

외란에 강인한 짐벌에 안정적인 제어장치 설계

이길호*, 김병준**, 정희태**

*(주)시원텍

**부산외국어대학교 ICT창의융합학과

*e-mail:khygfr1@gmail.com

**e-mail:htchung@bufs.ac.kr

Stable Control Device Design of Strong Gimbal Against Disturbance

Gil-Ho LEE*, Amarnath-angani**, Byeong-Jun**, Kyoo-Jae Shin**

*Corporation See-One Tech

**Dept of ICT Creative Design, Busan University of Foreign Studies, BUFS

요 약

최근 드론의 사진영상촬영은 지형 감시를 위한 항공사진용으로 많이 쓰이고 있다 이것을 드론의 짐벌제어를 통해 아주 정교하고 정확하고 신속하게 영상촬영을 이끌어 낼 수 있으며, 본 논문에서는 짐벌과 센서간의 자동 조종 장치와 함께 제안되었다. 짐벌의 제어기능은 센서를 통해 자동 조종 비행 제어 시스템으로 구현되어 할당된 고정 소수점 대상. 공중 짐벌 프레임에서 지구 프레임으로의 좌표 변환 짐벌 본체 프레임 좌표가 대상에 올바르게 정렬되어야하고 짐벌 잠금 문제를 피하고, 짐벌의 제어를 안정적인 마이크로 컨트롤러로 구현이 가능토록 하여 기존 짐벌 제어 보다 흔들림이 없고 정교한 영상촬영 실현 할 것 입니다.

대부분 알려진 기존의 데이터를 사용하여 나타낼 것이며, 롤과 피치 (ω , ϕ)의 좌표와 각도실험으로 결과 값을 도출해 내었다.

1. 서론

최근 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 사진 측량이 빠른 속도로 진행되고 있습니다. 이것은 주로 마이크로 전자 기계 시스템과 나노의 개발 결과입니다. 전기 기계 시스템 센서 그 성능은 수십 번 이상 개선되었습니다.[1] 지난 20년 동안 컴퓨터, 배터리 및 카메라가 VR 영상촬영시의 주요 제한 요인이었습니다. 사진 측량 이전 진술에 기초하여, 짐벌은 곧 UAV의 필수 부분이 되었습니다. 짐벌은 고정 날개와 다중 회전형 UAV 둘 다에 사용될 수 있습니다.[2][3]

짐벌은 카메라의 각 운동을 원활하게하며 더 나은 이미지 구현을 얻을 수 있도록 합니다. 드론에서의 짐벌을 사용하여 테스트하는 것은 VR영상촬영에 있어서 짐벌이 진동을 최소화하며 실시간으로 이미지를 어플리케이션 하는데 아주 부드럽고 진동을 감쇠시키면서 카메라를 정해진 위치에 유지합니다.[4][5][6]

카메라의 축이 수평 또는 수직이지만 그것을 짐벌의 사용으로 외부 방향의 각도 매개변수를 이용하여 VR영상촬영을 비롯하여 사진측량기술에 아주 많은 기술적 응용이 가능할 것으로 생각되어 이번 연구에 관심을 갖고 진행하게 되었습니다.[7][8][9]

본 논문에서는 현재 짐벌의 능력을 토대로 진동센서의 부착등의 변화로 더 정교하고 신속한 촬영을 위한 실험을 진행하여 결과를 도출해 낼 것입니다. 사진 측량 요법 등은

2. 드론의 정의

2.1 쿼드콥터



(그림 1) 쿼드콥터형 드론

시중에 나와 있는 드론들은 4개의 모터를 교차하여 장착한 쿼드콥터형 드론들이 대부분을 차지한다. 그림 1은 쿼드콥터형 드론은 그 동작원리가 기존의 헬기에 비해 매우 간단하다. 또한 기계적 정비도 헬기에 비해 매우 쉬워 일반인도 손쉽게 운용할 수 있다는 장점이 있다. 용량에 따라 하중량은 그렇게 높지 않다 하지만 현재는 최대 12KG 이상의상업용 드론도 상용화되고 있으며 무게는 좀더 늘어날 수 있을 것이다. 가장 큰 이점은 인간의 손에 닿지 않는 부분에 들어갈수 있게 한다는 것이 큰 장점이다.

