

4. 학사논문 지도교수: 김 유 단

- 4-1. 고정익(Fixed-wing) 무인기 제작 및 제어시스템 설계
- 4-2. 쿼드로터(Quadrotor) 무인기 제작 및 제어시스템 설계
- 4-3. Quad-Tilt-Ducted Fan 무인항공기의 제작 및 수직 비행 제어
- 4-4. 경로 추적 제어시스템 설계 및 GTV제작
- 4-5. 영상 카메라(Vision Camera)를 이용한 목표물 추적 연구
- 4-6. 인공위성의 궤도 분석에 관한 연구
- 4-7. 발사체 6-자유도 시뮬레이션을 통한 유도기법의 성능 분석

실험실: 비행역학 및 제어연구실 (Flight Dynamics and Control Lab.)

연구실 홈페이지: <http://fdcl.snu.ac.kr>

교수 연락처: (02) 880-7398, E-mail: ydkim@snu.ac.kr

담당조교: 조남훈 (nhcho91@snu.ac.kr), 이재호 (akfksem@snu.ac.kr) (02) 880-7392

4-1. 고정익(Fixed-wing) 무인기 제작 및 제어시스템 설계

무인기는 공해군, 해병대 등에서 활용되는 군용뿐 아니라 해안 및 도서 경찰, 산불 발생 감시 및 진압 통제, 교통 감시, 기상 및 환경 관측 등 민수 분야에서도 다양한 활용이 가능하기 때문에 관련 분야의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 소형 무인기의 경우 좁은 공간에서의 용이한 이착륙을 위해 회전익 비행기도 많이 이용되지만 고정익 비행기가 회전익기에 비해 양력을 효율적으로 얻을 수 있다는 장점을 갖고 있으므로 무인기로 많이 이용되고 있다.

본 연구는 고정익 무인기를 제작하고 자동비행을 위한 제어기 설계를 목표로 한다. MATLAB 프로그램을 이용해 고전제어기법에 기반한 자세제어기 및 고도제어기를 설계할 것이다. 고전제어기법을 이용해 제어기를 설계할 것이므로 상태방정식으로 표현된 비행기의 종방향, 횡방향 운동을 바탕으로 출력변수와 입력변수 사이의 전달함수를 구한 후, 각 제어기를 설계할 것이다.

본 연구는 비행동역학, 고전제어기법에 대한 이해와 MATLAB 활용능력이 필요하다.



그림 1. KAI에서 제작한 무인기

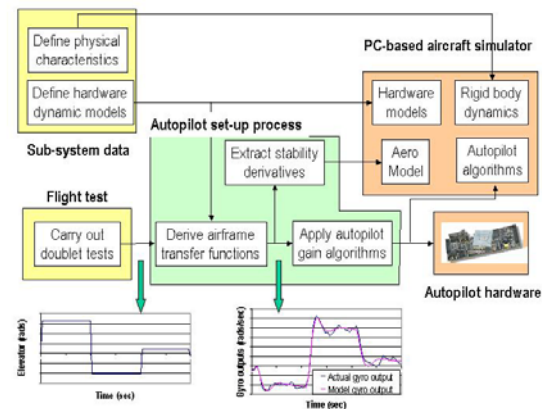


그림 2. 자동제어 시스템 개념도

(<http://diydrone.com/profiles/blog/list>)

4-2. 쿼드로터(Quadrotor) 무인기 제작 및 제어시스템 설계

제어기의 입력신호가 시스템의 자유도의 개수보다 적은 시스템을 underactuated system 이라 하며, 비행체 중 대표적인 예가 쿼드로터이다. 쿼드로터는 대칭을 이루는 4 개의 rotor 를 이용하는 비행체로써 헬리콥터로 분류된다. 다만, 일반적인 헬리콥터와 달리 꼬리로터(tailrotor)가 없고 고정피치 블레이드(fixed-pitch blade) 만으로도 비행 및 제어가 가능하다는 특징이 있다. 각각의 로터는 기체에 추력과 토크를 제공하며, 이를 통해 비행체의 롤-피치-요 운동을 제어할 수 있다. 특히, 헬리콥터에서와 같이 꼬리로터로 인해 손실되는 출력이 없고 구조가 간단하여 소형 무인기를 제작하기에 용이하며, 이착륙이 상대적으로 간단하고 대칭구조를 지녀 복잡하지 않은 기동을 수행하는 경우에는 제어가 상대적으로 간편하다. 이러한 장점을 이용하여 공중정찰, 방송화면 촬영을 비롯한 다양한 임무를 수행할 수 있고, 실내비행에도 널리 사용되고 있다. 그림 1 은 상용 RC 쿼드로터의 모습을 나타내는데, 기체는 4 개의 DC motor 와 3 축 gyro, 무선 송수신기 등으로 이루어져 있으며 필요한 경우 무선 카메라와 GPS 등의 장비를 추가할 수 있다. 그림 2 는 쿼드로터에 장착된 로터들의 회전방향을 나타낸다.



