

지능형 자율 수직 이착륙 소형 비행체 개발

Development of Autonomous VTOL-UAV

*김시습¹, 허준호¹, 김경수¹, #기창두², 김경석³

*S. S. Kim¹, J. H. Heo¹, K. S. Kim¹, #C. D. Kee(cdkee@chonnam.ac.kr)², G. S. Kim³

¹전남대 대학원 기계공학과, ²전남대 기계시스템 공학부, ³조선대 기계설계공학과

Key words : Air craft, VTOL, UAV, MAV, IMU, Autonomous Landing

1. 서론

최근 들어 회전날개를 가진 UAV에 대한 연구가 군사용 또는 일반인을 위한 목적으로 많이 연구되고 있다. 군사적으로는 정찰이나 탐색 및 공격을 위해서 무인비행체를 연구하고 있으며 재난 지역에서 조난당한 사람을 탐지하고, 넓은 범위의 재난지역을 모니터링 하기 위한 목적으로 연구되고 있으며 공통적으로 사람이 쉽게 다가갈 수 없는 환경에서 사람을 대신하여 임무를 수행 할 수 있는 무인 항공기에 대한 연구가 진행되고 있다. 또한 이러한 기능들을 가진 UAV가 개발 되어 있으며 이를 보다 효율적으로 설계하고 목적에 맞게 비행 범위나 전체적 비행체의 크기, 자율성, 탐색이나 공격을 위한 탑재물의 용량을 증가시키기 위해서 노력하고 있다.

회전날개를 이용한 항공기는 여러 종류가 있다. 전통적으로 2개의 로터를 가진 헬리콥터 같은 종류와 로터 부분을 움직일 수 있는 회전 로터 비행체가 있다. 4개의 로터로 구성된 비행체가 일반적인 구조이며 그밖에 여러 개의 로터로 구성된 비행체들이 존재한다. 이러한 로터로 구성된 비행체는 헬리콥터와 같이 수직으로 이륙 및 착륙이 가능하다는 특징이 있다. 따라서 좁은 공간에서 이륙, 착륙이 가능하므로 기동성을 확보할 수 있다. 또한 헬리콥터와 비교했을 때의 여러 개의 로터로 구성된 UAV의 장점은 크게 두 가지 정도가 있다. 첫째로는 로터를 구동하기 위한 복잡한 기계적인 연결 장치가 필요하지 않고 단지 개별적인 모터의 속도를 조절함으로써 비행체를 제어 할 수 있다. 따라서 유지보수가 간편하고 간단해진다. 두 번째는 여러 개의 로터로 헬리콥터의 메인 로터와 등가 시스템을 구성할 수 있으므로 각각의 로터의 크기를 줄일 수 있고 전체적으로 소형 비행체(MAV)의 제작이 가능하다.

본 연구에서는 세 개의 로터로 구성된 UAV를 설계하였고 자율적인 수직이착륙이 가능한 UAV의 개발에 관해 기술하였다. 자율성을 확보하기 위해서 내부에 마이크로컨트롤러를 탑재하였고 IMU(Inertia Measurement Unit)를 제작하여 UAV내부에 작용하는 관성을 측정하고 되먹임해서 자율적 시스템을 구성하였다. 또한 수직 이착륙을 수행하기 위해서 지면과의 거리정보 획득을 위해서 초음파센서를 사용하였으며 실험을 통해서 IMU와 초음파 센서로 측정된 데이터를 이용하여 UAV의 자율적 수직 이착륙을 수행할 수 있음을 보였다.

2. 시스템 개념 설계

2.1 프레임 설계

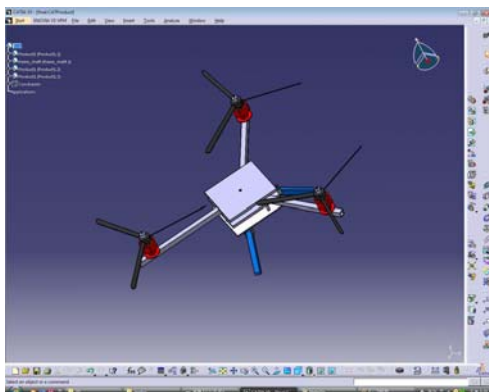


Fig. 1 Prototype of UAV

Fig.1 은 트리플 로터 형식의 UAV의 3D 설계 모습이다. UAV의 모양은 3개의 모터를 대칭적으로 배치하여 삼각형 모양으로 설계 하였다. 프레임은 UAV의 무게를 줄이기 위해서 가벼우면서도 단단한 재질의 카본 사각 파이프와 포맥스 재료를 사용하여 가공하였다.

2.2 시스템 구성

UAV는 BLDC 모터와 프로펠러, 마이크로컨트롤러, IMU 장치와 초음파센서로 구성이 되어있다.

