

Hemisphere shell passive wheel을 이용한 육상 및 공중에서 동시 운용 가능한 쿼드로터 형상 설계 및 제작

김민규³, 김민종^{2*}, 김상원¹, 김재승⁴, 김현재⁵, 이동우¹, 이호형¹, 방효총¹
한국과학기술원¹, 대구경북과학기술원², 공군사관학교³, 육군사관학교⁴, 경북대학교⁵

Design of an air-land quadrotor using Hemisphere shell passive wheel

MinGyu Kim³, Minjong Kim^{2*}, Sangwon Kim¹, Jaeseung Kim¹, Hyeonjae Kim⁵
Dongwoo Lee¹, Hohyeong Lee¹, Hyochong Bang¹

Key Words : UAV(Unmanned Aerial Vehicle), Quadrotor, Passive wheel

서 론

제자리 비행(Hovering) 및 3축 방향의 자유로운 비행이 가능하고, 구조가 간단하고 및 조작이 편리하여 쿼드로터는 다방면으로 활용되고 있다. 다만, 배터리 시스템의 한계로 운용거리 및 비행시간이 짧으며 충돌 시 구조적 안정성이 낮기 때문에 여러 지형에서의 활용이 제한되는 실정이다. 이러한 단점을 극복하기 위해 “Design and Experimental Validation of HyTAQ⁽¹⁾”에서는 Rolling cage 기반 육상이동으로 기존 대비 4배 이상의 운용거리와 6배 이상의 운용시간의 이점을 가졌다. “Proposal and Experimental Validation of a Design Strategy for a UAV with a Passive Rotating Spherical Shell⁽²⁾”에서는 3축회전이 가능한 풀러렌 구조Spherical Shell을 통해 육상에서 자유도와 충돌안정성을 향상시켰다.

하지만, Rolling cage의 경우 육상에서의 직선운동만 가능하다. 또한, Spherical shell의 경우 하나의 조인트(joint)가 손상되었을 시 전체 내구성이 불안정해지며 조인트에서 발생하는 요란으로 항력이 크게 증가하는 단점이 식별되었다. 따라서, 본 연구에서는 쿼드로터의 에너지 효율을 높이고, 반구형 Spherical shell 형상을 적용해 상기한 문제점을 해결하고자 한다.

본 론

형상 설계

본 연구에서는 Quadrotor에 Passive wheel을 장착하여 원활한 저고도 비행뿐만 아니라 지면과 접촉한 채로 육상에서의 원활한 이동 또한 가능한 무인기를 설계 및 제작하였다. 차별화된 Passive wheel 설계 및 제작을 통해 내구성 그리고 항력에서의 이점을 유지하는 것을 목표로 하였다.

Passive wheel의 대표적인 두 가지 형상으로는 Cylindrical shell과 Spherical shell이 있다. Spherical shell은 정다각형 Polygon이 조합된 형태로 비행 시 발생하는 항력을 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 대칭적인 구조로 인해 높은 안정성을 가진다. Cylindrical shell은 비교적 단순한 형태로 제작 시 용

이하고, 높은 내구성을 가진다는 강점이 있다.

Spherical shell이 갖는 안정성과 항력에서의 이점은 유지한 채 Cylindrical shell의 높은 내구성과 제작에서의 편리함을 함께 가지는 형상으로 절충된 형상인 Hemisphere shell을 고안하였다. 무인기를 관통하는 가운데 중심축을 기준으로 두 개의 Hemisphere shell이 쿼드로터를 감싸는 형태로 구조를 설계하였다. Hemisphere shell의 경우 반경이 다른 ring 형태의 프레임이 동일한 회전축으로 연결된 형태로 설계하여 대칭성으로 인한 안정성은 유지하면서도 제작이 용이하도록 하였다. Ring frame의 외부에는 곡선형 spoke를 각 ring의 중심에서 표면까지는 직선형 spoke를 연결하여 내구성 면에서도 이점을 갖도록 구성하였다. 베어링을 통해 각 Spherical shell이 독립적으로 회전할 수 있으며, 이축회전 또한 가능하다. Pitching과 Yawing을 통해 얻는 제어에서의 이점, 충돌시 안정성을 높이는데 큰 기여를 할 것으로 기대된다. 아래 Figure 1,2,3에서 설계된 무인기의 형상을 직접 확인할 수 있다. Figure 1(좌)은 전반적인 형상을, Figure 1(중)는 축에 수직인 방향에서의 형상, Figure 1(우)은 축에 나란한 측면에서의 모습을 보여준다. 형상 설계 시 Autodesk Inventor 2023 프로그램을 사용하였고, 구조를 명확히 드러내기 위해 spoke의 경우 하나씩만 연결해두었다.