그림 2. 소형 Quadrotor 무인기

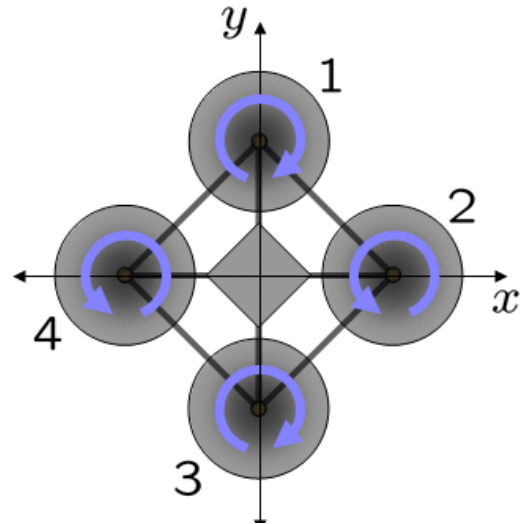


그림 1. Schematic view of reaction torque

본 연구는 소형 쿼드로터의 동역학을 수학적으로 모델링하고, 이를 바탕으로 MATLAB/Simulink 기반 제어시스템을 설계한 후, field test 를 수행하는 것을 목표로 한다. 이 과정에서 학부 교과목 수준 및 그 이상의 다양한 제어기법을 실제로 적용한 후 그 결과를 비교, 분석할 것이다.

4-3. Quad-Tilt-Ducted Fan 무인항공기의 제작 및 수직 비행 제어

Quad-Tilt-Ducted Fan(QTDF) 무인항공기는 그림 1과 같은 형상의 비행체이다. 덕티드 팬이 추력을 발생시키며 덕티드 팬의 틸팅을 통해 이착륙 시에는 수직 비행 모드로, 순항 시에는 수평 비행 모드로 전환하며 비행하는 항공기이다. 따라서 QTDF 항공기는 고정익 항공기와 회전익 항공기의 면모를 모두 지닌다.

현재까지 수행된 학사졸업논문 연구결과물로서 그림 2와 같은 3자유도 시뮬레이터가 제작되었고, PID 제어기 및 선형 최적 제어기(Linear Quadratic Regulator)를 이용한 수직비행 제어시스템의 기초설계가 수행된 상태이다. 본 연구에서는 QTDF 무인항공기 플랫폼을 설계하고 제작하는 과정의 일부로, 제어시스템 측면에서 호버링 제어를 기초로 하여 수직비행 제어시스템을 발전시키는 것을 목표로 한다.

실제 비행체의 설계 및 제작을 목표로 하기 때문에, 본 연구의 수행을 위해서는 뛰어난 하드웨어 설계 능력과 경험이 요구된다. 또한 제어시스템의 설계 및 구현을 위해서는 MATLAB 활용능력과 제어이론 및 비행동역학에 대한 기초적인 이해가 필요하다.