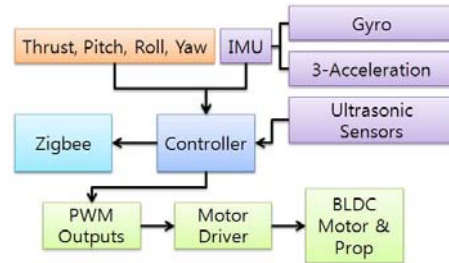


Fig. 2 Block diagram of UAV

Fig. 2에서 보는 것과 같이 IMU 장치는 Gyro센서 3개와 3축 가속도 센서로 구성 되어있으며 피치, 롤, 요의 각 변화를 측정할 수 있다. 3축의 프레임에 아래부분으로 거리감지 센서를 부착하여 이착륙 시 지면과의 거리를 감지하여 지면의 형태에 따라 측정된 데이터로 착륙가능여부를 판단하려는 목적으로 사용하였다. UAV는 마이크로컨트롤러에서 센서데이터를 획득하고 오차를 계산해서 각 모터에 필요한 제어 신호(PWM)를 발생시켜 모터 드라이버를 통해 모터를 구동하여 추력을 발생 시킨다.

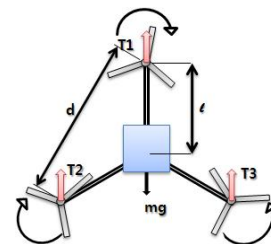


Fig. 3 Free body scheme

Fig. 3과 같이 UAV에 작용하는 힘을 계산 해 보면 물체의 무게중심에서 세 개의 모터의 의해 발생하는 힘과 자이로스코프 효과, 블레이드의 항력으로 인한 힘으로 구성된다.

$$\Gamma_c = \Gamma_c + \Gamma_g + \Gamma_d$$

UAV에 작용하는 자이로스코프 효과와 블레이드의 항력으로 인한 힘을 아주 작다고 가정하고 무시하면 전체 토크는 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Gamma_c = l_1 \times T_1 + l_2 \times T_2 + l_3 \times T_3$$

또 UAV의 자세를 축 방향, 길이 방향, 측 방향의 세 가지로 나누어서 제어 할 수 있으며 그 변화에 따른 동역학 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} I_z \ddot{\psi} &= -l\delta(T_1 + T_2 + T_3) \\ I_y \ddot{\theta} &= -(1/2)l\delta(T_1 + T_2 - 2T_3) \\ I_x \ddot{\phi} &= (1/2)\sqrt{3}l\delta(T_1 - T_2) \end{aligned}$$

2.3 제어 알고리즘

본 논문에서 UAV의 제어는 크게 자율 비행 할 때 와 자율 착륙할 때로 나누어진다. 자율 비행 할 때는 자이로 센서와 가속도 센서로 측정된 센서데이터를 이용해서 UAV의 자세를 제어한다. 그리고 자율 착륙 할 때는 UAV의 자세 제어와 더불어 착륙하려고 하는 지점이 착륙 가능한 곳인지를 초음파센서를 이용하여 거리를 계측함으로써 판단한다. 만약 3조의 초음파센서의 데이터가 일정한 오차 범위 이내이면 착륙 하고자 하는 목적지점이 착륙 가능한 지점으로 간주하여 각 로터의 회전 속도를 줄여나가면서 착륙을 시도하고 그렇지 않으면 착륙할 수 없는 불안정한 지형이라고 판단하고 다른 곳으로 UAV를 이동 시키게 된다. Fig. 4는 지능형 수직 이착륙 UAV의 전체적인 알고리즘을 간략하게 나타낸 순서도이다.

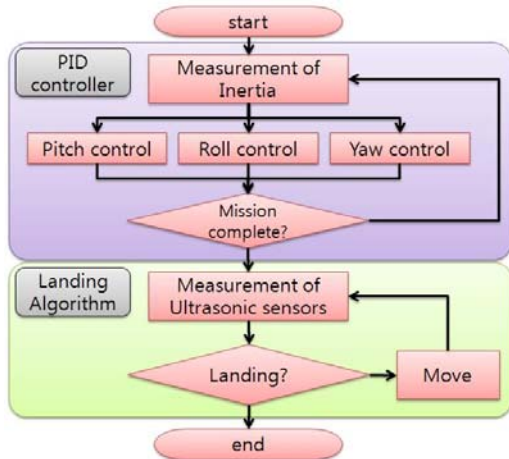


Fig. 4 Control algorithm

3. 시뮬레이션

MATLAB을 이용하여 UAV의 제어 알고리즘의 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 5는 pitch, roll, yaw의 각 변화를 나타낸 그림이다.

