

# 스마트무인기 제어전자시스템 개발

스마트무인기가 충돌회피, 고장진단, 자율비행을 수행하는 똑똑한 비행체가 되기 위해서는 제어전자시스템의 역할이 필요하다. 제어전자시스템은 인간의 두뇌에 해당하는 부분으로서 지상관제시스템의 조종사로부터 통신시스템을 통해 비행체의 탑재 컴퓨터가 조종명령을 받아서 조종장치를 통해 비행체를 운용하고 비행체에 탑재된 센서들로부터 비행체의 비행 상태를 모아서 다시 지상관제시스템의 조종자에게 전달하여 비행 상태를 파악하도록 함으로써 비행임무를 수행할 수 있도록 하는 역할을 수행한다. 이 글에서는 스마트무인기에서 개발하고 있는 제어전자시스템에 대하여 간략히 소개를 하고자 한다.

2001년 미국의 아프가니스탄 공격에서 사람이 타지 않은 항공기가 수백km 비행하여 미사일을 발사하고 돌아오는 임무를 성공적으로 수행한 기사가 난 적이 있다. 이는 프레데터(predator)라는 보잉정보기 만큼의 큰 무인기를 미국 공군에서 운용한 결과로서 무인기가 유인기의 역할을 대신할 수 있음을 보여준 사례가 되었다. 21세기에는 무인기가 놀라운 기술 발전을 하고 있으며 이러한 추세에 맞추

어 스마트무인기는 수직이착륙과 고장유무를 스스로 판단할 수 있는 지능형 기술을 항공기에 접목시킨 항공분야의 프론티어 기술을 개발하고자 하는 비행체이다. 일반적인 무인기 시스템에 비하여 신뢰성이 높고 충돌회피와 GPS 항법을 이용한 정밀 유도착륙 기능을 갖는 첨단 기술 개발을 목표로 하고 있다. 이러한 기술들은 제어전자시스템이 있기에 가능한 일이며 이는 그림 1과 같이 관련 하드웨어뿐만 아니라 비

행임무를 수행하기 위한 소프트웨어를 개발하여야 한다.

스마트무인기 제어전자시스템 하드웨어는 디지털비행조종컴퓨터(DFCC), 국부정밀측위장비(LPPS), 위성관성항법장비(DGNS), 충돌회피장치(ACAS), 조종장치(ACT), 대기자료장치(ADS), 전파고도계(RALT)로 구성되어 있다. 무인기 자체가 조종사가 없이 운용되는 비행체이므로 비행체의 탑재전자장비를 제어하고 그 상태를 받고 또 비행

알고리즘을 운용하는 역할이 비행조종컴퓨터이다. 비행조종컴퓨터가 비행체의 조종 명령을 주지만 실제 자세, 위치는 목표로 한 자세 위치와 다를 수 있으므로 위성관성항법장치는 비행체의 실제 자세 및 위치를 측정하고 이 자료를 비행조종컴퓨터로 주어 비행조종컴퓨터의 유도제어 로직에서 이러한 오차를 보상하여 준다. 이에 더 하여 GPS(위성항법시스템) 신호를 받아 자세, 위치 정보를 보상하여 비행조종컴퓨터에 보다 정확한 위치신호자료를 제공한다. 국부정밀측위장비는 우주에 있는 GPS 위성을 지상에 두고(이를 의사위성이라 함) 수신기와와의 거리를 측정하여 자동이착륙에 사용 가능하도록 정밀한 위치 신호를 비행조종컴퓨터에 제공한다. 이는 이착륙지역에서만

사용한다. 무인기 수요가 늘어감에 따라 무인기가 유인기 공역에 진입할 가능성이 커지고 따라서 조종사 없는 무인기는 사전에 충돌을 감지하고 회피기동을 할 수 있는 충돌회피장치가 반드시 필요하다. 작동기는 비행조종컴퓨터의 조종명령에 따라 비행체의 조종면을 구동하는 역할을 수행하고 대기자료장치와 전파고도계는 각각 항공기의 비행속도, 대기온도, 공기흐름각과 고도를 측정해주는 탑재센서이다.