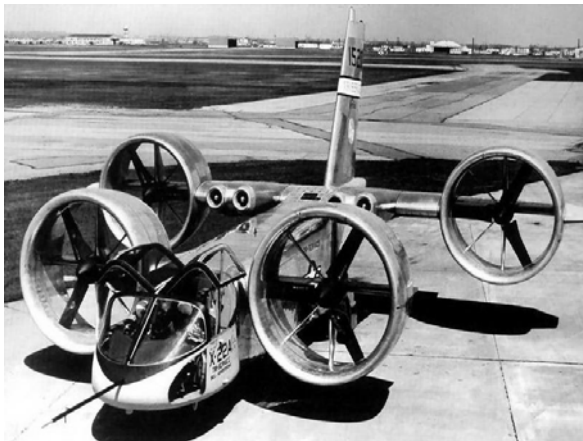


그림 1. Bell X-22

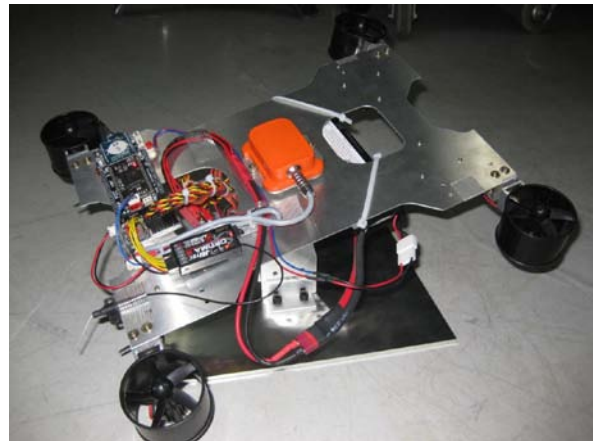


그림 2. 3-자유도 시뮬레이터

4-4. 경로추적 제어시스템 설계 및 GTV제작

무인기는 정찰기와 같은 군 관련 분야뿐만 아니라 측정 및 탐사와 같은 민간 분야에서도 다양하게 사용되고 있다. 무인기가 다양한 임무에 투입되기 위해 기본적으로 요구되는 기능 중 하나가 경로 추적이다. 무인기의 경로 추적을 이용한 비행 실험에 돌입하기 앞서 지상에서 GTV(Ground Test Vehicle)를 사용해 비행 실험과 비슷한 조건을 조성하여 미리 경로 추적 시스템의 신뢰성을 평가하게 된다. 지상 실험은 3차원 공간에서 이루어지는 비행 실험에 비해 2차원 평면에서 이루어지는 경우가 많으므로, 대개 GTV의 구성과 제어가 용이하고 실험의 위험성도 낮다.

본 연구는 무인기의 경로추적을 위한 간단한 PID 제어시스템을 구성하여 시뮬레이션을 수행하고, 이 시스템을 지상에서 평가하기 위하여 GTV를 설계하고 제작하여 주어진 경로를 추적하는 제어시스템을 검증하는 것을 목표로 한다. 본 연구에서 사용할 경로추적 제어시스템을 구성하기 위해서는 비행동역학과 제어기에 대한 기본적인 지식과 MATLAB과 같은 프로그램 사용능력이 필요하다. 추가적으로 GTV를 통한 검증을 위해서 하드웨어 설계 및 구성에 대한 지식 혹은 경험이 필요하다.

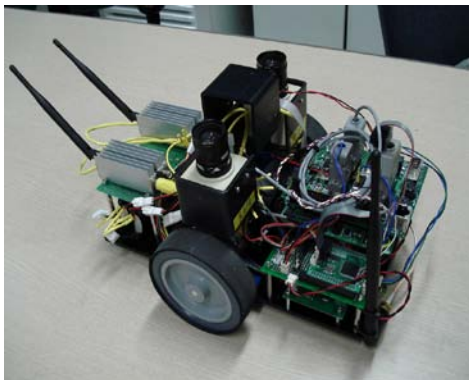


그림 1. GTV 구성 예시

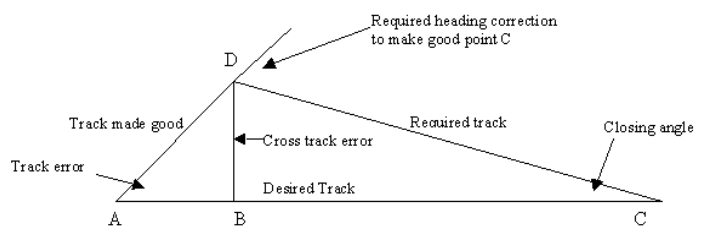


그림 2. Cross track error와 closing angle 예시

4-5. 영상 카메라(Vision Camera)를 이용한 목표물 추적 연구

비행체에 장착된 영상장비는 기술의 발전으로 인해 단순한 영상의 제공뿐 아니라 목표물의 위치 추정, 비행체 유도, 비행체 자체의 위치 및 자세 추정에 이르기까지 다목적 센서로서 활발하게 활용되고 있다. 이번 연구에서는 특히 목표물 추적에 관련된 연구를 진행하고자 한다.

비행체의 목표물 추적을 위해서는 영상에서 실시간으로 목표물을 확인하고 거리정보를 추출하는 알고리즘이 필요하다. 또한, 특징점을 이용하여 비행체의 자세나 위치를 확인할 수 있으며 이를 이용하여 자동 비행제어 명령을 생성함으로써 비행체가 실제 목표물에 도달할 수 있는지에 대해 실시간으로 사전 시뮬레이션과 검증이 요구된다.

본 연구에서는 위의 요구사항을 만족하기 위한 사전 연구의 일환으로 영상정보를 이용한 3차원 상대위치 측정기술에 대한 연구를 수행한다. 연구의 수행을 위해서 LEGO NXT와 JAVA를 이용하여 비행체의 모델을 만들고 Vision Camera와 Motor등으로 목표물의 위치를 추적하는 시스템을 설계할 것이다.