헬리콥터는 날개가 회전하는 회전익기의 대표 선수다. 프로펠러가 여러 개 달린, 우리가 흔히 드론이라 부르는 무인항공기를 통칭하는 말은 멀티콥터(multi-copter)인데 프로펠러 수에 따라 명칭이 다르다. 4개는 쿼드콥터(quad-copter), 6개는 헥사콥터(hexa-copter), 8개는 옥타콥터(octa-copter)다.

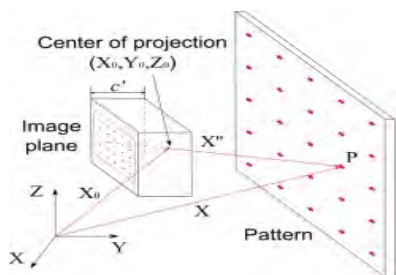
2.2 드론(쿼드콥터)의 동작원리



(그림 2) 짐벌 시스템 수평유지 장치

날개가 짝수인 건 작용-반작용 원리 때문인데 엄지손톱만한 프로펠러 4개를 가진 초소형 드론이 중력을 이기고 떠오르는 원리는 ‘짝수의 법칙’으로 설명된다. 헬리콥터에서 멀티콥터까지 회전익기의 프로펠러는 짝수다. 뉴턴 역학 제3법칙(작용-반작용 원리) 때문이다. 멀티콥터에 앞서 회전익기의 가장 단순한 형태인 헬리콥터를 살펴보자. 동체 중심에 있는 메인 프로펠러와 꼬리 프로펠러가 돌아가면서 상승한다. 꼬리 프로펠러가 없다면 헬리콥터는 하늘을 날지 못하는 원리이다 프로펠러의 회전 방향과 반대로 돌아가는 힘(역 토크)이 동체에 작용해서다. 작용-반작용의 원리다. 꼬리 프로펠러는 작용-반작용 원리에 따라 동체가 회전하지 못하도록 잡아 주는 동시에 방향을 바꾸는 역할을 맡는다. 그림 2와 같이 드론은 모터의 변속을 통해 프로펠러의 추력을 조절하여 Pitch(드론의 전진/후진), Roll(드론의 좌측이동/우측이동)Yaw(드론의좌회전/우회전)그리고 Throttle(드론의 상승/하강)의 움직임을 정의할 수 있다.[10]

2.3 제어 안정화 원리



(그림 3) 핀홀 카메라 모델

핀홀 카메라 모델은 가장 빈번하게 사용되는 카메라 모델 모델인데 그림3은 투영물의 중심 투영의 중심을 통과하는 물체의 내부에서 끝난다.[10]

$$X = X_0 + X \quad \text{식(1)}$$

투영의 중심은 좌표계를 기준으로 벡터 X₀에 의해 정의됩니다. 포인트 투영의 중심은 좌표계를 기준으로 벡터 X₀에 의해 정의됩니다. 포인트 P 객체에있는 P (벡터 X)는 벡터 X₀ 및 벡터 X "에 따라 파생 될 수 있습니다.

(1)에 따라, 벡터 X₀ 및 벡터 X "에 기초하여, 객체 상에 위치 된 벡터 (벡터 X)가 도출 될 수있다. 식 (1). 벡터 X "는 물체 위의 점과 투영 중심으로 정의된다.

동시에, 짐벌과 카메라 시스템간에 센서 주파수는 700 Hz 연결 ⇒ i = 1 / 700 으로 설정하며, 카메라 위치 기반보정을 위한 짐벌의 축을 중심으로 피치 및 롤 (φ, ω), 또는 피치, 롤 및 요우 (φ, ω, κ) 축을 포함 할 수 있다.

짐벌은 방향을 유지하고 진동을 약화시키는 장치입니다.

