



헬리콥터 개발 기술 동향



양 준 호

한국항공우주산업(주) 개발본부 KHP체계담당
junho@koreaaero.com

서울대학교 항공우주공학과 학사
서울대학교 항공우주공학 석사
美 신시네티대학교 항공공학 박사
(현) 한국항공우주산업(주) KHP체계담당
한국항공우주산업(주) 상무보

1. 머리글

항공우주산업은 국가 위상 및 안보와 직결된 핵심 방위산업으로 기계·전자·소재·IT 등 최첨단기술의 집약체로 이루어진 종합시스템산업이다. 또한 고용창출 효과가 크고 개발과정에서 확보되는 핵심기술들은 소재, 전자부품 등과 같은 요소기술 분야에서 환경, 자동차, 조선, 에너지, 정보통신 등 다양한 산업 분야에 응용되는 등 관련 산업의 파급되는 효과가 큰 산업으로서 첨단 산업 육성에 선도적 역할을 하고 있다. 따라서 선진 국가로 발돋움하기 위한 항공우주산업의 중요성은 크게 강조되고 있다.

국내 항공 산업은 '70년대 중반 군용기 창정비로 태동하였으며, 부품생산, 면허생산 등을 통해 생산역량을 구축하는 등 지속적으로 발전을 이루어 왔으나, '90년대 초반까지 업체 간 과잉경쟁으로 인한 중복투자, 개발능력의 분산 지속 등으로 항공 산업 육성 기반인 국가 경제 규모에 비해 상당한 성장 잠재력을 보유하고 있음에도 불구하고 낙후상태가 지속되고 있었다. '90년 중반 이후 핵심 방위산업이자 첨단산업인 항공 산업 육성을 위한 정부차원의 산업구조조정과 지원정책을 통하여, 고정익 분야의 경우에서는 기본훈련기인 KT-1 개발과

T-50 초음속 고등훈련기겸 경공격기의 개발 성공 등 항공기 부품의 설계 및 제작 능력을 상당 부분 확보하여 일정 궤도에 오르고 있다. 회전익기 분야에서는 '70년 중반부터 500MD 조립생산을 기초로 하여 시작하였으며 UH-60, BO-105 기술도입생산, SB427과 SB429 국제 공동개발 단계를 거쳐 현재 한국형 기동헬기 개발을 위한 KHP(Korean Helicopter Program) 사업을 수행 중에 있으며, 이러한 개발과정을 거쳐 향후 민수형 헬리콥터의 독자 개발 기술을 확보할 전망이다.

세계 헬리콥터 시장은 1980년대까지는 주로 군용 헬리콥터 위주로 발전하였으나 냉전 종식과 더불어 헬리콥터 제작사들이 군용에서 민수용으로의 전환에 많은 관심을 기울이게 되었으며, 현재에는 민수용 헬리콥터 수요가 점차 증가 추세를 보이고 있다. 특히, 자동차 교통량의 증가에 따른 산업사회의 물류비용 증가로 인하여 외국에서는 도시 간 교통 대책으로 헬리콥터를 이용하고 있다. 국내에서도 군에서 다수의 군용헬기가 운용 중에 있으며, 민수용의 경우 주로 소방서, 경찰청, 산림청 등 국가 기관이나 언론사의 취재용, 그리고 일부 대기업들의 VIP 수송 등 특정 목적에만 사용되다가 최근 일부 구간에 대한 민간수송 업무에도 이용되고 있다. 이와 같이 헬리콥

터 수요는 도로 사정의 악화 및 국민생활의 향상에 의한 레저산업의 확충에 의해 증가될 것이다. 따라서 국내의 헬리콥터 산업의 발전을 위하여 선진국의 헬리콥터 산업의 현황 및 기술동향을 주시해야 할 것이다.

2. 헬리콥터 개발 개요

2.1 헬리콥터의 특성 및 활용분야

헬리콥터는 항공기 분류상 회전익 항공기를 일컫는 말로서, 고정익 비행기처럼 날개를 통하여 비행에 필요

Advertising/Sales Promotion 광고/판촉 Aerial Recovery 공중구조 Agriculture-general 농업용 Air carrier 공중수송 Ambulance 의료구급용 Athletics(drying playing fields) 체육용 Bank Paper X-ortation 화폐수송 Banner Towing 깃발견인 Crane Work 인양수송 Cargo X-port 적재수송 Charter Taxi Survices 승객전세수송 Circus Work 씨커스 Commuter Air Carrier 통근용 Construction 건설공사용 Conservation 보전관리용 Corporate X-ortation 기업수송용 Cowboys-from copter to horse 말말이 De-icing 얼음 제거 Disaster Supervision 재해감독 Dogs(Hover Hounds) used in police work 경찰 Dusting 청소 Education 교육용 visiting school/colleague 등하교 Executive x-port 귀빈수송 Exploration-gas/oil 석유탐사 Fairs(Advertising) 박람회(광고) Fire Fighting 소화 Personnel x-port 인원수송 Fish Life Studies 어류생태연구 Flight training 비행훈련 Foam Removal 거품제거 Fox hunting 사냥용 Forestry Patrol-general 산림감시 Forest Service(Fire) 산불진화 Frogmen Delivery 수중폭파대 수송 Funeral (spreading ashes) 장례식 Game management 레저용 Geological Survey 지질탐사	Herding (cattle & stock) 목축 Honey Bucket 꿀 수송 Horse racing 경마 Hydro-Electric Surveys 수력발전 탐사 Ice Breaking(patrol) 쇄빙탐사 Industrial Aid Passenger 기업인원수송 Industrial Charter Work 기업 물자수송 Inter-Plant Deliveries 사내물자수송 Law Enforcement-general 경찰 Lighthouse Support 등대지원 Lightship Support 등대선지원 Logging 벌목 Looting-Surveillance 약탈-감시 Mapping 지도제작 Microwave Survey 초단파검사 Mine Sweeping 지뢰제거 Mineral Exploration 광물탐사 Mining support 채굴지원 Missile support 유도탄 지원 Movies & Commercials 영화와 광고 Ocean Salvage 해난구조 Offshore X-ortation 해상유전 인원/화물수송 Oil Drilling 석유시추 Oil Surveying 석유탐사 Painting(spraying) 도장작업 Pipe Line Construction 송유관건설 Pipe Line Surveys 송유관탐사 Patrolling 순찰 Powerlines, cable, pipeline 송전선: 전선, 송유관 Plant Location Surveys 공장 입지조사 Poaching Patrol 밀렵 감시 Political Campaigning 선거유세 Pollution Detection/Monitoring 공해감시 Power Line Control 송전선 관리 Private(Personal use)X-ortation 자가용 Prospecting 광산 시굴 Radio Broadcasting 방송용 Railway Patrol 철로 순찰	Ranching 목장관리 Herding cattle 가축호송 check Fencing 울타리 점검 Real Estate Evaluation 부동산 평가 Rescue 구조 Ribbon Cutting 테이프절단 Right-of Way Spraying 도로표시 Road Building Work 도로건설 Road Surveys 도로 조사 Santa Claus Drops 성탄행사 Scheduled Airlines 정기항로 Scheduled Air Taxi 정기항로 전세운송 School Bus 통학용 Seeding 파종 Sightseeing 관광 Skiing 스키(리프트 대응) Sky Patrol 공중정찰 Smuggling Patrol 밀수 감시 Snow Removal 제설 Snow Surveys 눈 탐사 Shipping, Maritime 항해 Spraying 농약살포 Snooding 그물치기 Stringing Wire/Cable 연선작업 Survey Work 탐사작업 Tagging Moose 큰사슴 몰이 Television Survey 전화선 조사 Television Programs TV 프로그램 제작 Television Antenna Sales Timber surveys 삼림조사 Traffic Control/Supervision 교통관리/감독 Traffic police 교통정리 Traffic surveys 교통조사 Transfer, Aerial 항공기 환송 Trucking Industry support 화물산업지원 Survey & repairs 조사 및 수리 Utility Service 운송사업 Water skiing 수상스키 Wildlife surveys/Preservation 야생생활조사/보존
---	--	--

