

무인정찰기 카메라의 진동 해석에 대한 연구

곽재혁*, 정광영*, 전성식*

*공주대학교 기계공학과

e-mail : jhkwak82@hotmail.com

A Study of vibration analysis of UAV camera

Jae Hyuck Kwak*, Seong Sik Cheon*, Kwang Young Jung*

*Dept of Mecchanical Engineering, Kongju National University

요 약

본 논문에서는 무인정찰기 카메라의 진동에 대한 해석을 동역학 해석 프로그램 ADAMS를 통하여 수행하였다. 정찰시 카메라에 진동이 발생할 경우 시선 불안정화에 의해 정확한 촬영이 불가하다. 이에 진동을 감소시키기 위한 방진구의 최적화를 위하여 정적 처짐량 및 비행기의 운행에 따른 진동에 대한 해석으로 sine sweep, RMS white noise에 대한 해석을 수행하고자 한다.

1. 서론

항공우주 기술은 그 역사가 100여년 정도의 신생 기술로서 큰 부가가치와 타 산업에의 막대한 파급 효과로 인하여 급속한 발전을 거듭해 오고 있다. 초반의 항공우주 기술은 주로 여객과 화물 수송의 유인항공기로부터 최근 우주분야와 무인비행체 분야로 확장 되어 가고 있다. 현재 항공 기술은 수송뿐만이 아닌 정보수집 등의 영역에서도 활발한 역할을 수행하고 있다[1].

현재까지 무인항공기의 광범위한 활용범위와 잠재성에도 불구하고 대부분의 임무는 군용으로의 역할이 대부분을 차지하고 있는 것은 현재 기술수준의 무인항공기가 유인항공기에 비하여 운용단가가 높으며 비행공역에서의 위험 등의 높은 사고율 등의 문제를 가지고 있기 때문이라 볼 수 있다.[2] 이와 같은 문제점이 해결된다면 무인기의 활용분야는 더욱 넓어지게 되고 막대한 민수, 공공시장이 창출될 것이다.

무인정찰기의 정찰 임무와 관련하여 다양한 관측 모드가 있는데 지상의 지정된 한 지점을 하나의 영상 프레임으로 정밀 촬영을 하는 Spot, 지상의 정해진 영역(항공기의 측면이나 정면의 일정 영역)을 연속으로 촬영하는 Strip, 항공기의 비행경로에 따라 고정된 시선 각내의 지역을 연속 촬영하는 Path, 지상의 특정 지점을 비행기가 이동하더라도 지속 지향

하며 촬영하는 State등이 있는데 이러한 다양한 관측 모드에 따른 Jitter, Drift, Deformation등을 동시에 고려하여 광학 성능을 예측해야 한다.

탑재 장비의 구조는 탑재 카메라부, 탑재 구조부, 탑재 전자부로 이루어져 있으며, 탑재카메라의 기능 및 역할은 EO/IR 겸용 망원 광학계 및 검출 모듈을 통하여 가시광선 및 중 적외선 파장대역 영상신호를 동시에 획득하며 카메라 시선 안정화 구동 및 진동을 차단한다. 또한 플랫폼 움직임을 고려하여 전방 운동보상(FMC) 구동을 하도록 되어 있다. 탑재 구조부의 기능 및 역할은 탑재 카메라부 지지 및 카메라 시선 구동의 역할을 하며, 체계 비행체 장착 및 외부 구조물(EO/IR 광학창)체계 및 탑재 전자부와 전기적 인터페이스를 이루고 있다. 탑재 전자부는 EO/IR 탑재 장비 제어/관리 및 임무처리를 하고 시선 안정화 및 전방운동보상(FMC) 제어의 역할, GPS/INS를 이용한 Geo-refernceing의 운용의 기능 및 역할을 한다.

위와 같은 탑재 장비의 구조와 기능 및 역할 중 외란이 발생하였을 때 탑재 구조부와 탑재 카메라부 시스템에 미치는 진동 특성 분석 및 시스템의 보안을 통하여 외란이 카메라에 미치는 영향을 최소화시키하고자 한다.

