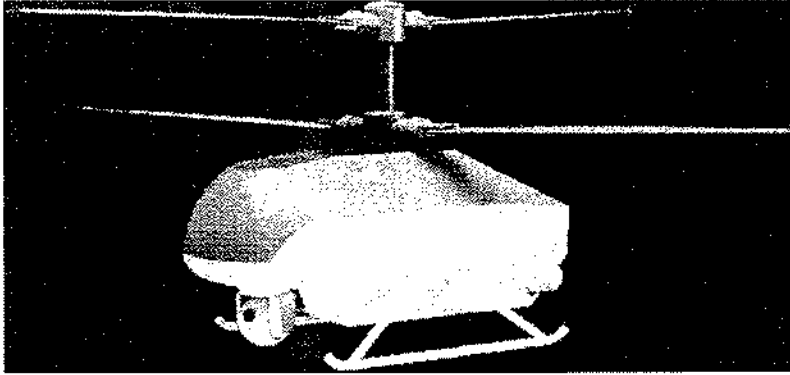


수직 이착륙 시스템 (VTOL: Vertical Take-Off and Landing)

미 해군은 고정익 UAV의 함상운용이 대단히 어렵다는 것을 알게 되었다. 복잡하고도 어려운 발사 및 회수 요구조건을 갖는 것을 충족시키기 위해서 결과적으로 다양한 형태의 회전익 설계형태가 출현하게 되었다. 수직 이착륙 UAV는 최근에 들어와 개발되기 시작하였는데, 그 가장 큰 이유는 기술적 어려움이었다. 다음은 주요 프로그램에 대한 소개이다.

- 1994 CL-227 Sentinel (캐나다 Bombardier사의 함상수직 이착륙시스템: MAVUS)
- 1993 ~ TRUS (미국 틸트 윙/로터 UAV 시스템)
- 1996~2005 Seamos (독일 Dornier GmbH)

〈그림 2〉 독일 Dornier GmbH의 VTOL UAV인Seamos 모델



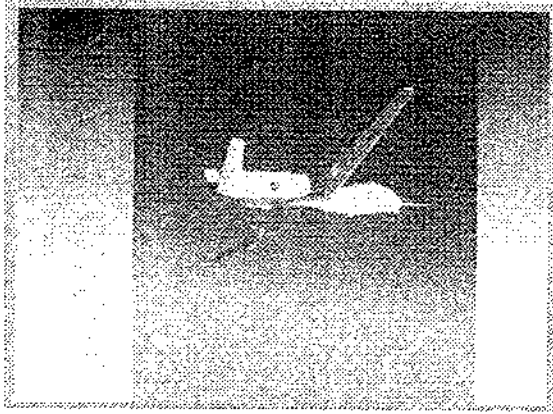
고고도 장시간 체공 시스템 (HAE: High Altitude Endurance)

비교적 높은 고도에서 장시간 비행하기 위해서는 특수한 승무원 장비가 필요하고, 12시간 이상의 장기 비행 시에는 보조승무원이 요구된다. 또한, 승무원 증원에 따른 항공기의 크기와 중량의 변화가 매우 커져야 한다. 따라서 고고도로 장시간 체공할 수 있는 UAV가 요구된다. 다음은 일부 프로그램에 대한 소개이다.

1969~1973	Compass Arrow (Teledyne Ryan)
1970~1977	Compass Cope (Being and Teledyne Ryan)
1986~1991	Condor (Boeing)
1987~	Model 410 (Teledyne Ryan)
1997~	Global Hawk (Teledyne Ryan)

UAV의 최대 고객인 미 국방성은 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)를 통하여 1999년 10월 현재 표1과 같이 UAV 연구개발을 지원하고 있는데, 표1의 총 7개 비교대상 항목 중 MAE, CONV HAE, LO HAE 등은 UAV 분류기준이며, Pioneer, Hunter JT UAV, Hunter shipboard, Maneuver UAV등은 프로그램 이름이다. DARPA는 이들 이외에도 표2의 MAV (Micro Aerial Vehicle) 프로그램 등을 후원하고 있다.