▲ 표 1 헬리콥터의 용도



한 양력을 얻는 것이 아니라 회전하는 날개 즉 블레이드(Blade)를 회전시켜 발생하는 힘을 이용하여 비행하는 항공기로서 로터 크래프트(Rotorcraft)라고도 불려진다. 헬리콥터의 가장 큰 특징은 수직 이착륙이 가능하며, 공중에서의 비행 형태도 제자리 비행, 상승, 하강, 전진, 후진, 좌우 비행 등 방향에 관계없이 비행이 가능하다는 점을 들 수 있다.

헬리콥터는 구성하는 여러 시스템 중에서 고정익 항공기와 가장 큰 차이점으로 볼 수 있는 시스템은 로터계통(Rotor System)과 동력전달계통(Drive System)이 있다. 블레이드와 허브/조종(Hub/Control)으로 구성된 로터계통은 주로터 블레이드를 회전시켜 발생하는 비행에 필요한 양력을 얻는 주로터(Main Rotor)와 주회전날개가 회전됨으로 인한 반작용으로 헬리콥터가 반대방향으로 돌아가려는 힘, 즉 토크(Torque)를 상쇄시키는 꼬리 로터(Tail Rotor)로 구성되며, 동력전달계통은 헬리콥터에 장착된 엔진으로부터의 동력을 로터계통에 전달하는 구동축과 기어박스(Gear-box)로 구성된다. 또한 고정익 항공기와 달리 스킵드(Skid)와 같은 착륙장치를 적용하는 경우도 많다는 것도 또 다른 특징이다.

헬리콥터는 수직이착륙이 가능하고 공중정지비행을 할 수 있기 때문에 일반 고정익 항공기가 할 수 없는 임무를 수행할 수 있는 장점을 가지고 있다. 정찰, 지휘 및 통제, 병력 수송, 탐색 및 구조, 대기감, 대잠, 대함 등 군용의 모든 분야에서 필수 무기체계가 되었으며, 민수부문에 소방, 치안, 수송, 응급, 레저 등 활용범위는 광범위하게 운용하고 있다. [표 1]은 헬리콥터의 다양한 용도를 보여준다.

2.2 헬리콥터 개발 절차

헬리콥터의 개발 절차를 단계별로 살펴보면, 요구도 설정, 설계, 시제작 및 시험평가 단계로 크게 구분할 수 있다.

요구도 설정 단계에서는, 수요자가 임무목적에 부합되는 헬기의 운용특성과 성능목표를 설정하여 속도, 고도 등의 기본 비행성능, 전천후 비행 또는 지상근접비행

등의 특수 비행성능, 생존 장비 및 무장능력 등의 설계 요구조건이 제시된다.

설계단계에서는 요구도 설정 단계에서 수립된 설계 요구조건에 따라 설계가 수행되게 되며, 일반적으로 개념설계, 기본설계, 상세설계로 나누어진다. 항공기 설계 과정은 경제성과 안정성을 비롯한 복잡하고도 까다로운 요구도를 가장 효과적으로 충족시키는 과정으로, 항공기의 요구사항을 반영하여 설계를 수행하고, 설계 결과에 대한 해석을 통해 요구사항을 만족하는지를 파악하여 필요시 요구도를 수정하고 요구사항을 만족할 때까지 지속적으로 설계, 해석과정을 반복한다. 이런 설계/해석의 반복과정을 거치며 항공기 요구도에 대한 충족도가 높아지고 설계수준이 상세화되어 간다.

우선, 개념설계는 항공기의 형상, 크기, 중량, 목표 성능에 대한 주요한 결정들이 이루어지는 단계로서 설정된 수요자의 요구도 각 항목의 의미가 무엇인가를 분석하고, 이를 만족하기 위해 요구되는 기능이 무엇인가를 파악하며, 서로의 상관관계를 규정하게 된다. 또한, 현재 또는 곧 출현될 신기술의 기술적 구현 가능성을 기술적으로 검토하게 된다.