스마트무인기 제어전자시스템 소프트웨어는 비행임무를 달성하기 위한 전체적인 비행 운용 프로그램(operational flight program)으로 비행 및 제어 소프트웨어와 운용 소프트웨어로 분류하고 있다. 비행 및 임무제어 소프트웨어는 비행체가 임무를

수행하기 위한 제어 및 유도 로직으로 구성되어 있으며 운용 소프트웨어는 비행조종컴퓨터와 탑재장비간의 데이터 입출력, 실시간 스케줄링 및 태스크 관리를 수행하여 비행 및 임무제어 소프트웨어를 운용하기 위한 환경을 제공한다. 소프트웨어 또한 하드웨어의 개발일정에 맞추어서 개발을 하고 있으며 개발된 하드웨어와 소프트웨어는 설계 단계마다 설계결과에 따른 성능 해석을 수행하여 설계 근거의 타당성을 검증하고 있으며 개발 후에는 성능 및 환경시험을 통하여 규격서에 적합하지 여부를 판단한 후 비행체에 탑재하여 비행을 수행하게 된다. 앞으로 2단계 연구(2005. 4 ~ 2009. 3)를 통해 비행모델을 개발하여 비행시험을 수행하고 3단계 연구(2009. 4 ~ 2012. 3)에서 충돌회피장치를 장착할 예정이다.

## 제어전자시스템의 구성

디지털비행조종컴퓨터(digital flight control computer)는 자세조종 및 비행제어와 자동비행에 필요한 연산을 수행하는 탑재 컴퓨터로서, 비행기의 생존성과 신뢰성을 높이기 위해 하드웨어 및 소프트웨어적으로 동일하게 2개의 채널로 구성하여 동일한 결과가 생성되어야 하고 그렇지 않으며 결함으로 간주하도록 이중화되어 있으며 실시간 고