짐벌의 임무는 시간 i 단위로 검출 된 모든 움직임에 대한 보정을 계산할 것이며. 다음 요구 사항을 충족하면서 결과를 도출할 것이다.

$$\omega T \approx \omega i, \phi T \approx \phi i, \kappa T \approx \kappa i \quad \text{식(2)}$$

3. 짐벌의 설계

드론 짐벌제어시스템의 짐벌은 외란과 장착부의 진동의 영향을 받음에도 불구하고 카메라 영상의 흔들림을 제거하고 원하는 표적 방향으로 영상장비를 유지하는 장치로 카메라 모듈과 안정적인 구동장치를 실현하는데 큰 역할을 한다.

3.1 구성



(a) 짐벌



(b) 자이로센서

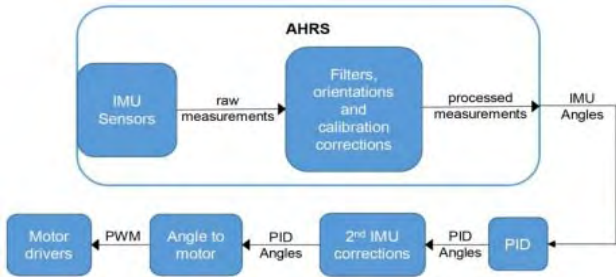
짐벌컨트롤보드(Storm32)

(그림 3) 짐벌 시스템

3.2 안정화 제어

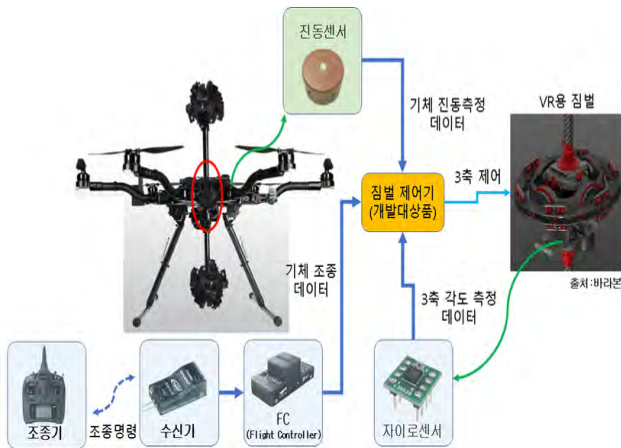
짐벌은 그림3과 같이 수평유지 해주는 장치이다 하지만 기존의 짐벌 시스템과 현재 상용되고 있는 짐벌 제어기는

점점 개선된 제품을 선보이고 있고, 영상촬영 하는데 크게 어려움이 없으나 이번 연구를 통해 초보자들의 조종미숙과 촬영상황에서의 미세한 흔들림으로 인해 촬영결과물의 시야 방해, 촬영영상의 위치가 급격하게 이동하는 등 문제점을 인지하고 상공에서의 비행 중 촬영물을 한 단계 빠르게 미리 예측하여 영상촬영이 가능하도록 하고 안정적인 비행과 향후 전방추돌기능을 탑재시킬 수 있는 연구를 진행할 것이다.



(그림 4) 짐벌 안정화 제어 흐름도

기본 짐벌 IMU는 3 축 가속도계와 3 축 자이로 스코프로 구성되며, 짐벌의 카메라 홀더에 장착됩니다. 짐벌의 제어 루프는 그림 4와 같이 제어되며 측정은 필터, 교정 및 방향 교정으로 처리되며, 각도는 보정된 IMU 측정치에 기초한다. AHRS 데이터를 기반으로 PID (Proportional Integral Derivative) 각도는 PID 컨트롤러에 의해 계산되고 펄스 폭 변조를 통해 전송됩니다. (PWM)을 이동 카메라 인 모터 드라이버에 전달하여 위치를 보정한다.