요구도 분석 및 요구 성능 만족도 분석은 초기 개념형상 설계의 시작과 끝으로써 초기 개념형상 결정에 지대한 영향을 미치며, 개발과정에서 인식하지 못해 놓치거나 간과된 요구사항들은 추후 막대한 비용을 초래할 수 있으므로 개발 초기부터 정확한 요구도 분석 및 관리를 필요로 한다. 이를 위해 시스템 엔지니어링 프로세스를 적용하여 수요자의 요구도와 성능, 비용의 최적화가 반영된 제품을 만들어 내는 기술적 분석 및 관리활동을 수행하게 된다. 또한, 개념설계 단계에서는 설계 총중량 초기예측으로부터 출발하여 추세분석과 형상변수 분석 방법을 이용하여 몇 가지 후보형상을 개략적으로 설계하여 주요 성능 검증 및 최적의 형상개념을 선정하고, 초기 개념형상 사이징이 완료된 데이터를 이용하여 성능해석을 수행한다. 동시에 제작 방법과, 개발비용 및 양산단가를 검토하여 유사 기종과의 경쟁력에 대한 분석도 수행한다.

기본설계 단계의 설계업무는 초기 개념형상을 전제로 이를 구체화, 상세화하면서 검증하는 단계로 궁극적으로는 항공기 형상이 확정되게 된다. 이를 위해 기본설계 단계에서는 요구조건을 더욱 구체적으로 세분화하여, 임무성능을 최적화하기 위한 상쇄연구(Trade-off study)를 수행하게 된다. 항공기의 설계 변수들은 아주 복잡한 상호관계를 가지고 있으므로 한 분야에서 제기한 설계 변경 안이 다른 분야의 요구와 상충하는 경우가 대부분이며, 이는 각 설계 분야별로도 강조하고자 하는 목표가 다름에서 기인하게 된다. 다양한 전문기술 분야 사람들의 참여가 요구되는 항공기 설계가 각자의 최선의 노력만으로 이루어지는 것이 아니라 각자의 노력들을 타협하는 또 하나의 노력이 병행되어야 최적의 항공기 설계가 완성되는 것이다. 따라서 각 설계 분야에 대한 전문성을 최대한 살리면서 전체적으로 균형 있는 설계로 이루어 가는 설계 통합(Design Integration)의 노력과 합리적인 의사결정을 필요로 하게 된다.

기본설계 단계를 수행하면서 헬기의 형상을 구체화하고, 주요 구조물의 하중 및 응력해석을 통해 주요 기체구조를 결정하게 되며, 헬기 기체 내에 설치될 엔진, 동력전달계통(트랜스미션), 로터계통, 착륙장치, 비행조종계통, 무장계통, 연료계통, 환경제어계통 등 각계통의 기능별 개념설계를 거쳐, 구성품별 위치와 공간을 할당하고 이들의 연결구조와 회로 및 제작방법을 결정하게 된다. 이런 과정을 통하여 기본설계 단계에서는 각계통의 절충설계를 거쳐 모든 계통의 사양과 배치형상

이 결정되고, 헬기의 형상을 확정하게 된다. 그리고 각 부품별 자체 제작 또는 외주 제작을 결정하고, 제작준비를 위한 치공구 개념설계를 수행한다. [그림 1]은 요구도 수립에서 형상 확정까지의 과정을 나타낸다.

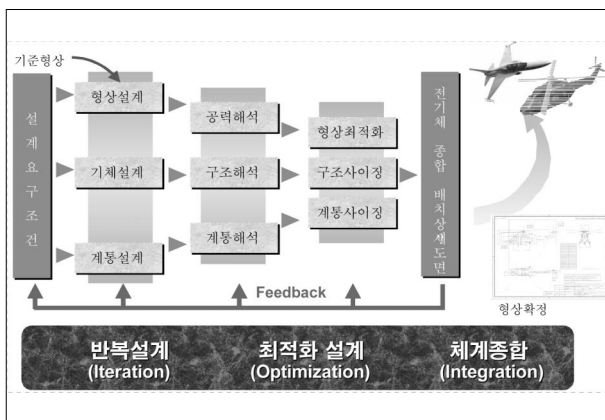
상세설계 단계에서는 헬기의 모든 세부사양이 확정되고 모든 부품의 설계가 완료되어 항공기 실물을 직접 제작하기 위한 실제 도면을 작성하는 시기이다. 기본설계 단계를 통해 성숙된 구조물과 계통장비들에 대한 설계는 최종적으로 세밀하게 다듬어져 최종 승인도면이 제작부서나 관련 기관에 공식 배포되어 실제 파트들이 제작되게 된다. 설계의 세밀화가 진행되면서 이제까지 드러나지 않았던 문제를 해결하기 위해 부분적으로 설계 변경도 이루어지게 된다. 아울러 모든 도면들이 다 작성된 후 제작에 들어가는 것이 아니므로, 실제 많은 기간들이 항공기 제작과 병행하여 진행되며, 최종 확정된 헬기 형상에 대한 설계검증을 위해 높은 정밀도의 전산 프로그램을 이용한 세부해석 수행과 각 계통별 검증 시험도 계속된다.

설계단계를 거쳐 형상이 확정된 새로운 헬기는 실제 파트들의 제작과 최종조립을 통해 시제기가 제작되며 지상시험과 비행시험을 통해 강도와 성능을 평가하고, 감항인증, 규격화 과정을 수행함으로써 개발이 완성된다.

3. 헬리콥터 기술 동향

3.1 헬리콥터 산업 발전 과정

헬리콥터는 한국전, 베트남전을 통한 수직이착륙, 고속 수송의 필요성에 따라 대량생산이 이루어지면서 산업화되었으며, 현재 저소음/복합재 추세의 기술 개발 단계를 지나고 있다. 세계 헬기산업의 발전과정은 4단계로 나누어 보면, 1단계는 피스톤헬기시대('50년대)로 한국전의 소요발생에 따른 기술개발로 로터길이 축소와 로터계통의 안정화를 이루었다. 2단계는 터빈헬기시대('60~'70년대)로 베트남전에 따라 수요가 증가했고, 동체 크기가 커지고 출력이 향상되면서 최대속도가 증가되었다. 3단계는 항공전자 시대('80년대)이다. 전자기술의 향상으로 조종성과 안정성이 획기적으로 향상되었으며 복합소재의 사용도 증가하였다. 4단계('90년



▲ 그림 1 항공기 설계과정



▲ 그림 2. 세계 헬기산업의 발전과정

대~현재)는 소음을 줄이기 위한 연구가 활성화되고 복합재 적용으로 중량감소를 통한 경량화 시대로 효율을 향상시키고 있다.

