4. 학사논문 지도교수: 김 유 단

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

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

4-3. 인공위성의 궤도 분석에 관한 연구

4-4. 고정익 무인기의 함상자동착륙을 위한 유도/제어시스템 설계

4-5. 3DOF Helicopter를 이용한 제어기 설계 및 실험

4-6. 쿼드로터(Quadrotor) 위의 역진자 제어시스템 설계 및 시뮬레이션

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: 이수원 (lsw7169@snu.ac.kr), 김성훈 (kshoon92@gmail.com) (02) 880-7392

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

무인기는 육군,해군, 공군 및 해병대 등에서 활용되는 군용뿐 아니라 해안 및 도서지역의 정찰, 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 있기 때문에 고정익 방식의 무인기가 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, 이를 이용하여 각 제어기를 설계할 것이다.

따라서 본 연구를 위해서는 비행동역학, 고전제어기법에 대한 이해와 MATLAB/Simulink 활용 능력이 필요하다.

그림 1. KAI에서 제작한 무인기

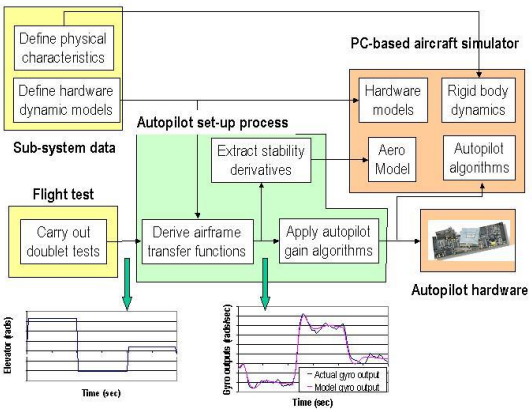

그림 2. 자동제어 시스템 개념도

(http://diydrones.com/profiles/blog/list)

담당조교: 이수원 (lsw7169@snu.ac.kr)

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

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

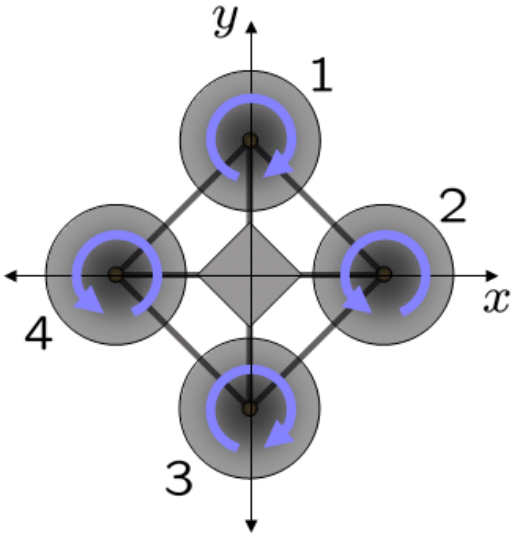

그림 1. Schematic view of reaction torque

본 연구는 소형 쿼드로터의 동역학을 수학적으로 모델링하고, 이를 바탕으로 MATLAB/Simulink 기반 제어시스템을 설계한 후, 시뮬레이션을 수행하는 것을 목표로 한다. 이 과정에서 학부 교과목 수준 및 그 이상의 다양한 제어기법을 실제로 적용한 후 시뮬레이션 결과를 분석하고 제어기의 성능을 테스트 하는 것을 목표로 한다.

학부 과정에서는 잘 다루지 않는 쿼드로터의 동역학을 이해하고 이를 기반으로 한 제어기의 설계를 위해 기본적인 MATLAB/Simulink 활용 능력, 비행 동역학 및 제어시스템에 대한 기초적인 이해가 요구된다.

담당조교: 김성훈 (kshoon92@gmail.com)

4-3. 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, 검증을 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.

또한 더 나아가 궤도를 따라 움직이는 위성의 정확한 위치를 파악하기 위해서 어떤 추정 기법이 이용되는지 알아본다.

