



스마트무인기 사업현황과 CFD

SMART UAV DEVELOPMENT PROGRAM STATUS AND CFD

임 철 호, 최 성 욱

스마트무인기기술개발사업단

한국항공우주연구원

1. 스마트무인기 개발사업 현황

스마트 무인기 기술개발사업을 통하여 확보될 스마트 기술 및 틸트로터 기술은 항공 선진국에서도 실용화 실적이 거의 없거나 미미한 최첨단 기술로써, 국내외 23개 산학연 연구기관, 340여명의 연구원이 참여하여 연구개발 업무를 수행하고 있다. 국내외 산학연 연구기관과의 유기적인 연구개발 추진체계 구축을 통하여, 스마트 무인기 개발은 물론 관련 신기술의 산업화와 벤처 창업 등을 지원하고, 선진기술을 보유하고 있는 해외기관과의 국제공동 연구수행을 통하여 핵심기술을 확보함으로써, 2010년 세계 5위권의 무인기 기술 보유국으로 진입하기 위하여 노력하고 있다.

1단계에는 신개념 비행체의 개념연구를 통하여 비행체 형상을 확정하고 개념설계를 끝낸 후, 공기역학 및 구조해석, 컴퓨터 시뮬레이션 및 풍동시험 등을 수행함으로써 기본설계를 완료하여 요구되는 성능의 비행체 형상 및 제원을 확정하였으며, 그 결과를 검증하기 위한 축소형 비행체의 비행시험을 성공적으로 수행하였다. 비행체개발과 함께 항공전자, 통신, 관제 분야의 부체계 개발도 진행되었는데 분야별로 기본설계를 완료함으로써 2005년 3월에 1단계를 성공적으로 종료하였다.

지난 2005년 4월부터 착수한 2단계 1차년도 기간 중 시스템 상세설계를 완료하였으며, 이를 바탕으로 2006년도부터 비행체, 항공전자, 통신, 관제장비 등 각 부체계 구성품의 제작, 조립 및 성능 검증이 수행될 계획이다. 이어서 부체계의 성능검증 및 부체계를 통합한 지상 체계 성능검증이 2008년도에 완료되면 2009년에 비행시험을 수행할 계획이다.