3.2 헬리콥터 기술의 특성

헬리콥터는 다른 운송수단과는 달리 지상을 떠나 공간으로 이동할 뿐만 아니라 공간 정지성, 비행고도가 고정적이고 달리 지상과 가까운 관계로 풍향, 강우, 강설 등 환경에 대한 높은 의존성으로 인해 고도의 신뢰성과 안전성이 요구되는 제품특성을 지니고 있다. 또한, 헬리콥터 개발 기술은 일반적인 항공 산업의 특징의 하나인 기술혁신 속도가 매우 빠른 기술집약적 첨단산업으로, 각종 수요증가에 대응하기 위한 신기술의 개발이 가속화되고 있다.

신기술 개발의 주된 요인은 소득수준 향상과 산업구조 고도화에 따른 전반적 수요 증대, 부존자원의 고갈에 따른 저연비, 고효율의 엔진 개발 필요성, 안전성 향상과 경제성 제고를 위한 전산시스템화와 경량화 필요 등 여러 가지 필요성에 따라 지속적으로 발전해가고 있으며, 각종 첨단 항법/생존 장비의 장착, 고기동성 및 은닉성(Stealth)과 같은 군사적 목적에 의해서도 여러 신기술이 개발되어 채택되고 있다. 또한, 초경량 복합소재의

적용 확대와 헬리콥터의 구조적인 문제점인 소음문제를 해결하기 위해 NOTAR 등의 기술이 도입되는 등 헬기 기술 선진국은 국가적 역량을 총결집하여 세계 최고 수준의 기술경쟁력을 유지하고자 경쟁하고 있다.

군용헬기의 경우, 미래 전장에서의 군용 헬기체계 운용개념은 정보전, 전천후 정밀 타격전, 동시통합전투, 특수임무지원 등으로 다양화될 것으로 예상되며 고가장비의 개발/탑재에 따른 개발비용 및 운용/유지비용이 증가할 것으로 예상된다. 따라서 군용헬기는 개발 및 운용 유지비용 증가의 억제를 위해 다양한 임무장비 장착 가능설계를 통한 임무효과도 극대화, 효과적인 운용체계 수립, 체계공학/특수공학 기법의 적용, 기존장비 수명연장 및 기존체계 성능개량, 공통 부품 적용을 통한 상호 운용성 향상, 표준화를 통한 호환성 증대를 통한 비용 상승 억제, 다양한 임무의 수행이 가능한 기체 개발로 체계를 단순화시켜 나가고 있다.

민수용 헬기는 승객의 안락감 및 환경소음 억제를 위해 능동적 구조진동억제 기술, 기내 및 환경소음 저감기술을 적용하며, Glass Cockpit, 통합디지털 엔진제어(FADEC, Full Authority Digital Engine Control), FBW(Fly-By-Wire) 등과 같은 군용 헬리콥터 개발시 확보된 기술

을 활용하고 있다.

3.3 헬리콥터 산업현황

3.3.1 국내 산업현황

국내 헬기산업은 500MD, UH-60, KLH (BO-105) 헬기 면허생산사업 등을 통해 헬기 제작/생산기술을 확보하였으며, FLIR 사업을 통해 군용화 개량개발 능력과 쌍발 경헬기 (SB427) 국제공동개발의 개념설계 단계부터 제작, 인증 및 수출 감항증명 획득까지 민수헬기 전 개발 분야에 참여하여 민수 헬기의 설계/개발 기술 및 시험평가 기술을 확보하는 등 헬기 선진기술 습득이 끊이지 않게 지속되어 왔고, 꾸준히 독자헬기를 개발할 수 있는 인프라를 조성해 왔다. 이를 토대로 군용 기동헬기 개발을 위해 '06년 6월부터 한국형 기동헬기 개발 사업 (Korean Helicopter Program)이 착수되었으며, 현재 체계 요구도검토 (SRR, System Requirement Review)와 체계 설계검토 (SDR, System Design Review) 단계를 완료하고 외부형상 확정을 위한 기본설계를 수행 중에 있다. 국내에서 수행된 주요 헬리콥터 개발 사업을 정리해 보면 [표 1]과 같다.

사업명	사업기간	주관기관	
- 해상작전 헬리콥터(Super Lynx) 절충교역 기술이전 프로그램	1998~2000	한국항공우주연구원	
- 헬리콥터용 힌지없는 허브시스템 핵심기술 선행연구	2000~2003		
- BELL 212/412 동체 제작사업	1987~1996	한국항공우주산업(주)	
- 다목적 무인 헬기(ARCH-50) 개발사업	1992~1997		
- BK-117 헬리콥터 사업	1992~1995		
- SB-427 국제공동개발	1996~1999		
- KLH(Bo-105)조립 사업	1998~1999		
- FLIR 장착 개발 사업	2000~2003		
- 민수용 쌍발 경헬기 429 개발사업	2004~2007		
- 한국형헬기 개발사업(KHP)	2006~2012		
- 500MD 헬리콥터 제작사업	1976~1988		(주)대한항공
- UH-60P 헬리콥터 제작사업	1990~1999		

(자료: "국내 헬리콥터 기술현황" 국제항공우주테크노마트 2001)

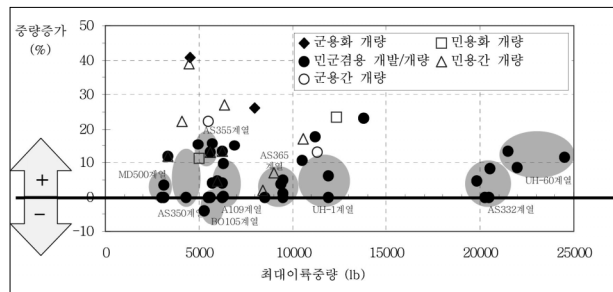
▲ 표 1 국내 헬리콥터 개발 사업

3.3.2 국외 산업현황

세계 헬리콥터 산업은 '90년대 냉전체제 붕괴에 따른

군용수요의 침체를 극복하기 위해 항공사간의 통폐합을 통해 경쟁력을 강화시키고 있으며, 관련 시장의 위축을 극복하고자 90년대 후반부터는 첨단기술을 채택한 신기종 개발을 추진하며, RAH-66 (Boeing/Sikorsky), V-22 (Bell/Boeing), NH90 (Eurocopter/Agusta), BK117 (Eurocopter/KHI), EC120 (Eurocopter/CATIC) 등의 예와 같이 선진국간, 선진/후발국간 공동개발을 통하여 개발비를 절감, 개발위험 분담, 시장 확대 등 전략적 제휴를 추진하고 있다.