〈그림 3〉 Northrop-Grumman사의 HAE급 RQ-4A Global Hawk



〈그림 4〉 미국 Georgia Tech과 영국 Cambridge Univ.의 MAV급 Entomopter



〈표 1〉 미 국방성 주도 UAV 개발 프로그램

Name	MAE	CONV HAE	LO HAE
Program status	ACTD	ACTD	ACTD
Management agency	PEO(CU)/JT UAV PO	DARPA/UAV PO	DARPA/UAV PO
Mission utility	all-weather RSTA for JTF commander	Broad area coverage, deep RSTA	Broad area coverage, survivable RSTA
Performance			
Altitude, km	1-7.5	18+	14+
Endurance, h	40	32	12+
Radius of action, km	925	5000	1000
Speed, km/h	240	550-700	460+
Propulsion	1 reciprocating engine	turbojet	turbojet
Launch/recovery	runway	runway	runway
Gross T/O weight, kg	851	12,250	3855
Payload weight, kg	205	450-680	363
Payloads			
Sensors	SAR or EO/IR	SAR and EO/IR	SAR or EO
Links	UHF/C-/Ku-band	UHF/C-/Ku-band	UHF/C-/Ku-band
Data rate, Mbps	15(SATCOM) 274(LOS WE CDL)	10-50(WB SATCOM) 137(LOS WB CDL)	1.5 (NB SATCOM)

〈표 1〉 미 국방성 주도 UAV 개발 프로그램 (계속)

Name	Pioneer	Hunter JT UAV	Hunter shipboard	Maneuver UAV
Program status	Fielded	MDAP	MDAP	MDAP
Management agency	PEO(CU)/JT UAV PO	PEO(CU)/JT UAV PO	PEO(CU)/JT UAV PO	PEO(CU)/JT UAV PO
Mission utility	low-cost RSTA For local Commanders(need for OTH RPV)	battlefield RSTA for theater operations (short range rqmt)	RSTA and OTH information for littoral operations(maritized SR rqmt)	Battlefield RSTA for tactical operations (close range rqmt)
Performance				
Altitude, km	3	4.6	4.6	3
Endurance, h	5	10	10	3
Radius of action, km	240	200+	200+	50
Speed, km/h	100-185	185	185	110-140+
Propulsion	1 recip	2 recip	2 recip	TBD
Launch/recovery	runway, net	unimproved area	LHA/LHD	unimproved area
Gross T/O weight, kg	200	725	725	91
Payload weight, kg	30-45	90	90	23+
Payloads				
Sensors	TV, FLIR	EO/IR	EO/IR	EO/IR
Links	C-band	C-band+LOS	C-band+LOS	C-band+LOS