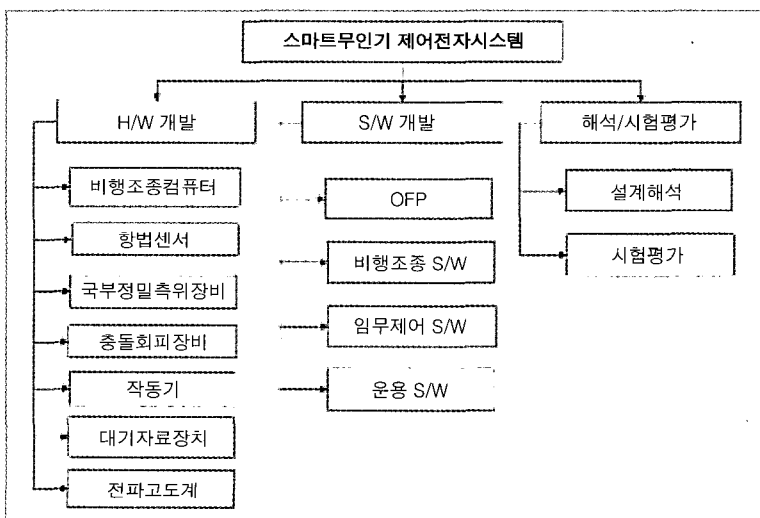


그림 1 스마트무인기 제어전자시스템 구성

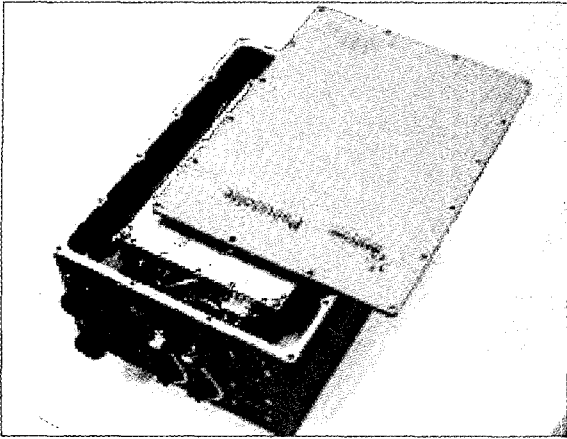


그림 2 의사위성의 외형

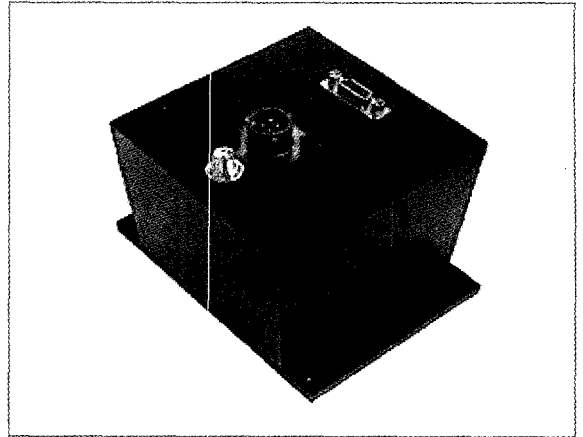


그림 4 위성관성항법장치의 외형

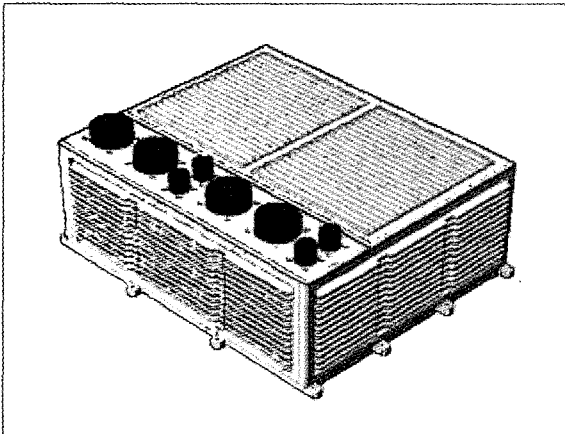


그림 3 디지털비행조종컴퓨터의 외형

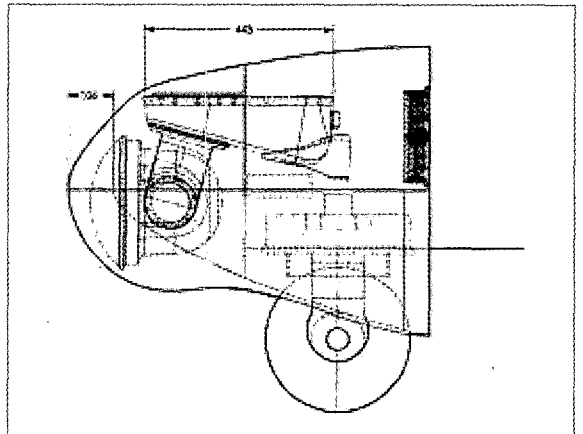


그림 5 총돌회피장치 예상 장착도

장진단(fault diagnosis), 순시 복구(instant recovery) 및 다중화 관리(redundancy management)가 가능하도록 하고 있다. 대부분의 탑재장치와 직렬통신(ARINC-429 및 RS-422)을 하면서 정보를 주고 받고 있다.

국부정밀측위장비(local precision position system)는 자동 이착륙 시에 필요

한 장비로 4개 혹은 5개를 지상의 사각형(10m×10m 정도)의 모서리(5개면 오각형)에 설치한 동기식 의사위성(synchronous pseudolite) 시스템과 비행체에 탑재한 의사위성 수신기간 L1 code를 사용한 통신을 하여 비행체와 지상간의 거리를 정밀 측정한다. 여기서 의사위성이란 우주공간에 있는 GPS 위성을 그대로 지상에 두는 것으로 가까이

있는 만큼 더 정밀한 위치를 제공할 수 있다. 전달된 거리정보를 사용하여 비행체가 정확한 위치에 이착륙하도록 한다.

위성관성항법장치(DGPS/INS)는 비행 시 GPS 신호와 관성항법장치를 동시에 사용하며 관성항법장치 사용 시 비행체의 자세, 위치를 계산하고 GPS 신호로 자세, 위치 누적오차를 보정