또한 개조개량 개발을 포함한 민·군겸용성을 극대화하는 개발을 추진하여 '00년 중반부터 시장규모가 지속적으로 증가하고 있으며, 민수헬기의 경우 '90년대 중반이후 세계경제 성장과 안전성 요구증가로 쌍발헬기를 중심으로 성장세를 견지하고 있다. 헬리콥터 산업은 본래 군수에서 민수로 발전된 전형적인 산업으로 관련 기술의 민·군 겸용기술(Dual-Use Technology) 분야 및 활용분야가 매우 커서 군용으로 개발된 기술의 대부분은 상용화가 가능하다. 헬기 자체의 민수 및 군수용으로서 동시 이용뿐만 아니라 민수 헬기의 무장 장착 등의 개발을 통해 군수로의 전환이 용이하며, 개발단계에서부터 민, 군용 헬기로의 동시 개발도 가능하다. 아래 [그림 3]은 헬기의 민, 군 겸용 특성을 확인 할 수 있는 좋은 사례를 보여준다.



▲ 그림 3 세계 헬기의 개량개발 사례

3.4 헬리콥터 기술개발 동향

일반적으로 항공기 체계는 각각 고유의 기능을 갖는 많은 구성품이 모여서 하나의 체계를 구성하므로 구성품 사이 영향을 최소화하고 효율을 최대화 하기 위한 체계설계가 중요하며, 이를 위해 구성품 제조업체가 체계



설계까지 영역을 확대하고 있는 추세이다. 항공기 관련 기술은 비행기가 일반 대중의 교통·수송 수단으로 정착됨에 따라 속도, 항속거리, 경제성 위주의 기술개발에서 시작하여 고신뢰성, 저공해성, 초대형화, 생산성, 항공우주 복합화로 점차 기술 발전 분야가 확대되고 있다.

헬리콥터 체계를 구성하는 주요 계통별로 현 개발추세를 알아보기 위해 로터계통, 동력장치와 동력전달계통, 비행조종계통, 항공전자계통, 그리고 착륙장치, 유공압계통, 연료계통 등을 포함하는 세부계통으로 편의상 5개 그룹으로 나누었다.

3.4.1 로터계통

로터계통은 고성능, 저진동, 저소음, 고안정성을 위하여 주요 구성요소인 로터 블레이드(Rotor Blade)와 허브(Hub) 시스템에서 헬기 특성에 따라 지속적으로 발전해가고 있다.

로터 블레이드의 진화과정을 살펴보면, 초기 블레이드는 금속재료를 사용하였으며 블레이드의 끝단(Tip) 형상이 Rectangular 형상이다. 이후 복합재료를 적용하기 시작했으며 한층 더 개선된 Tip 형상을 채택하여 기술발전이 이루고 있다. 압축성 효과와 바리 지연을 고려한 BERP 블레이드(영국 웨스트랜드)가 그 예라고 할 수 있다.

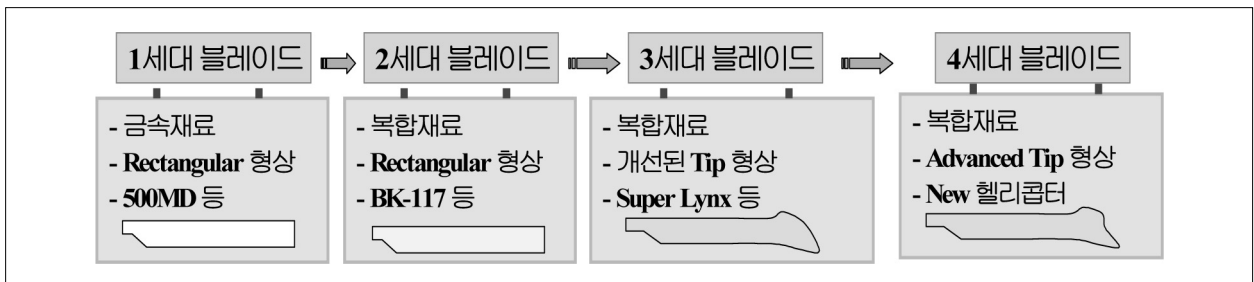
로터 허브는 개발 형태에 따라 시이소오형, 관절형, 무힌지형, 무베어링형으로 분류되며, 플레핑, 리드래그, 피치 운동을 하는 초기 관절형의 기계식 힌지 방식을 대체하는 방향으로 허브의 개발이 수행되고 있다.

최신 관절형 허브의 경우 스프링과 같은 회복력과 댐

핑 기능을 가지는 탄성체베어링을 이용하여 초기 관절형의 기계식 힌지를 대체하고 있으며, 이를 통해 기존의 관절형과 비교하여 부품수가 획기적으로 줄어들었으며, 유지보수 및 중량 측면에서 많이 발전된 형태로 개선되었으며, 관절형 허브의 낮은 응력 발생 및 무베어링 허브의 양호한 운용성 장점을 동시에 가지고 있지만, 무베어링 대비 허브 저항력이 높고, 기동성이 떨어지는 단점도 있다. 유로콥터에서는 최근 15,000 lbs급 이상의 헬기에 최신 관절형 허브 적용을 확대하고 있다.