2. 무인정찰기

2.1 무인정찰기 분류

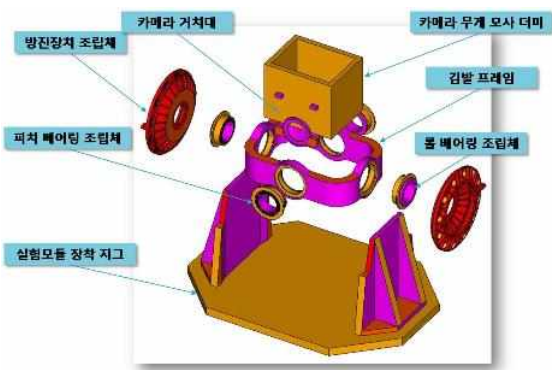
[표 1] 고도 및 임무별 분류

고도	저고도	10,000ft 이하
	중고도	15,000~20,000ft
	고고도	50,000ft 이상
제공 시간	단기제공	6시간 이하
	중기제공	6~12시간
	장기제공	12시간 이상
임무	군수용	대공표적기, 정찰·감시
	민수용	지도제작, 통신중계 등

무인항공기의 용도는 인간의 한계를 초월하는 또는 생명에 위협을 줄 수 있는 위험한 업무를 수행하는 역할을 담당하였다. 조종사에게 위험한 환경, 조종사가 불편한 환경, 조종사에게 잠재적으로 위험하게 될 수 있는 환경 등의 관점을 들 수 있다. 처음 두 분야는 우리의 관심을 끌지만 세 번째 분야가 가장 중요하다.[3] 그 이유는 어느 누구도 위협에 처하지 않을 원치 않으나 UAV 시스템 자체가 위험한 요소를 지니고 있기 때문이며 장기제공 비행, 고고도 비행, 관심 밖의 지역 비행 등이 이 부분에 포함될 수 있다. 한편, UAV의 장점으로는 조종사의 위험성을 수반하지도 않고 인간의 생리적인 한계에 따른 조종 제한이 없으며 민·군 겸용성 등이 있다.

3. 무인정찰기 카메라 모델링 및 해석

3.1 모델링

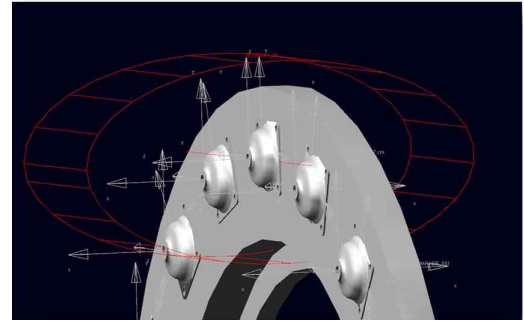


[그림 1] 실험모듈의 구성

무인 정찰기에 장착 되는 카메라의 구조는 크게 카메라부, 카메라 거치대, 김발 프레임, 롤/피치 베어링 조립체, 모듈 장착지그로 나뉘져 있다.

진동 해석을 위한 모델의 Part는 강체로 설정이 되어 있으며 방진구의 역할을 하는 Joint로 Bushing Joint를 [그림 2]와 같이 사용하였으며 각 Joint의 스

프링 상수 K에 대하여 Axial stiffness 및 Radial stiffness를 입력하였으며 댐핑 값 D의 경우 수식 (1)을 사용하여 값을 입력하였다.



[그림 2] 방진구 및 Bushing Joint의 설정

$$C_c = 2\sqrt{\frac{k}{n}m} \quad (1)$$

$$\zeta = \frac{c}{c_c} = \frac{c}{2\sqrt{\frac{k}{n}m}} \quad (2)$$

방진구에 입력이 되는 값은 제조사에서 제공되는 [표 2]의 값을 사용하였다.

[표 2] performance Characteristics

	Axial spring rate(N/mm)	Radial spring rate(N/mm)
AM004-14	11	12

3.2 해석 방법

해석 방법으로 모듈의 1G의 정적 처짐량에 대하여 시뮬레이션을 수행하고 직접 수식을 사용하여 두 값에 대한 결과에 대하여 비교를 하였다. 시뮬레이션에 의하여 발생한 정적 처짐량의 경우, 1.78mm의 처짐량을 나타내었으며 수식(2),(3)을 사용한 값에 대해서는 1.73mm로 모델의 Assembly 및 Joint 설정에 대하여 근사한 값이 발생한 것을 알 수 있다.

$$f = kx \quad (3)$$

$$x = \frac{ma}{k} \quad (4)$$

위와 같은 카메라부의 정적 처짐량 결과를 얻은 후 실제 무인 정찰기의 비행 모드에 따른 진동에 대한 결과 값을 얻기 위하여 방진구의 입력 값에 대하여 변화를 주어 수평 비행, 상승 및 하강, 선회 비행 등

의 환경을 만들어 해석을 수행하였다. 방진구의 강성 편차에 대한 값은 [표 3]의 값을 사용하였다.

