

3. 학사논문 지도교수: 김 유 단

3-1. 틸트로터(Tilt-rotor) 항공기 제어시스템 설계

3-2. 쿼드로터(Quadrotor)를 활용한 임무수행에서의 제어시스템 설계

3-3. 무인기의 경로 계획(Path Planning) 알고리즘 구현 및 검증

3-4. 가제보 시뮬레이터를 이용한 제어기 설계 및 성능 검증

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: 이상민 (everlastingminii@gmail.com) (02) 880-7392

3-1. 틸트로터(Tilt-rotor) 항공기 제어시스템 설계

무인기의 활용성은 최근 전기 추진 시스템의 발전과 고용량 배터리 개발, 현대적인 제어 기법의 적용 등으로 크게 증대되고 있다. 무인기의 주된 형태는 고정익과 헬리콥터 기체로 구분될 수 있는데, 각각은 서로 다른 특성과 장단점을 가지고 있다. 고정익기는 날개를 이용하여 양력을 만들어 빠른 속력에서 효율적으로 순항할 수 있다는 장점을 가지는 반면, 헬리콥터 기체는 수직 방향을 향하는 로터로 추력을 만들어 장애물이 많은 제한적인 공간에서도 운용될 수 있다는 장점을 가진다. 틸트로터 기체는 이 두 가지 기체 형태의 장점을 모두 활용하기 위해 개발된 기체이다. 틸팅이 가능한 로터를 장착하고 있어 수직이착륙(VTOL: vertical take off and landing) 모드에서는 헬리콥터와 같이 수직 방향의 이동이 가능하며 고정익 모드에서는 빠르고 효율적으로 순항할 수 있다. 틸트로터 기체가 가지고 있는 이러한 장점을 잘 활용하기 위해서는 안정적이고 효율적으로 두 모드 사이의 천이(transition)를 수행할 수 있는 제어기가 필수적이다.

본 연구는 틸트로터의 동역학 특성 분석 및 제어기 설계를 목표로 한다. 틸트로터의 동역학 모델을 구성하여 트림점 분석(trim-point analysis)을 수행하고, 틸트로터의 운용 가능 범위와 비행영역(flight envelope)을 결정한다. 수직이착륙 모드와 고정익 모드 사이의 천이를 수행할 때 받음각의 변화가 크게 생기므로, 이를 고려할 수 있도록 제어기를 설계해야 한다. 서로 다른 몇 개의 운용점에 대해 제어기를 각각 설계한 뒤 상태에 따라 스위칭하는 제어 방식과 비선형 제어 이론에 기반하여 단일한 제어기를 설계하는 제어 방식이 있는데, 본 연구에서는 전자의 방식에 따라 제어기를 설계한다. 그 뒤, 다양한 임무 환경을 고려한 수치 시뮬레이션을 수행하여 제어기의 성능을 검증한다.

본 연구를 위해서는 비행동역학과 고전/현대제어기법에 대한 이해, MATLAB/Simulink 등과 같은 프로그램 활용 능력이 필요하다.