무힌지 허브의 특성은 플렉서를 이용함으로써 Flapping 및 Lead-Lagging Motion을 위한 기존의 기계식 힌지 대체를 통해 허브 구성품 감소로 인한 정비 및 운용유지 효율을 높일 수 있으며, 조종력 증대로 인해 기동성이 우수한 장점을 가지고 있다. 그러나 기술적용의 어려움으로 15,000 lbs 이상 급의 헬리콥터에 무힌지 허브가 적용된 사례가 없으며 높은 개발비와 제작비용이 상대적으로 단점에 속한다.

무베어링형 허브는 탄성체 빔과 토크 전달 튜브는 블레이드의 플레핑, 리드래그 및 피치 운동을 가능하게 함으로 전통적인 힌지를 대체하여, 조종력 증대로 인해 기동성이 우수하여, 정찰 및 공격헬기에 주로 적용하고 있다. 첨단 복합재 기술의 요구와 기술적용의 어려움, 고비용의 단점도 있다. 따라서 로터 허브는 적용 헬기의 특성에 따라 각각 장·단점을 고려하여 적용되고 있으며, 최근에는 Trailing Edge Flap을 적용한 저진동 고성능 지능형 로터(Smart Rotor) 기술개발도 꾸준히 진행되고 있다.



▲ 그림 4 로터 블레이드의 진화과정

반토크 시스템의 경우, 전통적인 꼬리로터(CTR) 방식의 사고율 방지를 위한 대안으로 최근 고안정성/저소음의 특성을 갖는 테일 팬(Tail Fan, Fenestron) 방식, NOTAR 방식, 동축반전(Co-Axle) 방식이 실용화되었다. 이러한 기술 개발을 위해 축소로터의 회전/구조/피로시험 뿐 아니라 실물모형의 시험이 수행되며 이러한 시험평가기술의 향상이 신기술 개발에 큰 몫을 담당하게 된다.

3.4.2 동력장치와 동력전달장치

헬리콥터의 동력장치는 엔진과 보조동력장치(APU)가 있으며, 최근의 엔진 개발 추세는 군수용 엔진의 고성능을 만족하면서 민수용 엔진의 가격경쟁력을 확보하는 방향으로 엔진의 효율증대, 운용유지의 비용 절감, 엔진 비출력 향상과 엔진 내구성 및 수명증대, 제작비용 절감, 배기가스 개선 등에 대해 지속적으로 발전이 이루어지고 있으며, 엔진의 운용을 용이하게 모듈개념으로 엔진을 설계하는 경향이다.

특히 헬리콥터가 발산하는 적외선 에너지는 열 추적 미사일이나 IR Seeker와 같은 적위협 주요 표적이 된다. 따라서 엔진 배기구의 적외선 방출신호 감소를 통한 적의 위협으로부터 생존성을 강화시키는 주요 생존 장비인 적외선감쇄기 기술보유 여부가 전쟁에 있어 승패의 관건이 되고 있다. 적외선감쇄기는 엔진 배기구에 장착된 Cone과 배기 덕트로 형성된 Ejector에 의해 외부로부터 유입된 찬 공기를 이용하여 엔진 출구의 Hot Section을 냉각시키고 난 후에, 배기 덕트를 지나면서 엔진에서 배출된 배기가스와 혼합되어, 열 추적 미사일로부터 헬기를 보호할 수 있도록 배기가스의 온도를 기준치 이하로 낮추는 역할을 하도록 설계한다. 보조동력장치는 각종 가스터빈엔진의 기술개발 연계, 차세대 엔진 개발로 추진 중이며, 민수용 소형 발전 시장 진입을 위해 가격경쟁력을 확보하는 방향으로 추진 중이다.

동력전달계통(Drive System)의 경우도 무운환 상태로 30분 이상 구동 가능한 기어박스 설계, 기어와 베어링 레이스를 일체형으로 제작하여 신뢰성의 증대 및 경량화하고, 알루미늄 합금 대신 마그네슘 합금을 적용하여 케이스 경량화, 하우징 내/외부의 부식방지를 위한 도막

기술, Titanium 소재 사용으로 기어 강성증대 등 고용량 경량화 설계/제작 기술을 지속적으로 연구 적용 중이다. 또한 생존성, 수명향상을 위하여 기술개발을 하는 추세이다.

3.4.3 비행조종계통 (Flight Control System)

최근 회전익 항공기의 개발에 있어서 비행조종계통은 고정익과 달리 어려움이 많았다. 여러 가지 이유 중 첫 번째 이유는 헬기의 Dynamic 특성에 있어서 특히 공력특성, Rotor Dynamics, 조종특성 등에 있어서 기인되는 비선형특성에 있다. 특히 해석 및 시험을 통한 데이터의 축적을 통하여 비행조종계통의 신기술 확보 및 검증이 시도되고 있다. 현재 운용되고 있는 헬리콥터의 경우 유압지원의 기계식 조종장치 (Hydro-Mechanical Linkage)방식과 일부 자동비행조종시스템이 적용되고 있으며, 전자식 비행제어는 보조 장치 개념인 SAS (Stability Augmentation System)/CAS (Collision Avoidance System)가 탑재되어 운용되고 있다. 최근에 개발된 헬리콥터에는 공격형 헬기 중심의 FBW (Fly-By-Wire) 채택에서 기동형 헬기까지 FBW 방식을 채택하는 추세이다. 미국에서 개발 중단된 공격형 헬기 Comanche (RAH-66)나 성공적으로 Fly-By-Wire 방식을 적용한 기동형 헬기 NH-90의 경우와 같이 많은 헬리콥터 개발사들이 FBW 기술 적용을 위해 시험기를 제작하여 시험을 수행하고 있다. 또한 HQS (Handling Quality Simulator) 등을 이용하여 선행 연구 및 시험 데이터 등을 통해 확보된 데이터베이스의 성숙도에 따라 Fly-By-Wire의 조종특성을 예측반영할 수 있도록 하고 있다. 최근 군용헬기의 경우 조종안정성의 감항인증 요구도가 기존 MIL-F-8501에서 ADS-33E-PRF로 변경되어 군요구도로 정의됨에 따라 시뮬레이터의 적용 개발은 필수적으로 요구되고 있다. 미래에는 하나의 공통 Processor로 비행, 엔진 및 장비가 제어되는 개념 (VITAL, Vehicle management systems Integrated Technology for Affordable Life cycle costs)으로 발전해 갈 것이다.