[표 3] 방진구의 강성 편차에 따른 분석 모델

분석 모델	내용
Case1	강성편차가 없는 경우(기준 강성). 12N/mm
Case2	기준 강성으로부터 전·후 강성 편차 10% 적용. 전:13.2N/mm, 후: 10.8N/mm
Case3	기준 강성으로부터 좌·우 강성 편차 10% 적용. 좌:13.2N/mm, 우: 10.8N/mm

위와 같은 조건에서 진동 해석을 위해 카메라부의 전,후,좌,우 축의 질량 중심점에서 진동에 의한 변위 및 속도, 가속도 값을 구한다.

ADAMS를 통한 Frequency domain 해석에 대해서는 FFT(Fast fourier Transform)이 사용되게 된다. 푸리에변환에 근거하여 근사공식을 이용한 이산푸리에 변환을 계산할 때 연산횟수를 줄일 수 있도록 고안된 알고리즘이다.

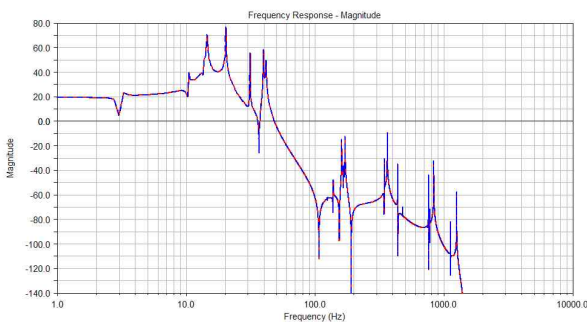
무인 정찰기의 진동 해석에 대하여 위와 같이 3가지의 case를 사용하며 해석 방법은 Sine sweep에 의한 결과 값을 토대로 해석을 수행하며 차후 시제품의 실험에 의한 결과 값과 비교를 하게 된다.

$$freq(x) = \begin{cases} f_0 & x \leq x_0 \\ f_0 + \frac{(f-f)}{2} \left[\frac{x-2x_0}{x_1-x_0} \right] & \text{if } x_0 \leq x \leq x_1 \\ f_1 & x \geq x_1 \end{cases} \quad (5)$$

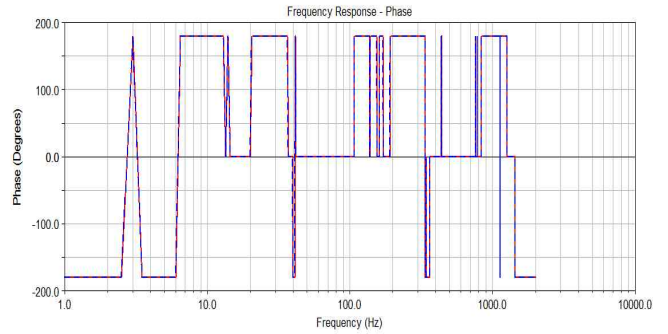
식(5)로부터

$$sweep = step(x,0,0,dx,1) * a * \sin(2\pi * freq(x) * x) \quad (6)$$

위의 명령 (6)을 사용하게 된다. 이 방법을 사용하여 sine sweep을 수행하게 되면 아래와 같은 data를 얻을 수 있다.



[그림 3] Sine sweep을 통한 카메라부의 진동 해석(변위)



[그림 4] Sine sweep을 통한 카메라부의 진동 해석(위상각)

4. 결론

본 논문에서 동역학 해석 프로그램인 ADAMS로 무인정찰기 장착 카메라에 대한 더미 모델의 모델링 및 정적 처짐량의 수행과 비행모드에 따른 진동 해석에 대하여 0.3G sine sweep을 수행하였다.

장착 카메라의 진동 발생에 따른 시선 안정화를 위하여 기계적인 부분의 최적 설계를 수행하고 진동의 최소화의 결과에 따라 전자제어부의 설계로 연결되어 차후 제어 시 발생하는 시선 불안정화에 대해서 시뮬레이션 및 해석을 수행하게 된다.

RMS white noise, Random response 등의 시뮬레이션 및 해석을 통하여 진동의 특성을 해석하고 있으며, 시선안정화를 위한 방진구의 최적 설계가 이루어질 것이다.

참고문헌

[1] 황수정, 오수훈, 구삼옥, 김재무, 임철호, “스마트 무인기의 활용 및 운용성능요구도”, 항공우주학회, 제1권, 제1호, pp. 817-820, 11월, 2002.

[2] 임창호, “세계 무인기 산업동향”, 항공우주산업기술 동향, 제2권, 제1호, pp. 25-35, 12월, 2004.

[3] 황수정, 최익현, “무인항공기 기술개발 동향”, 항공우주산업기술동향, 제1권, 제1호, pp. 60-65, 12월, 2003.