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

그림 2. 지구 주변의 항법위성 및 궤도

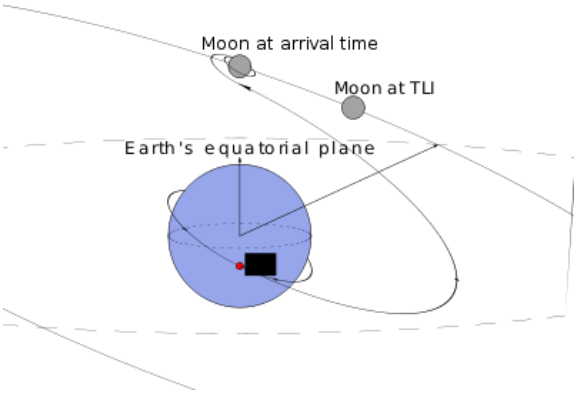

그림 2. 지구에서 달로 궤도 전이하는 과정

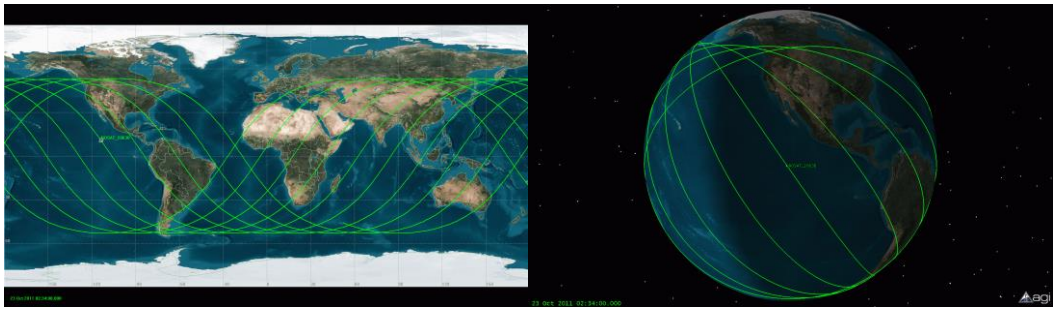

그림 3. 상용프로그램에서 구현한 인공위성의 이동궤적

담당조교: 정승윤 (airwalk31@snu.ac.kr)

4-4. 고정익 무인기의 함상자동착륙을 위한 유도/제어시스템 설계

무인항공기 운용이 증가하고 그 성능이 높아짐에 따라 함상에서 무인기를 운용하고자 하는 요구가 증가하고 있다. 함상에서의 무인기 운용은 자동이착륙 기술을 필수로 하고 있지만, 현재 국내의 기술은 이에 부합하지 못하고 있다. 일반적인 고정 활주로에 착륙하는 자동이착륙 기술보다 움직이고 있는 함상에 착륙하는 것은 더 고차원적인 유도/제어 기법을 필요로 한다.

본 연구는 MATLAB/Simulink 프로그램을 이용해 함상자동착륙을 위한 유도/제어기를 설계하는 것을 목표로 한다. 이때 제어기는 고전제어기법을 이용해 설계할 것이므로 상태방정식으로 표현된 비행기의 종방향, 횡방향 모델을 바탕으로 입력변수와 출력변수 사이의 전달함수를 구한 후, 각 제어기를 설계할 것이다. MATLAB/Simulink 프로그램을 이용해 시뮬레이션을 수행하여 유도/제어기 설계하는 일차적 목표를 완료하면, 더 나아가 X-Plane 프로그램을 바탕으로 항공기운동과 함정운동기반 시뮬레이션 환경을 구축하고 통합 시뮬레이션을 수행하기 위해 X-Plane과 MATLAB/Simulink간에 UDP통신을 구현하게 될 것이다.

본 연구를 원활하게 수행하기 위해서는 비행동역학, 고전제어기법에 대한 이해와 기본적인 MATLAB/Simulink 활용능력이 필요하다.

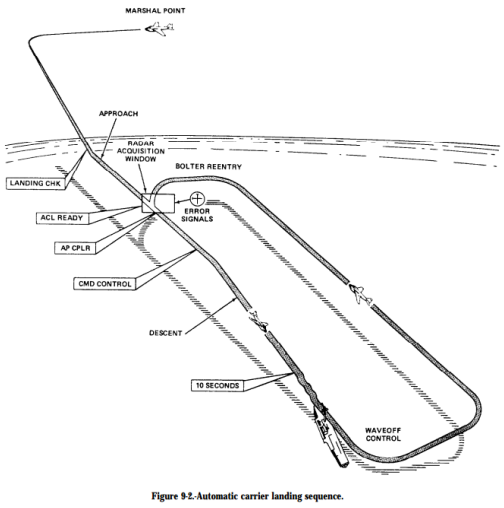

그림 3. 자동 착함 절차

그림 2. X-Plane 시뮬레이터

(http://flyawaysimulation.com/downloads/files/11838/x-plane-10-f14b-tomcat)

담당조교: 이소망 (cjsomang@snu.ac.kr)

4-5. 3DOF Helicopter를 이용한 제어기 설계 및 실험

3DOF Helicopter는 Quanser에서 제작한 실험용 장비로서, 실제 헬리콥터 모델의 단순화된 버전이다. 실제 헬리콥터는 위치와 자세의 자유도를 모두 갖고 있어 6의 자유도를 갖지만, 이 장비는 헬리콥터의 위치를 고정시키는 대신 자세는 원하는 대로 제어할 수 있도록 제작되었다. 쿼드로터와 마찬가지로 실내에서 실험이 가능하다는 장점도 가지고 있다. 이러한 여러 장점 덕분에 비행역학 및 제어에 입문하기 위한 용도로 많이 사용되고 있으며 관련 연구도 많이 수행되고 있다.