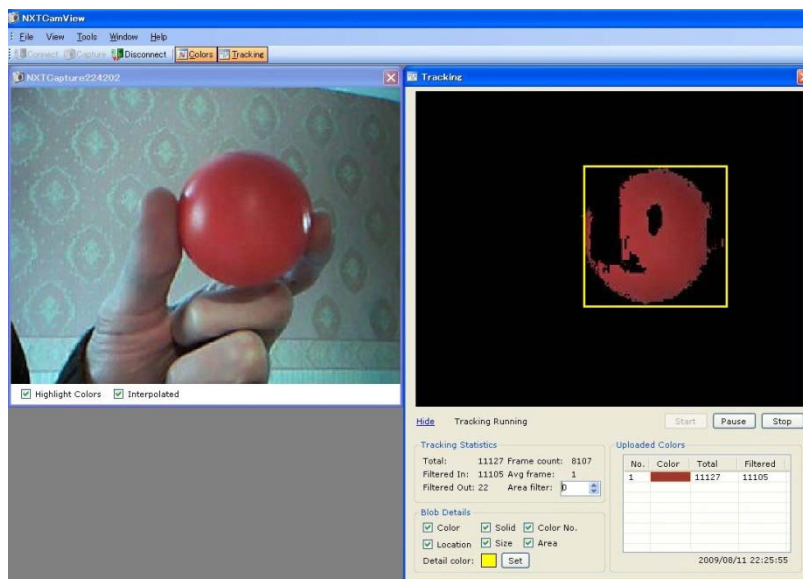


Figure 2. 영상 정보를 이용한 목표물 추적

4-6. 인공위성의 궤도 분석에 관한 연구

지구에서 쏘아 올리는 인공위성은 지구의 정밀한 형상, 중력의 분포 등을 측정하기 위한 저궤도 측지위성부터 미국의 GPS, 유럽의 Galileo와 같은 항법위성이 돌고 있는 중궤도, 무궁화 2호와 무궁화 3호와 같은 정지궤도와 같이 다양한 목적에 맞는 궤도를 돌고 있다. 최근 우리나라에서도 정부 정책적인 지원을 받아 한국형 위성항법시스템 구축에 관한 연구와 달탐사 프로젝트와 같은 연구가 수행되고 있다.

본 연구는 지구 주변을 돌고 있는 인공 위성들의 궤도의 종류와 각 궤도의 다양한 위성들에 대해 살펴보고 MATLAB 프로그램을 이용하여 이러한 궤도의 궤적을 생성하는 시뮬레이션 프로그램을 작성하고, 검증은 위해 상용프로그램을 사용하여 얻은 결과와 비교는 것을 목표로 한다.

일반적으로 인공위성이 궤도를 돌 때에는 다양한 섭동력의 영향을 받는데, 다양한 궤도에 대한 섭동력의 영향을 분석하고, 고도가 서로 다른 궤도로 이동하기 위한 궤도전이에 대한 조사를 통해 지구에서 달과 같은 지구 바깥의 행성으로 가는 궤적을 설계하도록 한다.

본 연구를 수행하기 위해서는 궤도역학에 대한 기초적인 개념과 MATLAB 프로그램을 활용하는 능력이 요구된다.