(그림 5) 드론 시스템 구성도

제안된 시스템 개요는 그림 5와 같은 과정을 통해 구현해 보았다. 시스템구성은 기존의 VR 짐벌제어기에서 한단계 업그레이드된 진동센서와 자이로센서가 짐벌축에 탑재되어 보다 견고하고 정밀한 자세제어가 용이하도록 하였다. 이후 개발 대상품에 대한 연구진행중 짐벌각에 대한 견고함 정도를 나타내는 짐벌각의 데이터를 얻을 수 있었다.

4. 실험



(그림 6) 실내 비행 시험

그림 6은 총 468 GCP를 포함하는 체스보드 테스트 필드 앞에서 비행 시뮬레이션을 수행했으며, UAV의 움직임은 최대로 회전시켜 수동으로 시뮬레이트됩니다. 롤 및 피치 축을 기준으로 $\pm 40^\circ$. 첫 번째 IMU 데이터에 대해 수행되었다. 비행 시뮬레이션의 20분 동안 진행되었고 IMU 데이터 이외에, 외부 배향 안정성은 사진 측량법으로 얻은 데이터를 통해 분석. 비행 시뮬레이션 20분 동안, 40개의 이미지가 촬영되었고 보조 IMU 데이터가 기록되었습니다. 카메라와 IMU가 동기화됩니다. IMU 데이터를 기록하기 시작하여 이 유형의 테스트에 대해 충분한 정밀도로 수동으로 카메라는 시간 경과 데이터 수집의 시작을 알립니다. 시간 경과 간격은 30초로 설정되었습니다. 짐벌 컨트롤러와 컴퓨터. 외부 배향 매개 변수는 그림 3에 설명된 대로 468 GCP로 테스트 필드에서 Orpheus 소프트웨어를 사용하여 이미지를 만듭니다.

4.1 실험결과 값

<표 1> 자이로센서와 진동센서 측정 데이터1

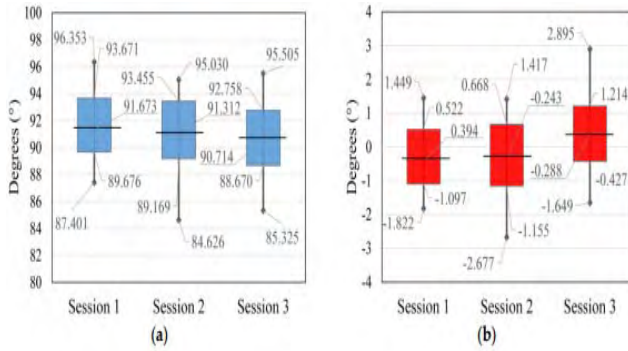
	Pitch (°)	Roll (°)	IMU Pitch (°)	IMU Roll (°)
Average	91.13797	2.71445	2.72	-0.71
St. dev.	0.46591	0.36282	13.36	10.94
Min	90.03401	1.75086	-32.17	-41.34
Max	92.59373	3.71907	37.73	51.84

표 1에 제시된 자료는 사진 측량법과 IMU는 짐벌없이 사용중인 카메라의 움직임.

<표 2> 자이로센서와 진동센서 측정 데이터2

	1st Session		2nd Session	
	Pitch (°)	Roll (°)	Pitch (°)	Roll (°)
Average	-0.38750	-1.32690	-0.60653	-1.61740
St. dev.	1.72962	1.66566	0.92112	1.69534
Min	-3.47135	-6.02212	-2.28265	-5.20398
Max	4.75898	0.93433	1.81105	2.41166

표 2는 사진 측량 및 2 차 IMU는 롤 및 피치 매개 변수에 대한 데이터를 주고 짐벌에 자이로센서와 진동센서를 부착하여 피치, 롤 각도를 측정된 결과값



(a) pitch parameter (b) roll parameter
(그림 7) Pitch와 Roll에 따른 각도 결과

5. 결론

비행 시뮬레이션을 위해 계산된 사진 측량은 2.56 ° 및 1.97 °이며 표준 편차는 0.46 ° 및 0.36 °이다. 반면, 실내 비행 중에 수집된 데이터는 8.95 °, 10.40 ° 및 10.18 °, 표준 편차는 1.99 °, 2.14 ° 및 2.04 °이다.