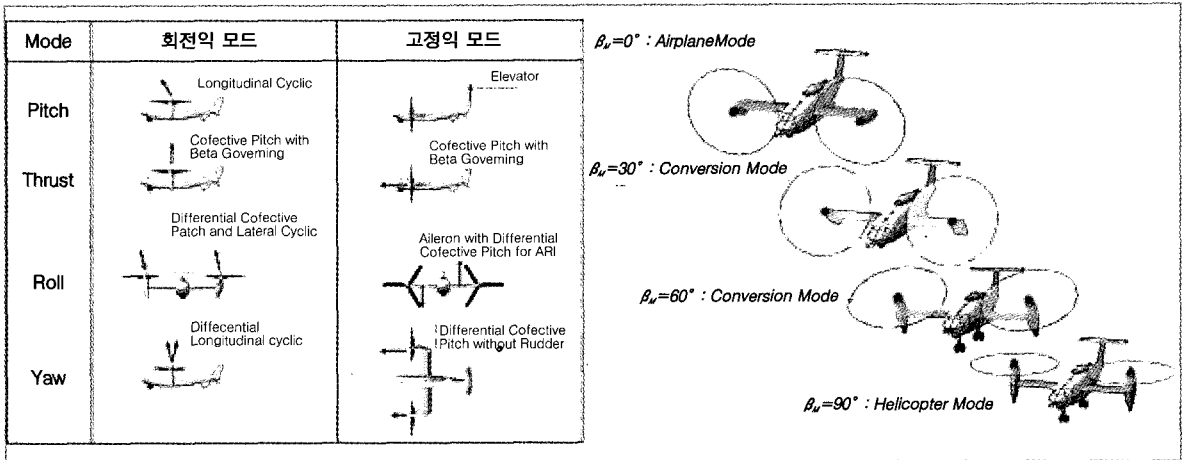


그림 6 스마트무인기 조종장치 운용 및 천이비행 개념

하여 비행조종컴퓨터에 보내주는 장치이다. GPS만 사용 시보다 DGPS(Differential GPS)를 사용하여 더 오차를 줄일 수 있다.

충돌회피장치(Collision avoidance system)는 비행 시 전방에 있는 충돌 예상 물체의 속도, 위치, 각도, 가속도 정보를 탐지하고 비행조종컴퓨터에 제공

하는 기능을 한다. Cooperative(TCAS, ADS-B ; 상대방의 승수신기와 통신해야 함)와 non-cooperative 센서(레이더, 광학센서)로 나뉘는데 눈, 비에 취약한 광학센서보다는 전천후인 Radar를 선호한다. 전방에 충돌 예상 물체가 간파되면 물체의 위치, 속도에 따라 비행조종컴퓨터가 회피기동 알고리즘을 사용하

여 자동으로 항로를 변경하였다가 원래 항로로 되돌아 와야 한다. 충돌회피 요구조건은 상대방 속도가 최대 500km/h이고 우리가 440km/h일 경우 다음과 같다.