그림 1 스마트무인기 실물모형



그림 2 축소기 비행시험

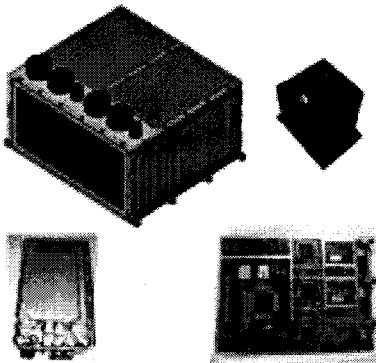


그림 3 항공전자장비

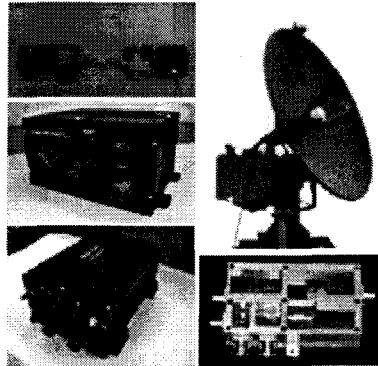


그림 4 통신장비

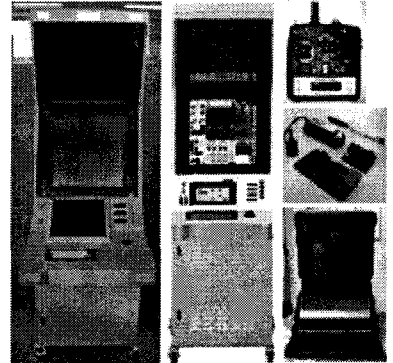


그림 5 관제장비

July, 2002

March, 2012

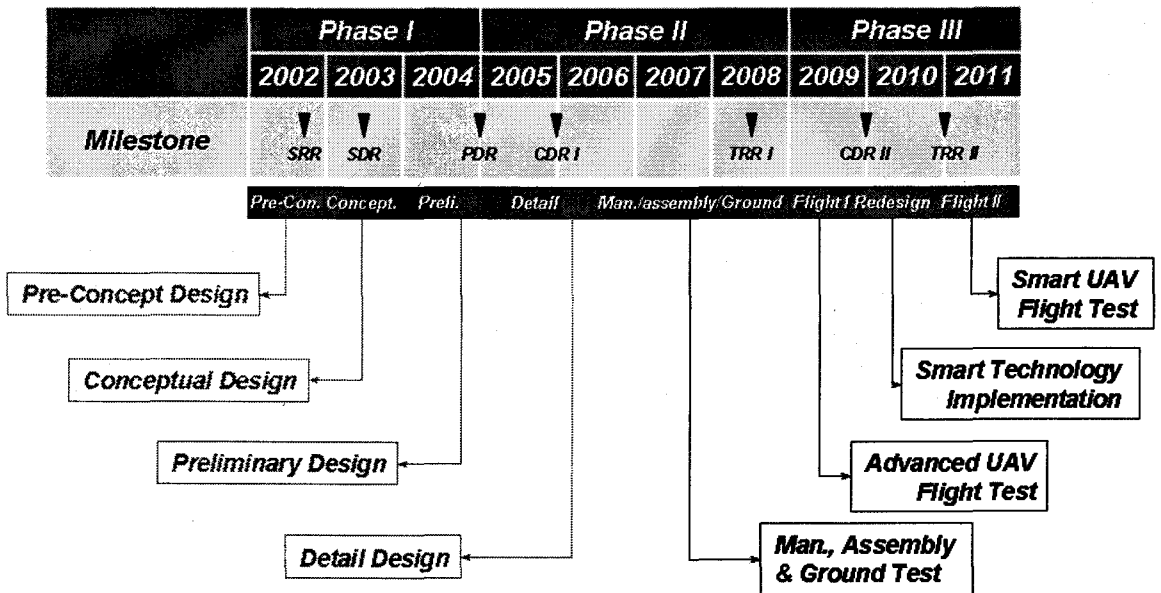


그림 6 스마트무인기 개발사업 주요 수행일정

틸트로터 항공기는 현재 미국에서만 개발 종료단계에 있으므로, 본 사업이 성공하게 되면 세계에서 두 번째로 틸트로터 항공기를 개발한 국가가 되어 기술 한국의 홍보와 함께 세계시장의 선점이 기대된다. 또한 본 사업의 성공을 통하여 확보될 기술을 바탕으로 최근 세계적으로 활발히 연구되고 있는 개인용 항공기 (Personal Air Vehicle : PAV) 개념의 5인승 소형 유인항공기나 50인승급 중소형 항공기 개발을 추진한다면, 머지않아 영화에서 보는 것처럼 개인용 비행기를 타고 출퇴근을 하거나 공항으로 이동할 필요 없이 한 도시의 도심에서 직접 다른 도시의 도심으로 신속하게 이동할 수 있는 교통 혁명의 시대가 올 것으로 기대된다. 틸트로터는 활주로를 필요로 하지 않는 도시형 항공기로서 우리나라처럼 인구 밀집도가 높고 활주로 확보가 어려운 환경에 최적의 항공기로 판단된다.

스마트무인기 기술개발사업이 성공적으로 수행되면 민수/공공/군수 분야에서의 무인기에 대한 직접 수요를 충족시키는 한편, 전자, 통신, 핵심소재 및 부품, 항공운항, 인공지능 등의 분야에 대한 간접적인 기술 파급효과로 막대한 경제적 효과가 기대되며, 항공 분야에서 기술 한국의 위상을 한 단계 높이는 계기가 될 것으로 기대된다.



2. 전산유체역학의 적용

스마트무인기 기술개발사업에서 전산유체역학은 사업초기의 개념연구 단계에서 최근의 상세설계 단계까지 형상설계와 성능해석을 위해 광범위하고 적극적으로 적용되어 왔다. 표 1에서는 본 사업에서 이루어진 전산유체역학의 적용 내용을 보여준다.

