

Weekly Report

Prepared by: Huy Quang Nguyen

Date: 19/09/2025

- Paper : Avian-Inspired Grasping for Quadrotor Micro UAVs
- **Justin Thomas, Joe Polin, Koushil Sreenath, Vijay Kumar**
University of Pennsylvania (2013)

Accomplishments

- **Mục tiêu:** phát triển quadrotor MAV có khả năng **grasping tốc độ cao**, lấy cảm hứng từ đại bàng săn mồi.
- **Động học:** mô hình trong mặt phẳng $x - z$, trạng thái gồm $(x_q, z_q, \theta, \beta)$.
- **Differential Flatness:** hệ là *differentially flat* với flat outputs:

$$y = [x_q \quad z_q \quad \beta]^T$$

- Từ $y, \dot{y}, \ddot{y}, \dots$ có thể khôi phục toàn bộ trạng thái và đầu vào.

Trajectory Planning

- Bài toán: tìm quỹ đạo (x_q, z_q, β) mượt, thỏa mãn động học.
- Ràng buộc:
 - Vị trí đầu/cuối cố định, với $\dot{y} = \ddot{y} = 0$.
 - Tại thời điểm **pickup**: gripper phải hướng thẳng vào mục tiêu.
- Dùng **differential flatness** để lập kế hoạch trực tiếp trên flat outputs.

Minimum-Snap Trajectory

- Ý tưởng: chọn quỹ đạo minimum-snap.

$$J = \sum_{i=1}^3 \int_{t_0}^{t_f} \left(y_i^{(4)}(t) \right)^2 dt$$

- Quadratic Programming (QP)

Position

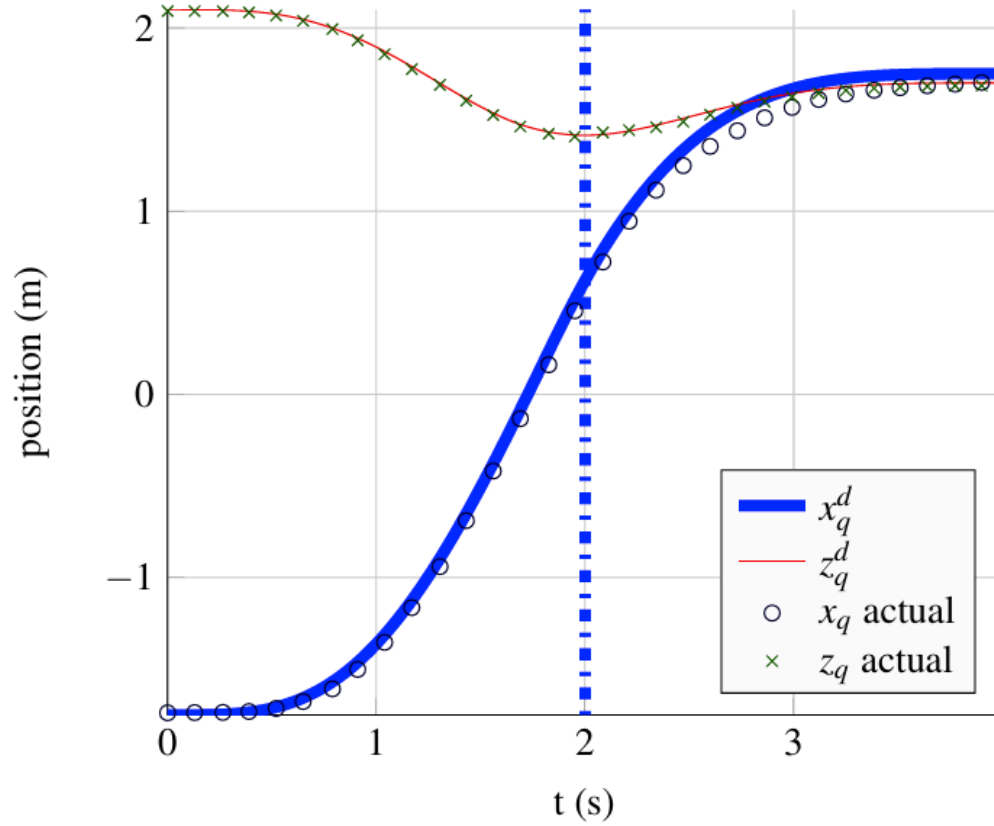


FIGURE 5. Desired quadrotor position trajectories overlayed with experimental results. The planned pickup time is $t = 2$ s.