- 충돌경보 최소거리/시간 : 3.2km/23sec
- 회피기동 최소거리/시간 : 1.5km/11sec

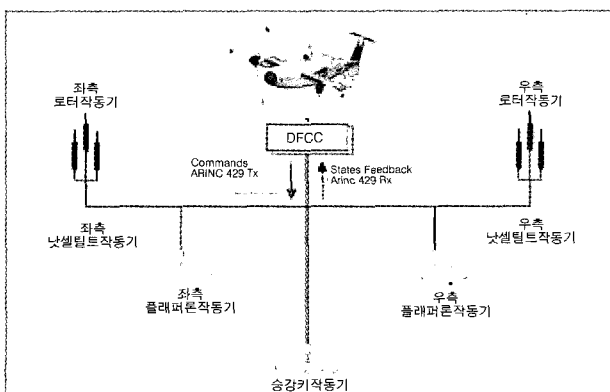


그림 7 조종장치의 구성

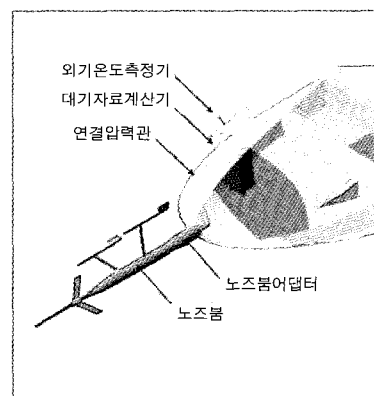


그림 8 대기자료장치

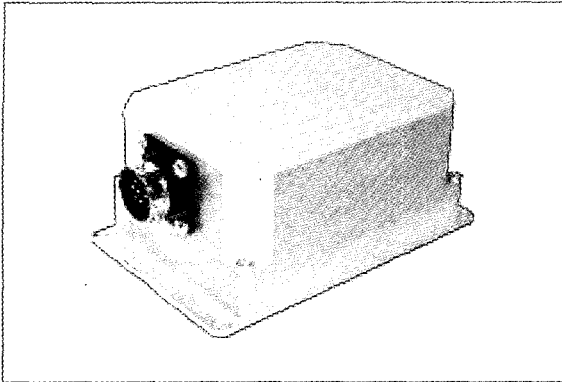


그림 9 전파고도계

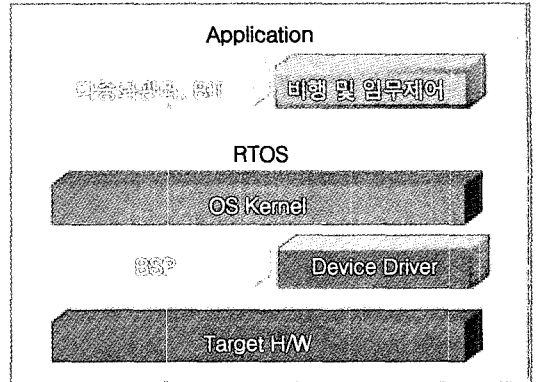


그림 10 운용소프트웨어의 구성

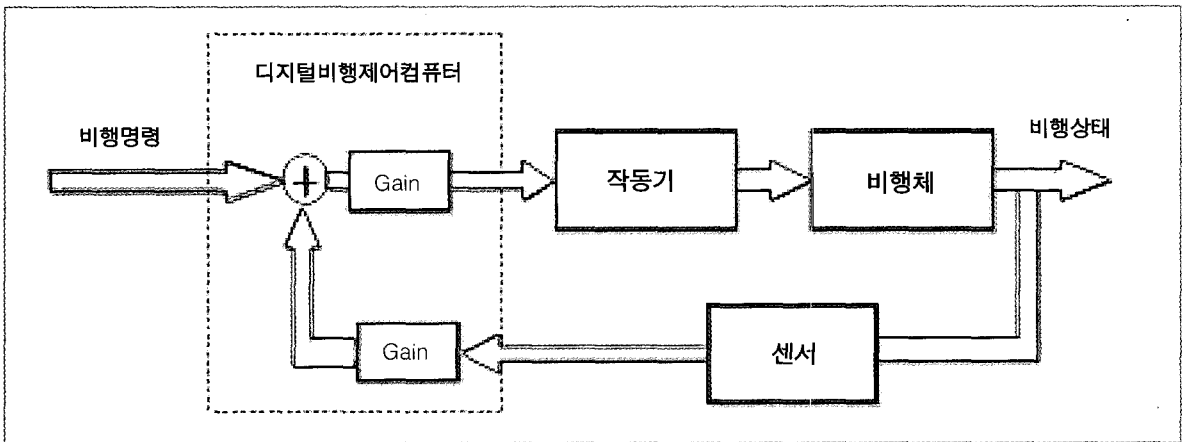


그림 11 비행제어시스템의 블록 다이어그램

조종장치(actuator)는 좌우측 로터, 좌우측 낫셀틸트, 좌우측 플래퍼론, 승강기 작동기로 구성이 되며 로터의 컬렉티브 피치 조종, 사이클릭 피치 조종으로 비행체의 추력조종과 회전익 모드에서의 비행체의 자세를 조종하고 플래퍼론과 승강기 조종으로 비행기 모드에서의 비행체의 자세를 조종하도록 되어 있다. 특히 스마트무인기의 전기식 작동기는 고장여유를 고려하여 이중모터를

채택하고 있다. 그림 6과 같이 천이모드에서는 이들 조종장치를 혼합하여 사용하는 구조로 되어 있다. 일반 항공기와 달리 방향조종은 방향키 대신 좌우측 로터의 컬렉티브 또는 사이클릭 조종의 차이로 구현하고 있다.

대기자료장치(air data system)는 노즈 붐과 외기온도 측정기를 각각 비행체 앞에 위치하여 공기흐름을 측정하여 정압과

동압을 측정하여 압력고도, 비행 속도, 상승 및 하강률, 받음각, 옆미끄러짐 각, 외기온도를 각각 측정하는 센서이다.

전파고도계(radio altimeter)는 국부정밀측위장비와 함께 수직 이착륙시 정밀한 고도값을 얻기 위하여 사용한다. 현재 100m 고도까지 2cm의 정확도를 제공할 수 있다.