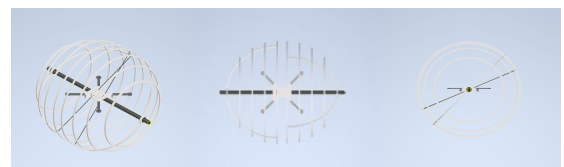


Fig. 1. The overall structure of UAV

시스템 구성



Fig. 2. Quadrotor without shell(Left), Hemisphere shell(Right)

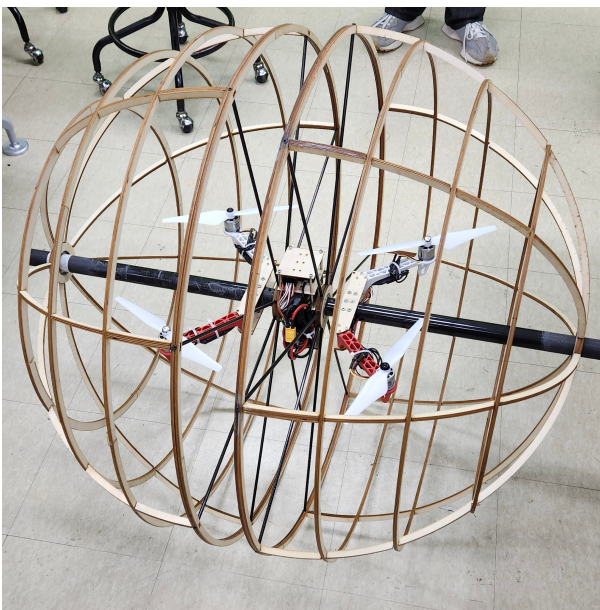


Fig. 3. Completed Quadrotor

Quadrotor를 관통하는 중심축과 직선형 spoke는 카본 파이프를 사용하였고, 기본적인 프레임은 Resin, 2t 발사나무를 사용하였다. 3D printer를 이용해 작은 크기의 parts와 연결 부분을 제작하고 Hemisphere shell은 Laser cutter를 이용하여 출력 후 적층하는 방식으로 프레임을 제작하였다. 중심축인 Carbon pipe와 Hemisphere Shell은 베어링을 통해 적은 마찰로 회전하도록 했다. 항전장비로 DJI사의 NAZA M V2를 사용하였고 탑재된 PID 제어기를 이용하여 제어했다. 자세한 시스템 구성은 아래 표와 같다.

Table 1 Specification of Quadrotor

항전장비	Naza m v2
통신장비	Futaba r7008sb
모터	PolyTronics S2312 (920KV)
변속기	PolyTronics MR-X3 (40A)
배터리	EP Power 6s Lipo (2500mah)

결론



Fig. 4. Free moving on the ground(Left), Hovering (Right)

본 연구에서는 2개의 Hemisphere shell 형상을 조합한 쿼드로터 시스템을 설계 및 구현하였다. 2축 회전이 가능한 Hemisphere shell을 통해 육상에서 자유롭게 움직일 수 있었으며, 장애물 충돌 시의 안정성 저하를 최소화할 수 있었다. 동시에 구조적 강건성을 확보함으로써 기존 선행연구 형상들이 가지는 단점을 보완할 수 있음을 확인하였다. 육상 및 공중에서 동시운동을 통해 기존 쿼드로터와 비교하여 경로 선택의 제약을 받지 않으므로 낮은 피탐 확률을 요구하는 임무에 투입 가능할 것으로 사료된다. 또한, 극한 환경에서의 이륙 및 다양한 특수 작전(정찰 및 침투)에 활용 가능하며, 더 나아가 군 임무를 넘어서서 야산 고립 및 산불과 같은 재난 상황에서도 다양하게 활용 가능할 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 2022년도 밀리테크(miliTECH) 연구 지원 프로그램으로 진행되었습니다.

참고문헌

- 1) Kalantari, A., & Spenko, M. (2013, May). Design and experimental validation of hytaq, a hybrid terrestrial and aerial quadrotor. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 4445–4450). IEEE.
- 2) Mizutani, S., Okada, Y., Salaan, C. J., Ishii, T., Ohno, K., & Tadokoro, S. (2015, September). Proposal and experimental validation of a design strategy for a UAV with a passive rotating spherical shell. In *2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 1271–1278). IEEE.