그림1. 틸트로터 기체

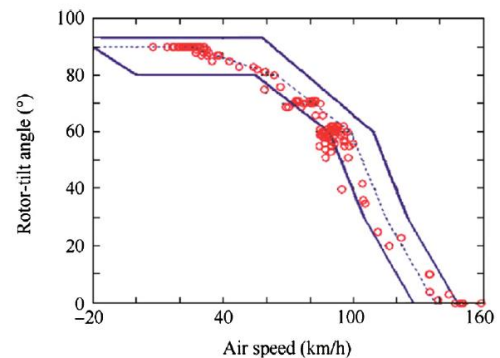


그림2. 틸트로터 기체의 비행영역

3-2. 쿼드로터(Quadrotor)를 활용한 임무수행에서의 제어시스템 설계

Quadrotor는 4개의 로터를 이용하여 수직 이착륙 및 기동을 하는 비행체이다. 일반적인 헬리콥터와 달리 Quadrotor는 4개의 로터만으로도 비행 및 제어가 용이하여 조작이 쉽고 좁은 공간에서 운동성이 매우 뛰어나다. 이와 같은 우수한 운동성 덕분에 군이나 산업계, 상업 등 다양한 분야에서 많이 사용되고 있다. 최근에 수행되고 있는 UAV에 대한 많은 연구로 인해 가까운 미래에는 Quadrotor가 자율적인 임무를 실행할 수 있을 것으로 기대된다. 임무 수행의 예시로는 Quadrotor 밑에 로봇팔을 달아서 물체를 잡는 임무, Quadrotor를 이용한 배달 업무 등 다양하다. 이러한 임무에 사용되기 위해서는 Quadrotor의 제어시스템의 구성이 필수적이다.

본 연구는 다음과 같은 순서로 진행된다. 우선 Quadrotor의 동특성을 분석하고 운동방정식을 유도한다. 이후 유도된 운동방정식을 기반으로 Quadrotor의 위치와 자세를 제어하는 제어기를 설계한다. 마지막으로 복잡한 임무 수행 상황(Ex, Inverted pendulum, mail delivery using quadrotor)을 설정하여 시뮬레이션을 통해 제어기의 성능을 분석하고 검증하는 것을 본 연구의 최종 목표로 한다.

본 연구를 수행하기 위해서는 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.



그림 1 쿼드로터 기체



그림 2 Inverted pendulum

3-3. 무인기의 경로 계획(Path Planning) 알고리즘 구현 및 검증

무인기는 최근 민간 산업에서의 활용성이 크게 증가하고 있다. 현재 무인기는 구조를 위한 수색, 교통상황 감시, 산불 진압, 화물수송, 인프라 관리 등 민간 산업의 다양한 분야에서 활용되고 있다. 도시와 같이 장애물이 많은 민간 지역에서 무인기를 운용하기 위해서는 충돌을 회피하면서 원하는 목표 지점까지 안전하게 도달하기 위한 경로를 계획하는 일이 필수적이다. 이러한 수요에 발맞추어 무인기가 스스로 주변 환경을 감지하고 장애물을 회피하면서 목표 지점을 향하는 경로 계획(Path Planning) 알고리즘에 관한 연구에 대한 필요성이 증가하였다. 3차원 공간에서 무인기의 동역학 모델 및 주변 환경의 불확실성, 그리고 경로 생성의 실시간성을 고려한 경로 계획을 위해 다양한 연구들이 진행되고 있다.

본 연구에서는 장애물이 있는 3차원 공간에서 무인기의 동역학과 임의로 설정한 제한조건을 고려하여 경로 계획을 수행하는 것을 목표로 한다. 맵의 정보를 알고 있다고 가정하여 맵을 임의로 생성한 후 주어진 시작 위치에서 도착 위치까지 이동하는 경로를 계획하는 알고리즘을 구현할 것이다. 이후 시뮬레이션을 통해 알고리즘의 성능을 검증할 것이다.

본 연구를 위해서는 무인기의 동역학에 관한 지식 및 경로 계획을 위한 알고리즘에 대한 이해, Matlab/Python 활용능력 등이 요구된다.