다중화 관리는 2중으로 구현되어 있는 비행조종컴퓨터, 위성 관성항법장치, 작동기에 대한 고장과 운용을 관리한다.

## 제어전자 소프트웨어의 구성

비행운용프로그램(operational flight program)은 그림 12와 같이 스마트무인기의 비행운용을 관리하는 소프트웨어로서 비행 제어 및 유도 로직과 비행조종컴퓨터와 탑재체간의 데이터 입출력 및 실시간 태스크 관리를 수행하는 운용 소프트웨어

로 구성된다. 운용 소프트웨어는 실시간 운영 소프트웨어가 사용되며 탑재장비간의 인터페이스를 위한 디바이스 드라이버와 커널로 이루어지며 그 위에 사용자 응용 프로그램인 다중화 관리와 자기진단(BIT : Built-In-Test) 그리고 비행 및 임무제어 소프트웨어가 놓이게 된다. 일반 무인기와 달리 스마트무인기가 갖고 차별된 성능으로는 다중화와 자율

비행 기능을 들 수 있다.

다중화 관리는 2중으로 구현되어 있는 비행조종컴퓨터, 위성관성항법장치, 작동기에 대한 고장과 운용을 관리하여 자기진단은 탑재장비 구성요소에 대한 정상 동작 상태를 확인하는 질의응답으로 이루어져 있다. 일반 여객기의 경우 4중화까지 구현을 하고 있으나 무인기의 임무달성을 위한 신뢰성 확보 방안과 개발비용을 고려하여 2중화 방법은 채택하였으며 이는 주 시스템이 이상이 있으면 부시스템이 백업 수행을 할 수 있도록 하였다.