Angle

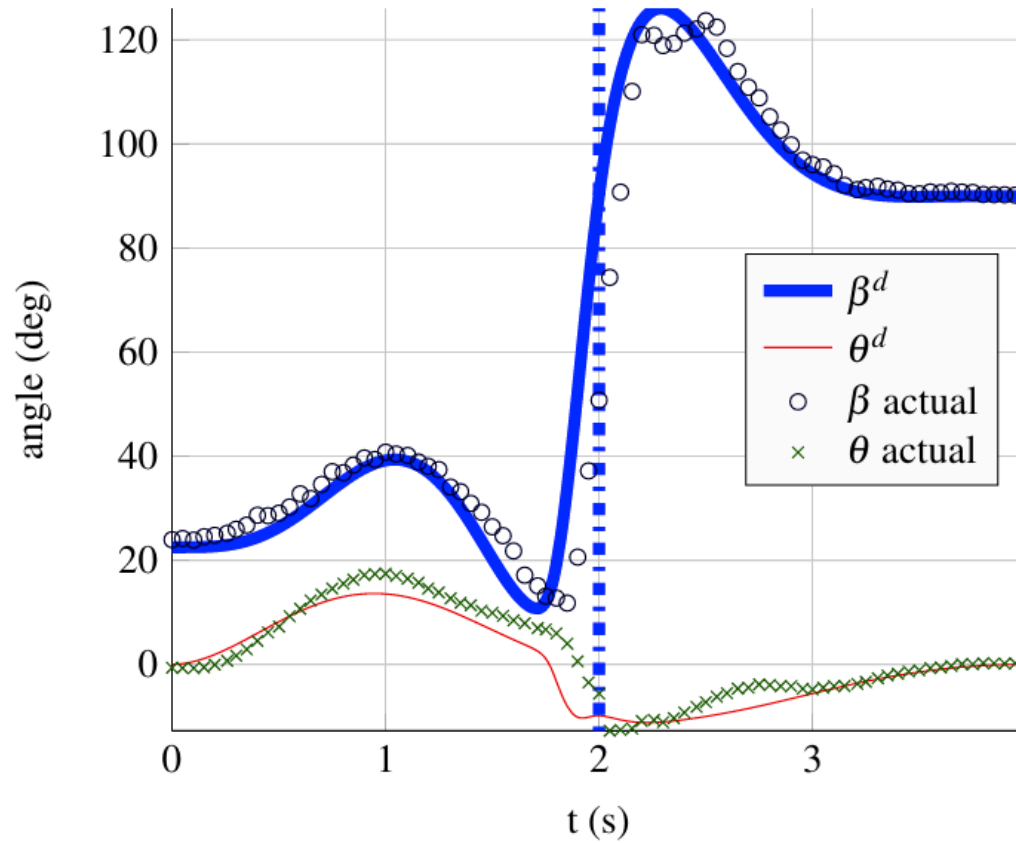


FIGURE 6. Desired β and θ trajectories overlayed with experimental results. The planned pickup time is $t = 2$ s.

Control

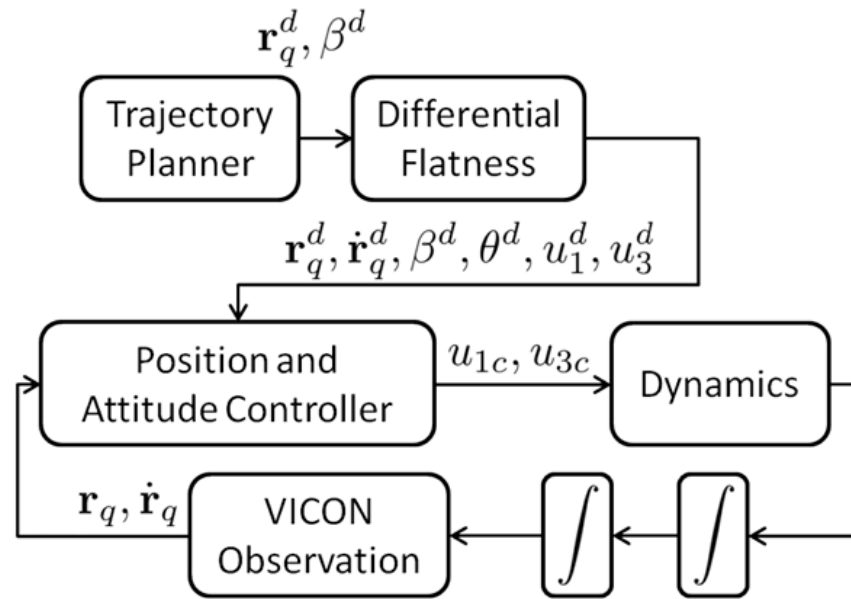


FIGURE 7. A block diagram of the controller used for experiments. A superscript “d” denotes a desired or nominal value (computed using the flatness property).