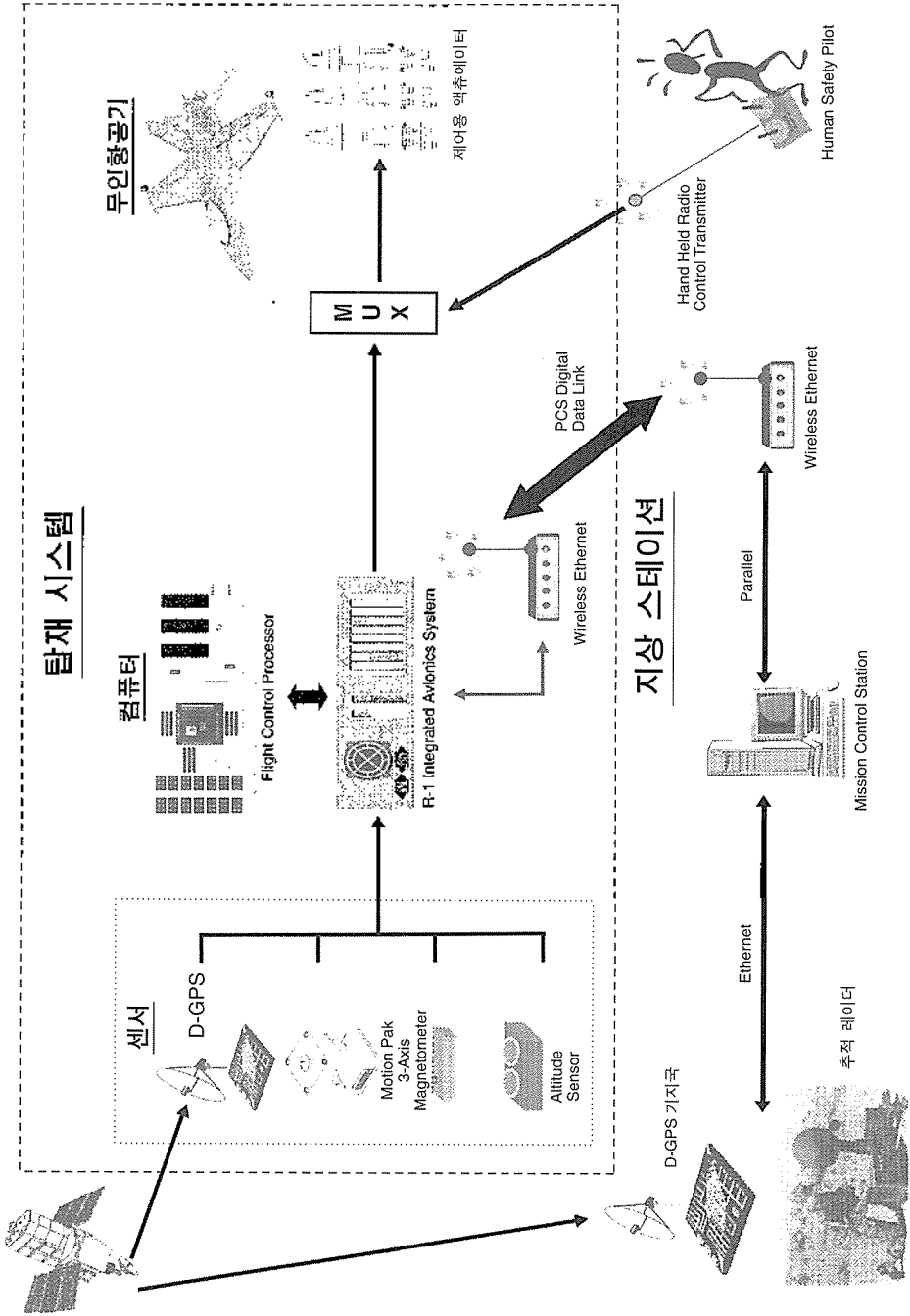
〈표 2〉 미 국방성 후원 MAV 프로그램

	fixed wing		helicopter	flapping-wing
Program name	MicroSTAR			Microbat
Developer	Lockheed Sanders	AeroVironment	Lutronix Corp., Auburn Univ.	AeroVironment, Cal Tech, UCLA
Project year	3.5 yrs (1998. 4 ~) - span: 6 inch - weight: 50g~85g - autopilot: rate gyros, accelerometers.	3.5 yrs (1998. 4 ~) - span: 6 inch - weight: 50g~85g - autopilot: dead-reckoning navigation.	1.5 yrs (1998. 4 ~) - diameter: 6 inch - weight: 300g - autopilot: GPS navigation - monochrome video	1998. 4 ~ - span: 6 inch - weight: 10g - 18 sec endurance - 50 yards range - NiCAD batteries
Specifications	mag.compass, pressure altimeter - monochrome video - 5 km range - payload of 15g	stability augmentation - color video - 1 km range - 15 min endurance - payload of 15g	- electroinc motor or 0.1 hp diesel engine - payload of 100g	- 20 hz flap

III. UAV의 임무와 탑재장비

통상적인 UAV 시스템은 그림 5의 운영개념도에서와 같이 비행체, 발사 시스템, 회수 시스템, 임무계획/관제 스테이션(MPCS: Mission Planning and Control Stations), 데이터 링크, 탑재장비, 전술체계지원(ILS: Integrated Logistics Support)용 부 시스템으로 구성된다. 모듈화된 탑재장비는 정찰, 감시, 표적포착(RSTA: Reconnaissance, Surveillance, and Target Attack), 통신중계(Communication Relay) 등의 지정된 임무를 수행하기 위하여 요구된다. 〈표 3〉 - 〈표 6〉은 미 국방성이 고려하고 있는 각 해당 군에서의 UAV 지원임무를 요약하고 있으며, 〈표 7〉은 이를 위하여 UAV에 탑재되어야 하는 장비들의 연계성을 나타내고 있다. 근래에 이르러는 UAV가 민수용으로도 사용되기 시작하였는데, 대표적인 사례는 산불 감시, 고속도로 교통상황 감시, 파이프라인 감시, 농작물 작황조사, 농약 살포, 무선통신 중계 그리고 지도제작, 환경 오염 측정, DMZ지뢰지도 제작 등의 Geographic Information System (GIS) 응용이다.