3.4.4 세부계통

착륙장치, 유공압계통, 연료계통 등을 포함하는 세부계통도 타 분야와 마찬가지로 헬리콥터 운용비용 절감



및 환경 측면의 연비절감 문제점 해결을 위해 소형화 및 경량화, 자동화, 디지털화하는 추세로 기술개발이 이루어지고 있으며, 설계에서 제조 및 후속지원에 이르기까지 디지털화한 기술자료, 예를 들면 DMU (Digital Mock-Up) 개념을 적용하여 제조원가 절감 및 제품의 신뢰성을 높여 가고 있다. 착륙장치 분야에서는 구조물의 대체 소재 적용, 유압원을 대체할 전기적 서보 액추에이터 (Servo-actuator) 및 휠, 타이어, 브레이크 쪽의 친환경적인 설계 기술로 기술영역이 확대될 전망이다.

비행조종계통의 기술발전 추세에 살펴 본 것과 같이, 유압계통은 기계식 제어작동 방식에서 유압기계식 (Hydro-Mechanical) 방식으로 개발되어 왔으며, 근래에는 FBW에 적합한 서보기술 적용이 보편화되고 있다. 또한, 유압기술에 전자기술을 접목시킨 전자식 비행제어 방식인 SAS (Stability Augmentation System), CAS (Collision Avoidance System), FBW/FCS 등의 자동화 및 디지털화된 유압시스템 활용이 증가되고 있으며, 연료계통도 자동전자제어방식을 통한 무게중심제어나 엔진제어장치, 전자/광 방식의 연료중량계측, 센서, 솔레노이드 밸브, 광전 인터페이스 등 적용 등 지속적으로 자동화, 디지털화하는 추세이다.

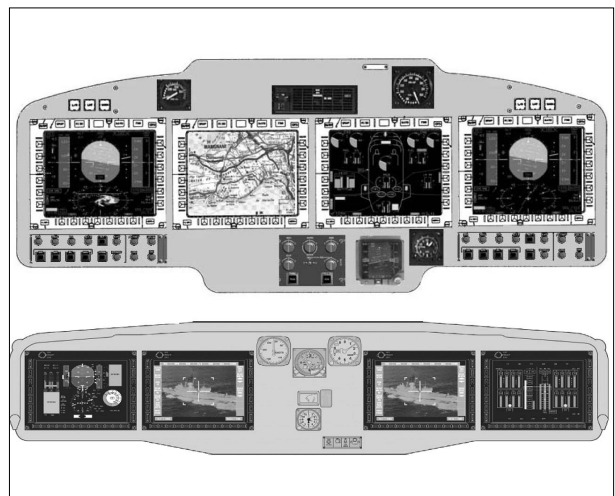
3.4.5 항공전자계통

헬리콥터 항공전자 분야에서는 핵심부품의 개발에 역량을 집중하면서 하드웨어보다는 소프트웨어 개발 비중이 증가된 소형화, 경량화, 고 신뢰성 항전장비가 개발되고 있는 추세이다. 초기 아날로그 장비에서 출발하여 디지털 장비시대를 거쳐 소프트웨어 비중이 높아지면서 유연성 (Flexibility) 및 성장성이 높아졌으며 소프트웨어 변경만으로도 기능과 성능이 변경될 수 있도록 발전하고 있다.

항공전자 체계 측면에서는 독립적인 장비 설계 및 탑재로 장비간의 의존성이 낮은 독립형 (Stand-Alone)에서 부분적인 데이터 버스를 사용하여 장비간 연결을 이루는 혼합형 구조로 발전을 하여 다시 중앙 집중형으로 발전을 하고 있다. 중앙 집중형 단계에서는 컴퓨터에 의한 통제와 데이터버스에 의한 인터페이스, 소프트웨어

통합 (S/W Integration)이 이루어지고 있다.

군용 헬리콥터의 항전장비의 경우, 전천후 임무수행, 야간비행 및 전투능력 향상을 위하여 전방적외선 관측장비 (FLIR, Forward Looking Infra-Red), 초단파 전방향 거리탐지기 (VOR, Very high frequency Omnidirectional Range), 디지털 전술지도 (Digital Map), 자동무선방향탐지기 (ADF, Automatic Direction Finder) 등과 같은 항법장비와 헬리콥터가 수행하는 임무를 조종사에게 실시간 시현해주는 다기능시현기 (MFD, Multi-Function Display), 통제시현장치 (CDU, Control Display Unit), 영상 및 비행데이터 기록장치 등이 탑재되고 있으며, 레이더경보시스템 (RWR, Radar Warning Receiver), 레이저경보시스템 (LWR, Laser Warning Receiver), 미사일경보수신기, 적외선방해장비 (IRCM, Infrared Countermeasures), 채프/플래어 발사기 (CMDS, Countermeasures Dispenser System) 등 적위협 대응장비의 장착 확대로 생존성을 대폭 향상시키고 있으며, 이는 적위협 인식부터 대응체계가 연동되어 운용되도록 개발되고 있다. 또한, Glass Cockpit에 대한 연구개발이 강화되며, 항공전자와 디지털 비행제어 간 영역의 통합과 같이 타 분야와의 연계성을 강화하여 가고 있다. 향후에는 음성조종, Eye Tracking/Head Tracking, 자동 제어/대응 등 인공지능형 제어방식이 차기 항공기에 적용될 예정이다.



▲ 그림 5 최근의 Glass Cockpit 이용한 조종실

Glass Cockpit의 기술발전 추세를 통해 항전장비의 세대별 발전단계를 간략히 살펴보면 다음과 같다. Glass Cockpit은 개별 장비를 지칭하는 의미보다, 새로운 전자 기술의 발전에 따라 조종실 전체를 사용자의 요구에 맞춘식 설계 및 전자식 모니터로 시현되는 특징을 Aircraft Cockpit 전체를 칭하는 개념이다. 항공기 시현장치의 개발 역사를 보면 초기의 Mechanical Era 및 Electro-Mechanical 시대에는 계기별 시현 정보가 개별적으로 시현되었는데 최근의 Electro-Optical 시대에는 시현장비 1개에 사용자의 요구에 따라 시현정보가 많아졌다. 그리고 시현장비의 크기도 점차 커지고 있고 기존의 단독 계기는 예비용(Backup)으로 사용되고 있다.