자율비행기능은 스마트무인기

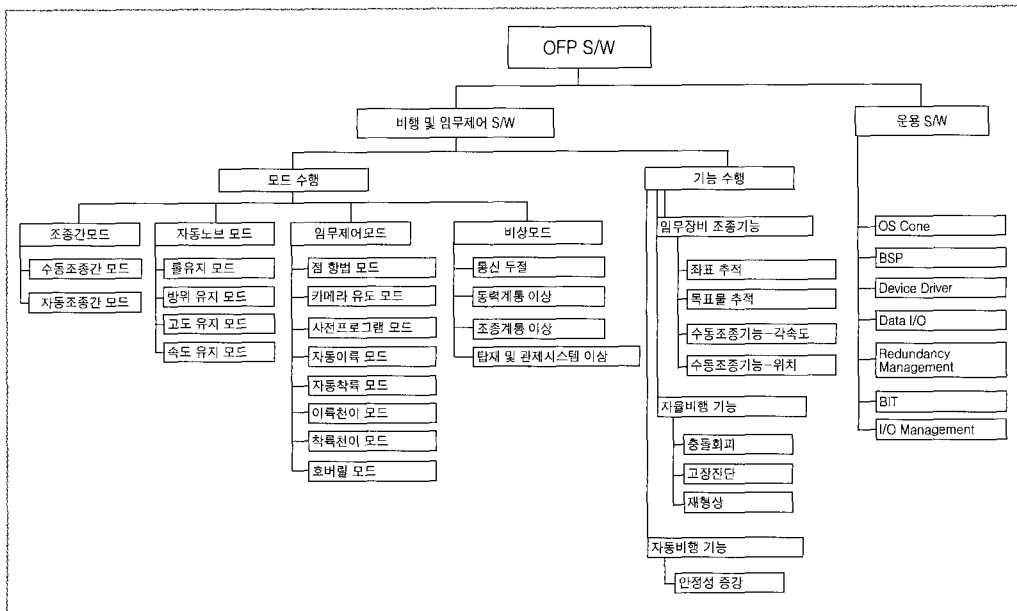


그림 12 비행운용(OFP) 소프트웨어의 구성

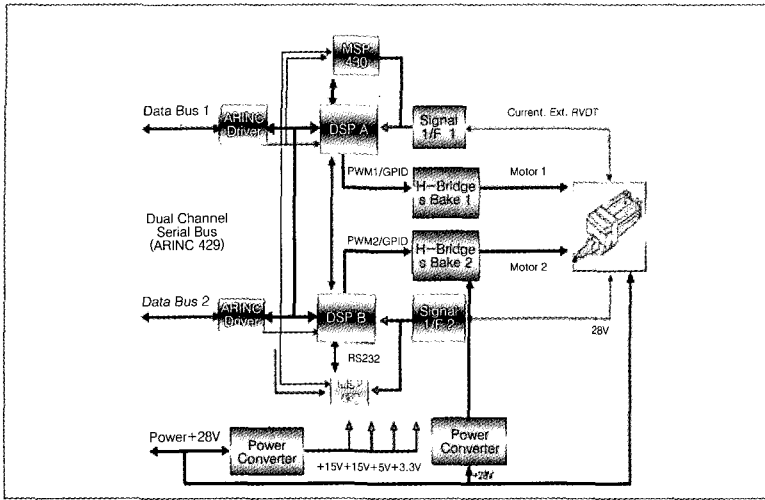


그림 13 작동기 컨트롤러의 다중화 구성

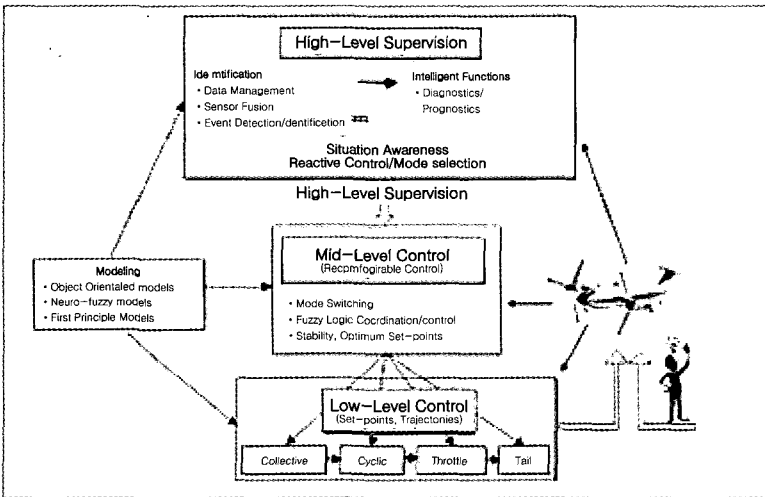


그림 14 자율비행 단계

가 자동조종에 의한 비행임무를 수행함과 더불어 비행체의 비행 상태를 실시간으로 모니터링하여 이상 유무를 판단하고 이를 스스로의 입력된 정보에 따라 판단을 하여 해결토록 하는 기능이다. 이를 위하여 고장진단 기능, 충돌회피기능, 재형상 제어 기능으로 구

성이 되어 있다. 고장진단 기능은 유인기의 경우 조종사가 비행체의 이상 유무를 판단할 수 있지만 무인기의 경우 조종사가 지상에서 관제시스템을 통해 상태를 파악하고 조종명령을 내리게 되므로 통신두절과 같은 비상시에는 적절한 대응이 필요하다. 이를

위해 비행조종컴퓨터에서 고장유무를 판단할 수 있는 기능을 구현하고 고장발생시 적절한 조치를 할 수 있는 운용 로직이 재형상 제어이다. 정상적인 운용 상태에서 설계된 제어로직은 시스템 고장으로 모델이 변화에 따른 새로운 제어 이득값을 설정할 필요가 있는데 이를 지상에서 수행하기에는 늦으므로 비행 운용 중에 제어 구조를 변경해 나가는 기능이다. 최근에는 신경망이론을 이용한 적응제어를 무인 헬기에 구현하여 성공적인 비행을 수행한 사례가 발표되고 있다. 또 하나의 스마트무인기에서 중요한 기능은 무인기가 유인기 비행공역을 비행할 수 있을 정도로 기술적으로 발전을 하였기에 유인기의 비행을 방해하지 않으면서 비행을 할 수 있는 충돌회피에 대한 기능을 갖고 있다. 충돌회피기술을 구현하기 위한 센서로는 시각센서, 초음파, 레이더, 공중충돌회피시스템(TCAS : Traffic Collision Avoidance System), 자동종속감시시스템(ADS-B : Automatic Dependant Surveillance-Broadcasting) 장비들이 사용될 수 있으며 스마트무인기에서는 유무인 공역비행을 고려한 TCAS와 앞으로 위성항행시스템으로 전환을 고려한 ADS-B를 함께 고려하고 있다.