표 1 스마트무인기 기술개발사업에서 전산유체역학의 적용

유동해석 항목	계산의 목적
주익 에어포일 유동해석	주익 에어포일 선정
프로펠러 블레이드 공력 DB 구축	프로펠러 공력형상 설계
플래퍼론 후보 형상 유동해석	플래퍼론 공력형상 설계
동체 후보형상 유동해석	동체 공력형상 설계
배기구 유동 계산	엔진 배기구에 의한 열적 영향성 분석 및 형상설계
프로펠러 비정상 유동해석	프로펠러 공력성능 계산 및 비교
전기체 무파워 유동해석	비행체 무파워 공력 DB 구축
전기체 파워 유동해석	비행체 파워 공력 DB 구축
전기체 다운로드 유동해석	호버시 다운로드 예측
파워 풍동시험조건 유동해석	파워 풍동시험 결과의 검증

이 중에서 프로펠러의 성능해석 및 형상설계를 위한 블레이드의 공력DB는 순수 전산유동해석을 통해서 구축되었으며, 기존 유사 에어포일에 대한 시험치와의 비교와 성능해석을 통해 그 정확성이 충분히 검증되었다. 이와 같은 기본적인 공력 DB 구축은 물론이고, 본 사업에서 전산유동해석은 틸트로터 항공기의 로터에 의한 파워 효과 해석에 상당한 노력이 집중되었으며 그 내용은 다음과 같다.

스마트무인기의 파워유동해석

틸트로터 항공기의 프로펠러는 보편적 형태의 고정익항공기의 프로펠러와는 달리 로터의 직경이 상대적으로 커서 비행체 주익의 대부분의 영역이 로터의 후류에 잠기게 되어 이에 따른 로터가 비행체에 미치는 공력적 영향은 무시할 수 없는 양이다. 항공기의 프로펠러가 비행체의 공력에 미치는 영향은 크게 직접적인 요소와 간접적인 요소로 나눌 수 있다.

- 직접적 영향 (Direct Action of Proprotor) : 로터 자체에서 발생하는 추력, 모멘트, H 및 Y 방향 힘이 비행체 전체 공력계수에 부가되어 나타나는 영향.
- 간접적 영향 (Indirect Action of Proprotor) : 로터의 후류(slipstream)가 비행체의 날개, 동체, 미익의 흐름과 상호 작용함으로써 나타나는 공력특성의 변화.

특히, 간접적 영향은 틸트로터 항공기의 경우, 로터의 후류의 면적이 상대적으로 커서 주익과 미익에 미치는 영향이 큼은 물론이고, 로터에서 발생된 후류의 스윙(swirl) 영향이 크게 나타나게 되는데, 이는 날개 끝에 장착된 로터를 날개의 끝단 와동과 반대방향으로 회전시킴으로서 날개의 유도항력을 감소시키는 목적으로 이용될 정도로 그 공력적인 효과가 크다고 할 수 있다. 위의 두 가지 영향 중 로터 자체의 힘에 의한 직접적인 성분은 로터 해석 코드에 의해서 계산이 가능하나, 후류에 의한 간접성분은 로터를 고려한 파워 풍동시험 없이는 정량적인 공력계수의 추출이 어렵다고 알려져 있다. 물론, 최근 전산유체역학과 계산기의 발전에 따라 로터를 포함한 전체 항공기에 대한 해석이 가능하기는 하지만, 아직까지 실제적으로 적용 가능한 공력 데이터 베이스를 생성해 내기는 어려우며, 파워효과에 의한 유동장의 특성변화나 그 경향성만을 파악할 수 있는 상황이라 할 수 있다.

스마트무인기에 대한 파워공력계수 추출 및 이의 분석을 위해서는 다음과 같은 목적을 가진 3가지 형상에 대한 유동해석이 이루어 졌다.