그림 1은 3DOF Helicopter의 실제 사진을 나타내며 한 쪽에는 헬리콥터의 로터의 역할을 하는 두 개의 로터가 있고 반대 쪽에는 균형을 잡기 위한 counter weight가 달려 있는 모습을 확인할 수 있다. 그림 2에서 3DOF Helicopter의 모식도를 볼 수 있는데, 각각 q1,q2,q3 방향으로 자유롭게 회전할 수 있도록 설계되어 있다. 즉, 3의 자유도를 가지지만 제어 입력으로 사용할 수 있는 것은 로터 2 개밖에 없이 때문에 이 장비는 쿼드로터와 비슷하게 underactuated system이며 따라서 이를 고려한 제어기 설계가 필수적으로 요구된다.

본 연구에서는 3DOF Helicopter의 수학적 모델링, 선형화, 제어기 설계 및 검증, 수치 시뮬레이션, 실험의 모든 단계를 밟아보는 것을 목표로 하며 더 나아가 PID, LQR 같은 선형 제어기와 슬라이딩 모드 제어, 궤환 선형화 제어 등 비선형 제어기와의 성능 비교를 할 수 있을 것이다.

본 연구를 수행하기 위해서는 MATLAB/Simulink의 숙련도, 기초적인 비행역학 및 제어 기법의 이해가 필요하다.

그림 1. 3DOF Helicopter

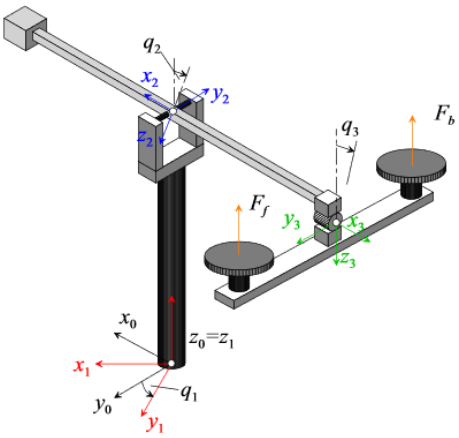

그림 2. FBD of 3DOF Helicopter

담당조교 : 이준수 (june3100@snu.ac.kr)

4-6. 쿼드로터(Quadrotor) 위의 역진자 제어시스템 설계 및 시뮬레이션

Quadrotor 는 4개의 로터가 돌아가면서 기동을 하는 비행체이다. Quadrotor는 전자 제어시스템과 센서로 구성되어 있어 조작이 쉽고 좁은 공간에서 운동성이 매우 뛰어나다. 이와 같은 우수한 운동성으로 인하여 정찰용 UAV, 상업용 등 다양하게 많이 사용되고 있다. 최근에 이루어지고 있는 UAVs에 대한 많은 연구와 적용으로 인하여 Quadrotor는 곧 있을 미래에 자율적인 임무를 실행할 수 있을 정도로 작동할 수 잇는 가능성이 무한한 비행체이다. 이러한 임무에 사용되기 위해서는 Quadrotor의 제어시스템이 잘 구성되어야 하는데 이를 위해서 Dynamic 특성 파악, 운동방정식을 유도하여 평형점 근처의 거동을 해석해야 한다.

본 연구에서는 Quadrotor 위의 Inverted Pendulum(역진자)를 구현하기 위한 제어시스템을 설계하기 위해 쿼드로터와 역진자가 결합된 시스템의 Dynamic 특성을 파악하고 운동방정식을 유도한다. Quadrotor위의 역진자 시스템은 비선형 시스템이기에 평형점 근처에서 선형화를 진행한 후 Matlab의 Simulink 기능을 이용하여 시스템이 어떻게 반응하는지 살펴보고 그에 맞는 PID제어기 또는 LQR제어기 설계를 시행한다.

그림1. 쿼드로터

그림 2. 쿼드로터 위의 역진자

담당조교 : 길근오 (rlfrmsdh@snu.ac.kr)