〈그림 5〉 무인항공기 운용 개념도



〈표 3〉 육군의 UAV 지원 임무

	RSTA	EW	Comm relay
Air defense artillery	X		X
Aviation	X	X	X
Close combat			
Command and control		X	
Communications		X	
Engineer and mobility	X		
Fire support	X	X	X
Intelligence electronics warfare	X	X	X
Nuclear, biological, chemical	X		
Special operations	X		X

〈표 4〉 해군의 UAV 지원 임무

	RSTA	EW	Comm relay
Operation air support	X	X	X
Assault support	X	X	X
Air reconnaissance	X	X	X
Electronic warfare	X	X	
Air defense	X		X
Air control	X		X
Ground tactical mobility	X		X
Counter mobility	X		X
Close combat	X		X
Fire support	X		X
Command and control	X		X
Intelligence	X		
Security	X		

〈표 6〉 공군의 UAV 지원 임무

	RSTA	EW	Comm relay
Over-the-horizon targeting	X		X
Naval gunfire support	X		
Ship classification	X		
Battle damage assessment	X		
Defensive electronic warfare		X	
Communications/data relay			
Amphibious support	X	X	
Antisubmarine warfare support	X		X
Search and rescue	X		X
Offensive electronic warfare		X	X
Mine defense support	X		X
Meteorological reconnaissance	X		
Nuclear, biological, chemical	X		

〈표 6〉 공군의 UAV 지원 임무

	RSTA	EW	Comm relay
Strategic offense	X	X	X
Strategic defense	X		
Suppression of enemy air defense	X	X	X
Counter air	X		
Close air support	X		
Air interdiction	X		
Special operations	X		X
Airlift	X		
Maritime operations	X		X

〈표 7〉 UAV 탑재장비와 임무 간의 관계

	Passive image generation sensor TV/FLIR/IRLS	Active image generation sensor radars	Special active illuminator sensor laser designator	Passive direction finder SIGINT/ESM receiver	Special purpose payloads MET/NBC/mine detection ASW receiver	EW payloads ECM/decoy	Communications relay voice/data relay
Command and Control							X
Intelligence	X	X		X	X		
Fir SPT/NGFS/OTHT/BDA	X	X	X	X	X		X
Mine defense	X	X			X		
Amphibious SPT	X	X	X	X	X	X	X
Close combat/assault support	X	X	X	X	X	X	
Air defense/air control	X	X		X		X	X
Maneuver/tactical mobility /search and rescue	X	X			X		X
Tactical air SPT/aviation/SEAD/air interdiction	X	X	X	X	X	X	X
Air reconnaissance/counter air	X	X		X	X		X
Electronic warfare				X		X	
ASW support	X	X		X	X		X
Special operations	X			X	X		X

IV. 비행제어시스템의 특성

UAV 비행제어시스템의 특성을 살펴보기 전에 먼저 제반 항공기들의 비행제어시스템의 소프트웨어에 대하여 살펴보자. 현재까지 항공기의 비행제어시스템 설계를 위하여 고전제어기법과 최적제어이론으로 대표되는 현대제어기법들이 무수히 연구되었다. 이러한 기법들은 단일 입출력(SISO) 또는 다변수 입출력(MIMO)의 선형 시불변(linear time-invariant) 시스템으로 표현된 비행기 운동모델을 사용하여 각각 주파수영역(frequency-domain)이나 시간영역(time-domain)에서 제어시스템을 설계한다. 이러한 설계기법은 설계에 앞서 전 비행영역(overall flight envelop)에서 대표적인 비행조건에 대하여 선형화 할 것을 요구한다. 이렇게 설계