세션 및 3.27 °, 4.09 ° 및 4.54 ° 사이의 롤 매개 변수 데이터 범위에 대해 편차는 0.81 °, 0.91 ° 및 0.82 °이고 실외 비행 범위의 두 세션 중에 수집된 데이터 0.82 ° 표준 편차는 1.73 °와 0.92 °이다.

짐벌을 사용하는 것은 비행 조건에 달려 있으며, 비행 시뮬레이션 동안 20 번 이상 동안 실내 및 실외 테스트 비행 중 컨트롤러는 ± 15 ° 및 ± 25 °로 제한되었다.

비행 시뮬레이션 중에는 활성 제한이 없다는 것을 알았고 그 결과 짐벌이 카메라의 외부 방향 안정성을 향상시키는 것이 분명하다. 따라서, 외란에 대한 짐벌을 사용하면 광선의 번들이 더 잘 어울리고 더 나은 측면과 끝이 생기며, 더 나은 이미지를 얻을 수 있는 결론이 나온다.

사사표기

본 연구는 한국에너지기술평가원의 에너지인력양성사업 산업전문석사 인력양성의 “ICT 공장자동화 인력양성”사업에 의하여 발표된 논문입니다.

참고문헌

[1] Brake, N.J. Control System Development for Small UAV Gimbal. Ph.D. Thesis, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA, USA, August 2012.
 [2] Leira, F.S.; Trnka, K.; Fossen, T.I.; Johansen, T.A. A Light-Weight Thermal Camera Payload with Georeferencing Capabilities for Small Fixed-Wing UAVs. In Proceedings of the International Conference on Unmanned Aircraft Systems, Denver,

CO, USA, 9 - 12 June 2015.

[3] Gonzalez, L.F.; Montes, G.A.; Puig, E.; Johnson, S.; Mengersen, K.; Gaston, K.J. Unmanned Aerial Vehicles(UAVs) and artificial intelligence revolutionizing wildlife monitoring and conservation. *Sensors* **2016**.

[4] Detert, M.; Weitbrecht, V. A low-cost airborne velocimetry system: Proof of concept. *J. Hydraul. Res.* **2015**, *53*, 532 - 539.

[5] Flavia, T.; Pagano, C.; Phamduy, P.; Grimaldi, S.; Porfiri, M. Large-scale particle image velocimetry from an unmanned aerial vehicle. *IEEE ASME Trans. Mechatron.* **2015**, *20*, 3269 - 3275.

[6] Windau, J.; Itti, L. Multilayer Real-Time Video Image Stabilization. In Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems, San Francisco, CA, USA, 25 - 30 September 2011.

[7] Jeꞑdrasiak, K.; Bereska, D.; Nawrat, A. The Prototype of Gyro-Stabilized UAV Gimbal for Day-Night Surveillance. In *Advanced Technologies for Intelligent Systems of National Border Security*; Nawrat, A., Simek, K., Swierniak, A., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2013; pp. 107 - 115.

[8] Jeꞑdrasiak, K.; Bereska, D.; Nawrat, A. The Prototype of Gyro-Stabilized UAV Gimbal for Day-Night Surveillance. In *Advanced Technologies for Intelligent Systems of National Border Security*; Nawrat, A., Simek, K., Swierniak, A., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2013; pp. 107 - 115.

[9] Blois, G.; Best, J.L.; Christensen, K.T.; Cichella, V.; Donahue, A.; Hovakimyan, N.; Kennedy, A.; Pakrasi, I. UAV-Based PIV for Quantifying Water-Flow Processes in Large-Scale Natural Environments. In Proceedings of the 18th International Symposium on the Application of Laser and Imaging Techniques to Fluid Mechanics, Lisbon, Portugal, 4 - 7 July 2016

[10] Mateo Gasparovi and Luka, Ayman F.Habib “Gimbal Influence on the Stability of Exterior Orientation Parameters of UAV Acquired Images” University of Zagreb 18 Feb 2017