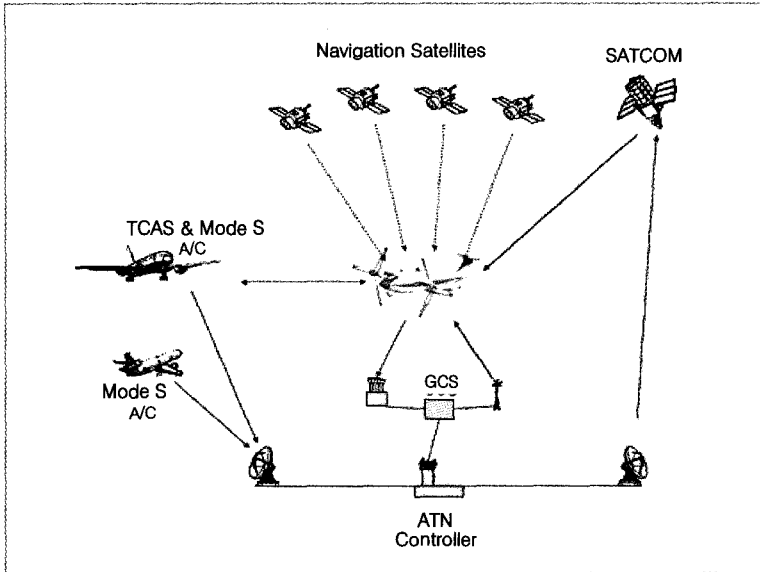


그림 15 유무인 혼합관제

## 기술개발 전망 및 동향

스마트무인기는 오늘날 관심과 수요가 증대되고 있는 무인기를 개발하면서 자동비행뿐만 아니라 스스로 판단하여 위험발생을 대처해 나가는 자율비행을 지향하는 비행체이다. 앞으로 21세기에는 무인 로봇, 무인 자동차, 무인 항공기 등 무인화 기술에 대한 연구개발이 더욱 활발할 것으로

기대된다. 이에 부응하여 스마트 무인기 제어전자 시스템은 무인기 개발기술의 최상위 수준의 기술개발을 추구하고 있으며 이에 따라 국내기술의 연구 역량을 집중하여 단계별로 목표를 달성해 나아가고 있다. 현재 2005년 상설설계를 수행하고 2006년부터 제작·지상 시험을 거치면 2008년에는 비행체에 탑재하여 비행 시험을 수행할 예정으로 있다. 일

차적으로 국내에서 개발을 해 본 적이 없는 회전익 및 고정익 비행이 혼합된 무인기시스템의 자동 비행을 목표로 개발이 진행되고 있으며 이후에는 고장진단, 충돌회피 기능이 포함된 자율비행의 시현을 목표로 하고 있다. 무인기가 유인기의 공역을 비행하는 미래의 기술을 고려할 때 유인기 분야에서 진행되고 있는 미래항행 시스템의 이용도 고려할 수 있다. 이는 지상관 제시스템의 통제를 받고 있는 항공기들이 새로운 항행시스템 하에서는 항공기 내에서도 비행 공역을 비행하는 다른 항공기 비행정보를 파악할 수 있어서 보다 비행의 자율성을 보다 허용하는 Free Flight 계획이 추진되고 있다. 이 때에는 유·무인기의 구별이 점차 없어지고 무인기가 유인기의 공역을 진입하게 되는 일이 빈번해지고 항공기간 실시간으로 비행정보를 주고 받으며 비행을 하게 될 것이다. 이러한 날이 오기까지 무인기 제어전자시스템은 정확성과 신뢰성면에서 더욱 발전을 해나갈 것으로 기대된다.

## 기계용어해설

### 블라스팅(Blasting)

모래, 강 슛, 그릿(grit) 등의 연마재를 첨가한 물 등을 압축공기 혹은 기타의 방법으로 강력 분사하여, 제품이나 재료 표면의 스케일, 녹, 도막 등을 제거하는 방법.

### 역청탄(Bituminous Coal)

휘발분이 많아 점화가 쉽고 매연이 있는 긴 불꽃을 내며 연소하며 보일러의 고체 연료로 널리 쓰이는, 무연탄을 제외한 보통 석탄의 총칭.