그림 1 Quadroter delivery service

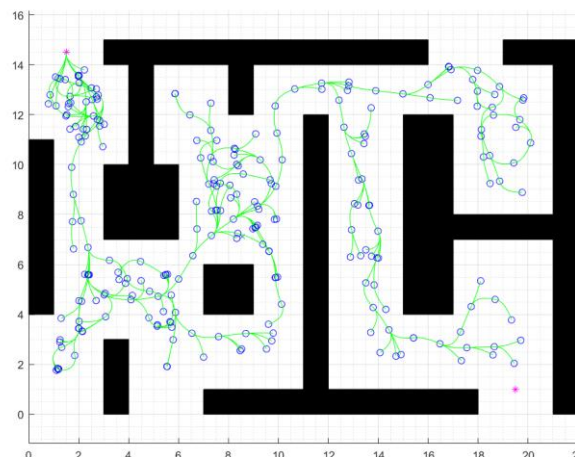


그림 2 Rapidly Exploring Random Tree(RRT) algorithm

3-4. 가제보 시뮬레이터를 이용한 제어기 설계 및 성능 검증

비행체 자동제어 시스템은 일반적으로 시행착오 방식이나 적당한 정확도의 수학적 모델을 이용하여 이론적으로 설계된다. 설계된 제어 시스템을 실제 비행체에 탑재하여 성능을 검증하는 것은 비용이나 시간이 많이 소요되기 때문에, 오늘날에는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 검증 방법이 실용적인 수단으로 자리 잡았다. 이 방식은 바람이나 기체 진동, 심지어는 여객기 착륙 장치 작동에 의한 영향 등 얼마나 사실적인 모델링이 반영 되었는지가 성능 검증의 신뢰도에 큰 영향을 미친다. 미국 항공 우주국이나 각 연구단에서는 독자적인 시뮬레이터를 개발하여 사용해 왔지만, 최근에는 오픈소스 기반의 로봇 시뮬레이터인 Gazebo 가 이용 편의성과 정밀한 모델링, 그리고 동일 플랫폼에서 여러 제어 기법을 비교해 볼 수 있다는 장점으로 인해 각광받고 있다.

본 연구는 쿼드로터에 대한 간단한 자동제어 시스템을 학습하고 이 제어 기법을 Gazebo를 이용해 검증하는 것을 목표로 한다. 가장 기본적인 PID 제어기법을 사용한 위치 및 자세 제어 기법을 학습하고, 이를 C++ 코드로 작성하여 Gazebo 시뮬레이터에 탑재한다. 이론적인 모델에 대해 시행착오 방식으로 설계된 PID 제어를 바람이나 기타 다양한 외란이 포함된 쿼드로터 Gazebo 시뮬레이터에 적용하고, 이 결과를 분석하여 다시 제어를 수정하는 작업을 통해 컴퓨터 시뮬레이터의 효용성을 살펴본다.

본 연구를 수행하기 위해서는 학부 수준의 공학수학(미분방정식, 선형대수학), 제어 공학 및 C++ 언어, 리눅스 환경에 대한 이해가 필요하다.

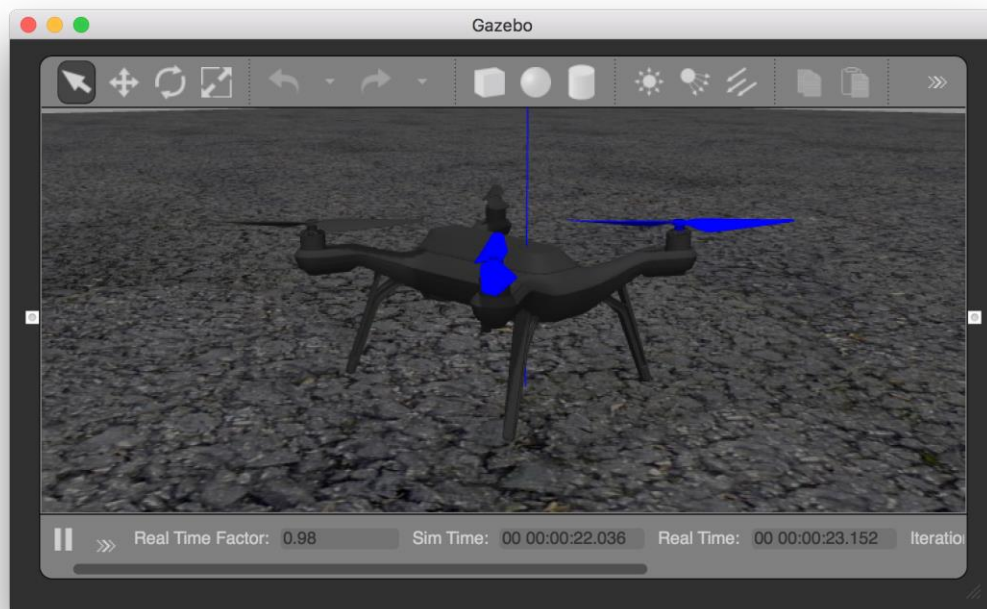


그림 1 Gazebo simulator

담당조교: 이상민 (everlastingminii@gmail.com)