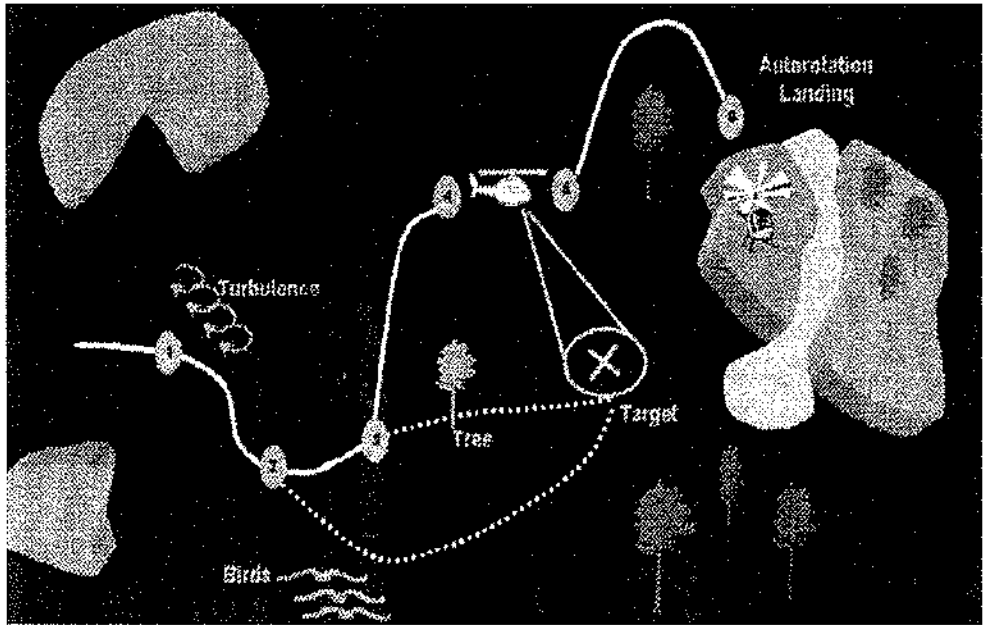
된 제어시스템은 이득계획법(gain scheduling)에 따라 전 비행영역에서 운용될 수 있도록 한다. 하지만 오늘날 높은 받음각에서의 고 기동 비행 및 고속비행 그리고 다양한 임무를 동시에 수행하기를 요구하는 비행제어시스템 설계는 이러한 방법만으로 그 한계를 보이고 있다. 적응제어(adaptive control)는 비행영역의 확대와 기동성의 증대에 따른 모델 불확실성을 보완하기 위해 주로 사용되었으며 컴퓨터의 성능향상에 따라 그 유용성이 증대하고 있다. 하지만 그 이론의 불완전성 때문에 비구조화 불확실성 및 외란에 대해 여전히 성능 저하나 시스템 불안정화가 나타나고 있다. 이러한 문제점을 극복할 수 있는 한 대안으로 지능제어(intelligent control) 이론이 제시되었는데 그 중에서 한 가지가 신경망(neural network) 이론이다. 일반적으로 이 이론은 병렬연산(parallel processing)을 수행하며 일부 통신망 상에 손상이 발생해도 전체 통신망의 성능에 별로 영향이 없으며 불확실성이 있는 복잡한 시스템을 학습을 통하여 통제할 수 있다는 장점을 갖는다. 신경망은 일반적인 비선형 맵핑(nonlinear mapping)을 실현하기 위해 사용되어 질 수 있는데 대표적인 것이 멀티 프셉트론 신경망으로 어떤 연속함수도 원하는 정밀도로 근사할 수 있으며 요구되는 메모리와 계산시간을 절약할 수 있다는 장점을 갖고 있으므로 이를 UH-60A 헬리콥터와 고양각 기동비행을 수행하는 델타 날개형 비행기의 비행제어시스템 설계에 응용되었다. 최근에는 신경망이 순차역모델 제어기로써 제안되었으며 또한 적응제어기(adaptive controller)와 유사한 신경망을 이용하는 학습제어기(learning controller)가 발표되기도 하였다. 또한, 신경망과 적응제어기와의 관계 및 동적 역전파법(dynamic back-propagation)을 포함한 신경망의 적용에 관해서도 발표되었으며, 퍼지이론(fuzzy logic)과 신경망을 함께 사용하여 고정익 항공기의 비행제어 시스템 설계에 적용하기도 하였다. 이러한 연구활동 이외에도 신경망을 이용한 비행제어 시스템 설계 연구가 현재 활발히 진행되고 있는 실정이다.