최근의 Glass Cockpit의 특징은 [그림 5]와 같이 여러 개의 시현장비에 사용자의 요구에 따라 미리 설계된 프로그램을 컴퓨터에 내장시켜 항공기의 자세, 속도, 고도, 방위, 항법정보, 엔진의 상태 및 연료 흐름, 경보체계 시현 등 사용자의 임무에 맞게끔 각종 정보를 시현한다. 앞으로 여러 개의 다기능시현기 (MFD, Multi Function Display)가 하나의 Projector로 대체되고, 시스템 통합은 사용자의 편의성을 강조하는 추세로 나갈 것이다.

3.4.6 회전익기 신기술

회전익기 신기술로 항공기의 상태진단시스템인 HUMS (Health & Usage Monitoring System) 와 능동적 구조진동억제 기술과 저소음화 기술 등이 있다.

상태감시시스템 (HUMS)은 헬기의 상태진단, 정비 예측을 수행하는 전자장비의 집합을 말하며, 개별적인 장비의 성능 및 기능보다는 각 장비의 통합 (Integration)을 통하여 헬기에서 요구되는 상태진단을 통한 종합적인 정비성 예측 및 성능을 구현하는 시스템으로 헬기에서 요구되는 임무 및 안정성 목표를 달성하기 위하여 항법 데이터 입력, 정보 분석, 분석정보시현 및 지상점검과 같은 기능들이 유기적으로 작용을 하게 된다. 기존 항공기는 비행 중 비행안전 관련한 기체 수명, 엔진 상태와 속도, 고도 등 각종 비행 데이터를 저장하여 비행 후 디브리핑 시스템을 통해 확인 또는 항공기 사고 후 사고 원인 분석을 할 수 있는 비행기록장치 또는 음성녹음장치를 항공기에 탑재하여 운용하였지만, 최근에는 항공기

분야	구분	사 례
능동적 구조진동억제 기술 (AVC)	로터 적용 AVC	· HART 프로그램 (미국/유럽), · RACT 프로그램 (IBC, 독일, BO-105) · MURI프로그램 (LED/TEF, 미국) 등
	기체 적용 AVC	· ACSR (영국 웨스트랜드사, EH101) 실용화, · ASA C (미국 Boeing), AGS(유로콥터) 등
저소음화 기술	능동적 제어방법 (ANC)	· HHC, IBC, TAMI (Tip Air Mass Injection) · SB/S(Surface Blowing&Suction, 미 MDHS)
	수동적 제어방법 (PNC)	· 가변형상로터(VGR), 가변직경로터(VDTR) - 시콜스키 민간헬기에 적용 연구 중
	저소음 운항기술	· DGPS, X-force 제어 등

▲ 표 2 진동억제 및 저소음화 기술 적용 사례

기체, 엔진뿐만 아니라 주요 핵심 구동계통인 로터, 트랜스미션 등에 대한 진동감시를 통해 비행 중 조종사에게 항공기의 안전 상태를 확인하고 비행 후에는 항공기의 안전 상태를 종합적으로 분석할 수 있는 통합관리 시스템인 상태감시시스템을 대부분 적용하고 있다.

능동적 구조진동억제 기술(AVC)은 진동 원인 로터를 직접 제어하는 능동적 구조진동억제 기술 (HHC, IBC 등)과 기체에서 제어하는 기술로 나눌 수 있으며, 이중 기체적용기술은 이미 실용화되었다. 저소음화 기술로 능동적 제어방법 (ANC), 수동적 제어방법 (PNC), 저소음 운항기술이 연구 중에 있다.

4. 결 언

헬리콥터 개발에 적용되거나 연구 중인 기술은 헬리콥터 주시장이 군용이었던 1980년대까지 주로 군용 목적으로 기술 개발을 추구하였으나, 이후 세계적인 냉전 종식에 따라 군용 수요의 침체에 따라 군용기술의 민수용으로의 전환이 빠르게 이루어지고 있다. 현재 헬리콥터 개발 기술의 발전 방향은, 대체로 헬리콥터 운용비용 절감 및 환경 측면의 연비절감 문제점 해결을 위해 소형화 및 경량화, 자동화, 디지털화하는 추세로 기술개발이 이루어지고 있으며, 수직 이착륙 능력과 같은 헬리콥터 고유의 특성에 항속거리나 속도 등과 같은 헬리콥터의 기본적인 제한사항을 극복하기위해 고정익기의 특성인 장거리 고속비행 능력의 효율적인 접목을 시도한 틸트



로터기를 개발 중에 있다.

현재, 국내에서는 한국군이 보유한 노후헬기 (500MD, UH-1H)를 한국 운용조건에 적합한 고유의 “한국형 기동헬기”로 대체하기 위한 한국형 헬기 개발사업 (KHP)이 2006년 6월 하반기에 착수하여 2012년 6월 개발 완료를 목표로 추진 중에 있다. 한국형 기동헬기는 V-22, 코만치와 같이 현 단계 또는 미래에 적용될 최신 개발기술을 전부 적용하는 하는 것은 아니나, 성능/수명 향상을 위한 소재 채택, 부품수 감소 및 복합재 적용 확대를 통한 경량화, 로터 블레이드의 설계 최적화를 통한 저소음 및 Glass Cockpit 구현 등과 같이 현재 운영 중인 헬기

에 적용한 신기술 중 공중강습, 병력과 군수물자의 이동, 탐색 및 구조, 지휘 통제와 같은 부여된 임무수행을 위한 최신 기술 적용을 목표로 하고 있다.

앞으로도 세계 헬리콥터 개발기술의 발전 현황 및 추세에 대한 검토가 지속적으로 수행되어야 할 것이며, 이와 병행하여 국내 헬리콥터 개발 발전방향의 정립을 통해 국내 독자 개발이 가능한 기술목표 수립 및 확보가 추진되어야 할 것이다.

기획 : 조진수 편집위원장 jscho@hanyang.ac.kr