그림 3. 지구 주변의 항법위성 및 궤도

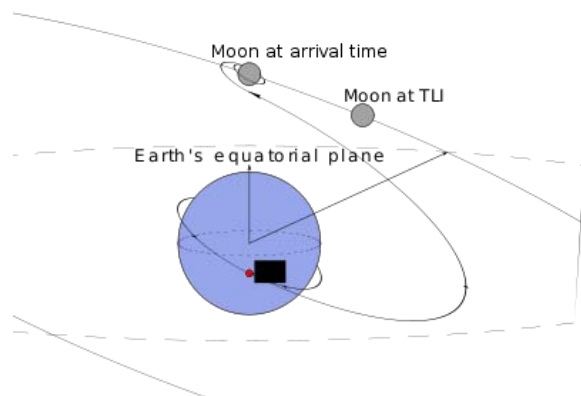


그림 2. 지구에서 달로 궤도 전이하는 과정

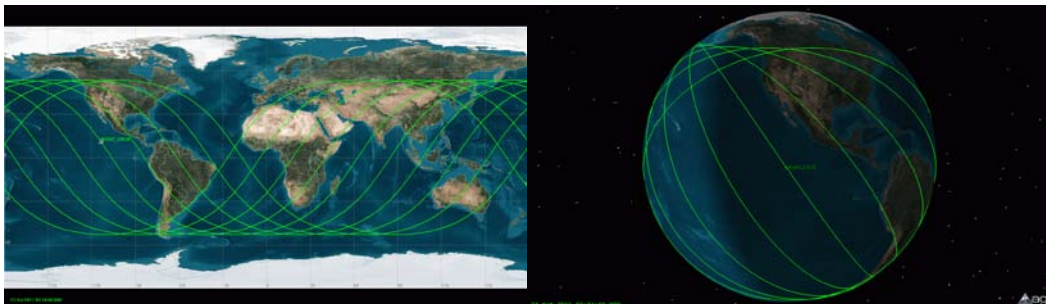


그림 3. 상용프로그램에서 구현한 인공위성의 이동궤적

담당조교: 김윤중 (chesario82@hotmail.com)

4-7. 발사체 6-자유도 시뮬레이션을 통한 유도기법의 성능 분석

민간 분야와 군사 분야에서 활발하고 다양한 임무를 수행하고 있는 인공위성은 기본적인 기상 예측과 통신, 방송뿐만 아니라 감시 정찰분야에도 사용되는 다양한 임무가 가능한 플랫폼이기 때문에 각국에서 고유한 기술을 발전시키기 위해 노력을 기울이고 있다. 또한 달과 같은 위성과 화성과 같은 행성에 접근 혹은 착륙하여 관측과 연구를 수행하는 탐사선도 우주 탐사와 개발의 무궁한 가능성을 인정한 세계 각국에서 활발히 개발되고 있고, 실제로 여러 탐사 프로젝트가 진행되고 있다. 이러한 인공위성 및 탐사선과 같은 탑재체를 우주 궤도에 진입시켜 임무를 수행하기 위해서는 정밀도와 안정성을 두루 갖춘 발사체 기술의 확보가 필수적이다.

본 연구는 두 단계로 구성되어 있다. 첫 번째 단계에서 개발한 프로그램을 기반으로 다음단계 연구가 진행될 예정이며, 각 단계별 연구목표는 다음과 같다.

연구목표 1: 발사체 3-자유도 및 6-자유도 시뮬레이션 프로그램 개발 및 시뮬레이션 수행
(지구회전좌표계 고려)

연구목표 2-1: 개발된 프로그램을 이용하여 바람 등 각종 외란을 고려한 시뮬레이션 수행

연구목표 2-2: 설계된 궤적을 추종하는 다양한 발사체 유도기법의 성능 분석

연구를 수행하기 위해 1차년도에서 3-자유도 선형모델 및 6-자유도 선형모델을 유도하고, 지구회전좌표계를 고려하여 시뮬레이션 프로그램을 개발할 것이다. 이후 2차 및 3차년도에서는 발사 시 한반도에 부는 편서풍 등 각종 외란을 고려한 시뮬레이션을 수행하고, 설계된 비행궤적을 추종하는 다양한 발사체 유도기법의 성능을 분석할 것이다. 연구를 수행하기 위해 구조역학 및 비행동역학, 유도, 제어에 대한 기본적인 이해가 필요하며, MATLAB에 대한 기초적인 지식이 필요하다.



그림 1. KSLV-1 발사장면*

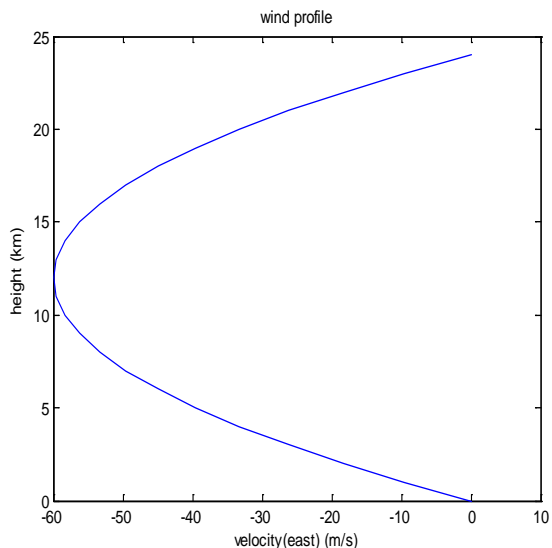


그림 2. 한반도의 편서풍 프로파일 예시

(*<http://gettyimages.tumblr.com/post/41867472946/south-korea-launch-space-rocket-naro-kslv-1-in>)