UAV 비행제어시스템은 근본적으로 유인항공기의 경우와 동일하게 설계될 수 있다. 하지만, 많은 경우에 UAV의 임무와 특성이 유인항공기와 다를 수 있기 때문에 UAV 비행제어시스템 설계를 차별화하게 된다. UAV 비행제어시스템 고유의 특성은 UAV의 유형과 임무에 따라 차이가 있으나, 비행제어시스템의 관점에서 가장 난해한 경우는 <그림 6>에서와 같이 UAV가 사전에 계획된 복잡한 경로를 따라 비행하며 정해진 위치에서 주어진 임무를 수행하고 지정된 착륙지점까지 회항하기까지 전 과정을 비행제어시스템이 관장할 경우이다. <그림 6>과 같은 임무를 수행

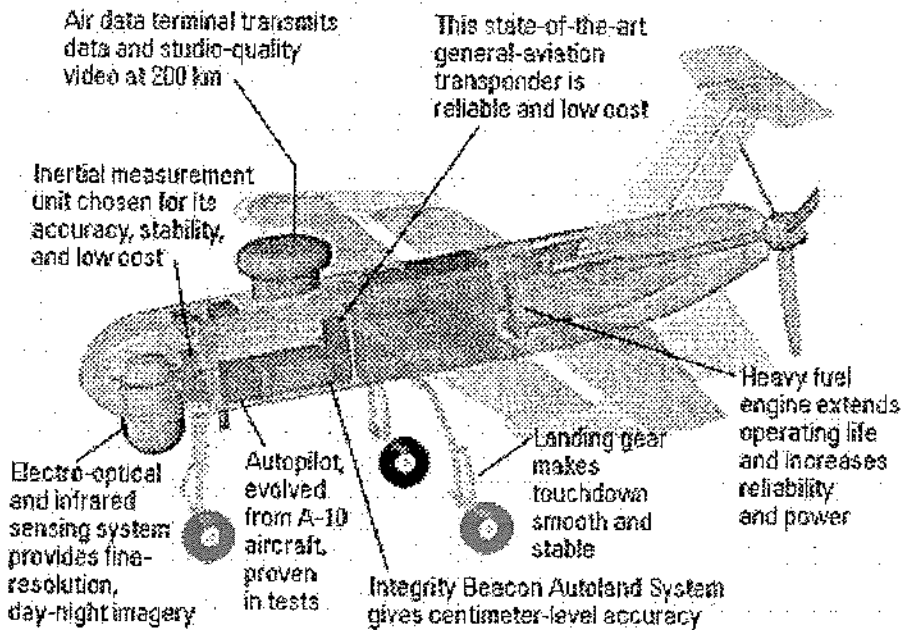
하기 위하여 UAV의 비행제어시스템은 유인항공기에서와는 달리 항공기의 고도와 속도를 일정하게 유지하거나 항법장치의 도움을 받아 사전에 지정된 항로를 따라 비행을 하게 하는 단순한 역할에서 벗어나 탑재 장비, 무선통신계통 등과 밀접하게 작동하여야 한다(그림 7, 8). 또한, UAV는 일반적으로 유인항공기보다 소형이기 때문에 특히, MAV의 경우는 공기역학적으로 공기의 점성 효과를 무시할 수 없으므로 공기역학적인 특성이 다를 수 있으며, 약한 turbulence나 gust와 같은 외란에도 조종이 취약하다. 일반적으로 UAV는 소형이고 제작비용이 상대적으로 저렴하여야 하기 때문에 유인항공기에서 사용하는 무겁고 복잡하며 값비싼 고성능 관성항법장치와 비행제어시스템을 그대로 적용할 수 없다. 이처럼 유인항공기의 경우에 비하여 UAV의 비행제어시스템은 운용 환경이 더욱 열악하며, 임무는 훨씬 복잡하다. UAV 비행제어시스템의 설계에서 유인항공기에서는 달리 특별히 고려해야 할 사항들을 정리하면 다음과 같다:

- 항공기 설계에서 인적 요소를 배제함으로써 기존 유인기에서 불가능한 6g 이상의 급격한 기동이나 12시간 이상의 장기 체공을 가능케 할 수 있다.
- 임무에 따라 Payload, 무선통신체계, 비행운용체계 (Operational Flight Program), 서보 등과의 매우 밀접한 연계가 요구된다.
- UAV의 임무는 작전계획에 따라 수시로 바뀔 수 있으므로 운용 프로그램의 변환이 용이하여야 한다.
- 조종사의 임기응변을 기대할 수 없으므로 Fault-tolerant control의 기능이 특히 강조된다.
- UAV는 소형이고 조종력이 제한되어 있으므로 외란에 매우 강인하여야 한다. 비행 상황에 따라 한 가지 제어 논리가 실패할 경우 다른 논리로의 순간적 변환이 요구될 수 있다.
- UAV의 총 중량, payload, 탑재공간 등이 제한되므로 최소형의 컴퓨터 하드웨어와 부대장비가 요구된다.
- UAV의 임무에 따라서는 비행제어시스템의 제작비용이 상당히 저렴하여야 한다.

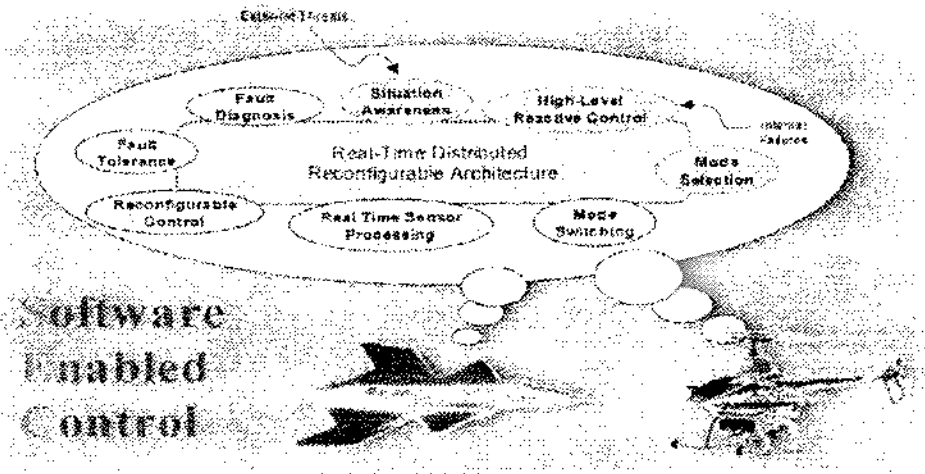
〈그림 6〉 UAV의 전형적인 임무



〈그림 7〉 Outrider UAV의 시스템 구성도



〈그림 8〉 UAV 비행제어시스템의 시스템 구성 예



V. 맺음말

이상과 같이 UAV 전반과 비행제어시스템에 대하여 간략하게 정리하여 보았다. 앞서의 내용에서 살펴보았듯이 UAV의 한 가지 확실한 발전 방향은 바로 비행 로봇화이다. UAV의 비행 로봇화는 군사용으로나 상업용으로 실로 다양한 분야에서 UAV의 활용을 가능케 할 것이다. 비행 로봇화에서 가장 중요한 역할은 비행제어 시스템과 payload인 센서와 서보가 담당하게 된다. 특히, UAV의 비행제어시스템은 유인항공기에서보다 훨씬 열악한 운용환경과 복잡하고 까다로운 임무 수행을 요구한다.

[참고 Web Sites]

- [1] <http://www.cstsales.com/aeroviro.htm>
- [2] http://www.tdyryan.com/04_Programs/Global%20Hawk/Global%20Hawk.html
- [2] <http://www.cbo.gov/showdoc.cfm?index=917&sequence=0&from=7>
- [3] <http://www.edwards.af.mil/pMay98/cover/nasauav.htm>
- [4] <http://www.acc.af.mil/public/library/factsheets/predator.html>
- [5] <http://sun-valley.stanford.edu/users/heli/>
- [6] <http://www.aaicorp.com/pui/>
- [7] <http://uav.ae.gatech.edu/uavrf/>
- [8] <http://web.fie.com/htdoc/fed/afr/sab/any/text/any/afrttech.htm>