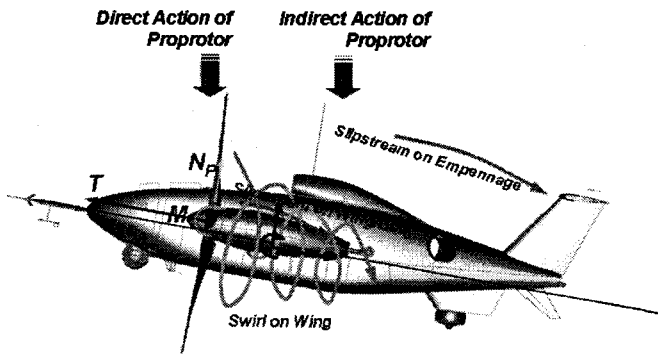


그림 7 틸트로터 항공기 프롭로터의 파워효과

- 1) 독립로터 형상 (Isolated Rotor Configuration) : 나셀과 3개의 블레이드만으로 이루어진 독립로터 형상으로서 비행체에 의한 공력적 간섭이 없는 순수 로터만의 공력성능을 추출.
- 2) 무파워 비행체 형상 (Unpowered Configuration) : 로터가 없는 동체-날개-플랩-나셀-수평미의 형상으로서 로터의 영향이 없는 순수 비행체만의 공력계수를 추출.
- 3) 파워 비행체 형상 (Powered Configuration) : 무파워 비행체 형상에 로터를 부가한 형상으로서 비행체와 로터의 상호간섭이 있는 경우에 대한 로터 및 비행체의 공력계수 추출.

스마트무인기 전기체에 대한 파워 유동해석 조건은 스마트무인기의 비행시나리오를 바탕으로 구성되었으며, 로터에 대한 비정상 유동해석은 각 블레이드 주위를 감싸는 독립적인 격자를 생성하여 이들 블레이드 격자를 주어진 실제의 주어진 회전수로 회전시키는 동적-중첩격자 기법을 적용하였다. 본 계산에서는 독립로터, 무파워 전기체 형상, 그리고 파워 전기체 형상에 대한 해석을 수행함으로써 로터-비행체 상호간의 공력적 간섭효과는 물론 호버 모드에서 로터의 다운워시에 의해 발생하는 다운로드 공력특성이 파악되었다. 본 계산을 통해 스마트무인기의 호버-천아-순항 비행조건에 따른 로터의 회전이 포함된 전기체의 비정상 유동계산의 가능성과 데이터의 엔지니어링 자료로서의 적용성이 확인되었다. 향후 보다 엄밀한 형상 및 다양한 비행조건에 대한 유동해석을 수행하여 파워효과가 고려된 공력데이터 베이스를 구축이 가능할 것이며, 파워 풍동시험에 의해 추출된 공력데이터의 분석과 보정에도 유용하게 적용될 것이다.

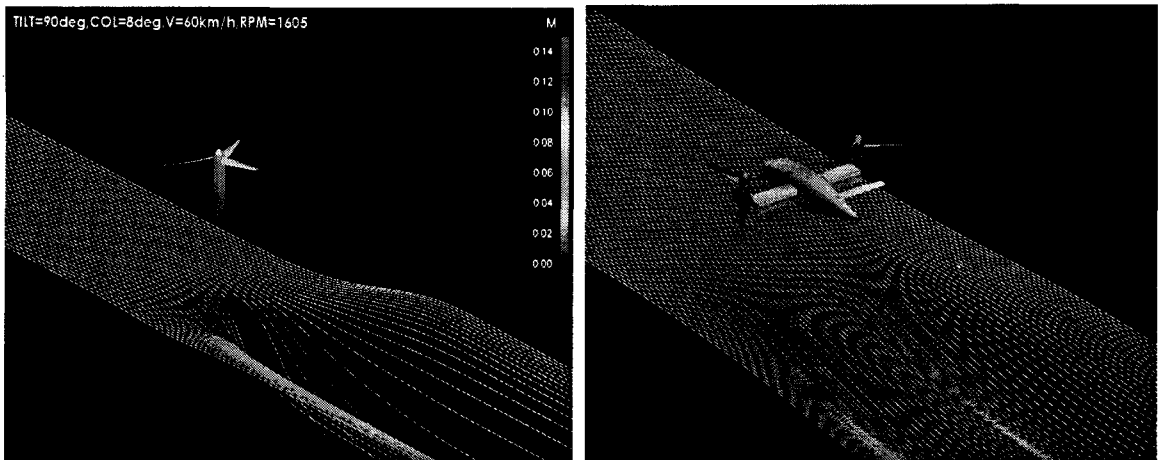


그림 8. 스마트무인기 독립로터 및 전기체 파워유동해석

후 기

본 연구는 산업자원부 지원으로 수행하는 21세기 프론티어 연구사업(스마트무인기기술개발)의 일환으로 수행되었습니다.