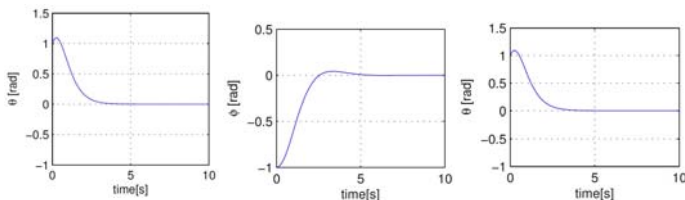


Fig. 5 Pitch, roll, yaw angle

4. 실험 및 결과

본 연구를 통해서 제작된 지능형 UAV는 Fig. 6과 같다. 카본사각과이프를 축으로 하여 끝부분에 BLDC 모터와 거리측정용 초음파 센서가 고정되어 있다. 전체 UAV의 무게는 Li-Poly 배터리를 포함해서 628g이다.

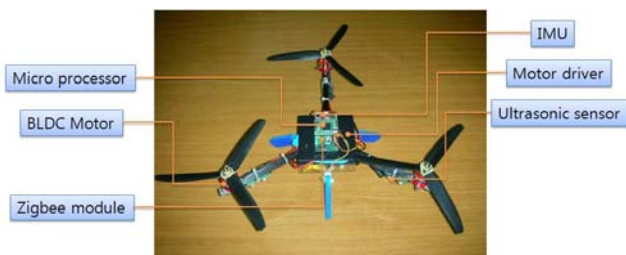


Fig. 6 Autonomous VTOL UAV

지능형 UAV 시스템은 마이크로 컨트롤러와 IMU, 무선통신 모듈 등으로 구성되어있다. 마이크로 컨트롤러는 PWM신호를 발생시켜 모터를 제어하고 전체시스템 제어 프로그램이 내장되어 있다. 이것이 UAV가 자율적으로 이착륙 할 수 있도록 초음파 센서 데이터와 IMU에서 측정된 데이터를 획득하여 전체 시스템을 제어한다. IMU는 소형 UAV에 맞게 설계하였고 자이로센서와

가속도센서로 각도와 각속도를 컨트롤러에 제공한다. Fig. 7은 개발된 IMU(Inertia Measurement Unit)의 모습이다.



Fig. 7 IMU(Inertia Measurement Unit)

5. 결론

여러 개의 로터로 된 UAV는 기존의 헬리콥터보다 모델링과 제어가 간단해서 연구개발 실험 및 취미생활 등 다양한 목적으로 많은 인기를 얻고 있다. 본 연구를 통해서 세 개의 로터로 구성된 지능형 수직 이착륙 UAV를 설계 및 개발 하였다. 지능형 UAV용 임베디드 시스템을 구현하고 UAV의 자세를 제어하기 위해서 자이로센서와 가속도 센서를 이용해서 IMU(Inertia Measurement Unit)을 개발하였다. 또한 지능형 자율 수직 이착륙 기능을 구현하기 위해서 UAV 세 프레임에 초음파 센서를 설치하여 UAV가 이착륙할 때 거리데이터를 획득하여 착륙 가능한 곳인지 아닌지를 판단하여 자율적으로 수직 이륙, 착륙할 수 있는 시스템을 개발 하였다.

앞으로 정확한 목적지를 설정하면 UAV가 인식하여 자율적으로 이착륙 할 수 있는 시스템을 구현하고자 하며 또한 탑재물을 장착할 수 있는 시스템을 설계하여 다양한 분야에서 응용할 수 있는 플랫폼 개발에 대한 연구를 하고자한다.

참고문헌

1. 원대연, 최대형, 탁민제, 이종혁, 권오준, "쿼드-로터 방식 비행체 개념 설계," 한국 항공우주학회, 197-201, 2005.
2. Philippe Rongier, Erwann Lavarec, "Kinematics and Dynamic Modeling and Control of a 3-Rotor Aircraft," International Conference on Robotics and Automation, 2606-2611, 2005.
3. Gabriel M. Hoffmann, Haomiao Huang, Steven L. Waslander, Claire J. Tomlin, "Quadrotor Helicopter Flight Dynamics and Control : Theory and Experiment," AIAA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibit, 2007.
4. J. Escareno, A. Sanchez, O. Garcia, R. Lozano, "Triple Tiling Rotor mini-UAV : Modeling and Embedded Control of the Attitude," American Control Conference, 3476-3481, 2008.
5. Erdinc Altug, James P. Ostrowski, Camillo J. Taylor, "Quadrotor Control Using Dual Camera Visual Feedback," International Conference on Robotics and Automation, 4294-4299, 2003.
6. Byoung-Mun Min, Min-Jae Tahk, David Hyunchul Shim, Hyo-Choong Bang, "Guidance Law for Vision-Based Automatic Landing of UAV," KSAS International Journal, 46-53, 2007.
7. Sven Lange, Niko Sunderhuaf, Peter Protzel, "Autonomous Landing for a Multirotor UAV Using Vision," International Conference on Simulation Modeling and Programming for Autonomous Robots , 482-491, 2008.