2-loop control

- **Outer loop**
 - Điều khiển trục (x) (vị trí ngang).
 - Công thức:

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(k_{px} (x_q^d - x_q) + k_{dx} (\dot{x}_q^d - \dot{x}_q) \right) + \theta^d$$

- Thành phần:
 - **Feedback PD** theo x và \dot{x} .
 - **Feedforward** θ^d từ planner.

2-loop control

- **Outer loop**
 - Điều khiển trục (z) (độ cao).
 - Công thức:

$$u_{1c} = k_{pz}(z_q^d - z_q) + k_{dz}(\dot{z}_q^d - \dot{z}_q) + u_1^d$$

- Thành phần:
 - **Feedback PD** theo z và \dot{z} .
 - **Feedforward** u_1^d từ planner.

2-loop control

- Inner loop
 - Điều khiển attitude (góc nghiêng θ).
 - Công thức:

$$u_{3c} = k_{p\theta}(\theta_c - \theta) + k_{d\theta}(\dot{\theta}^d - \dot{\theta}) + u_3^d$$

- Thành phần:
 - **Feedback PD** theo $\theta, \dot{\theta}$.
 - **Feedforward** u_3^d từ planner.

Result

- Quadrotor (500g) + gripper (158g).
- Thử nghiệm với mục tiêu hình trụ (27g).
- Kết quả:
 - Thành công **100%** ở vận tốc **2 m/s** (5/5 lần).
 - Thành công cả ở **3 m/s** (≈ 9 body lengths/s).

Result

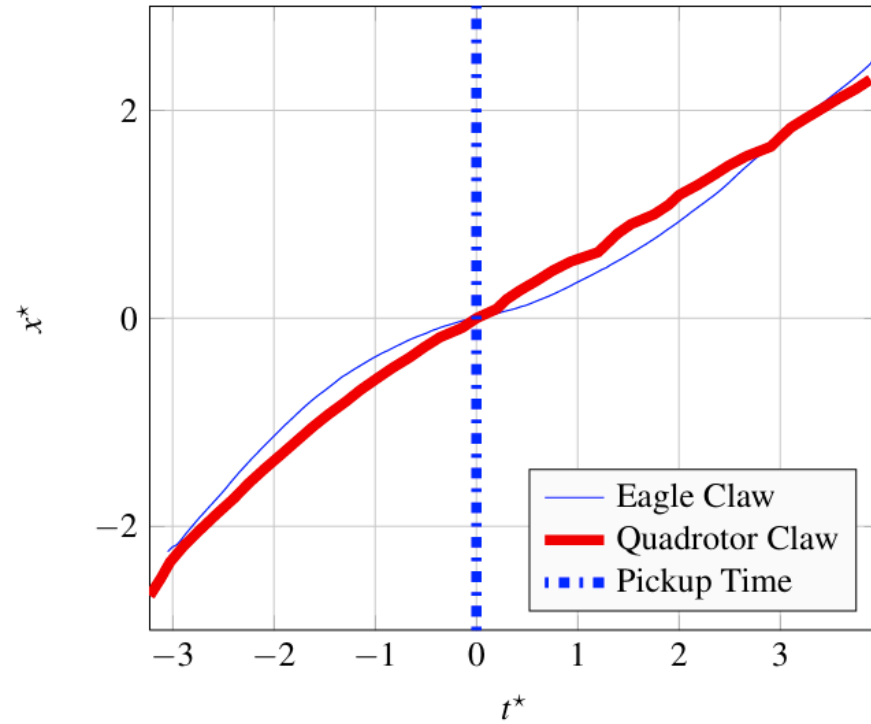


FIGURE 9. A comparison of the nondimensionalized x positions of the quadrotor claw and the eagle claw. The lowest point on z is considered to be the pickup point and is denoted by the vertical line. The eagle claw has a slower relative velocity at pickup than our claw when the quadrotor body speed is 2 m/s.

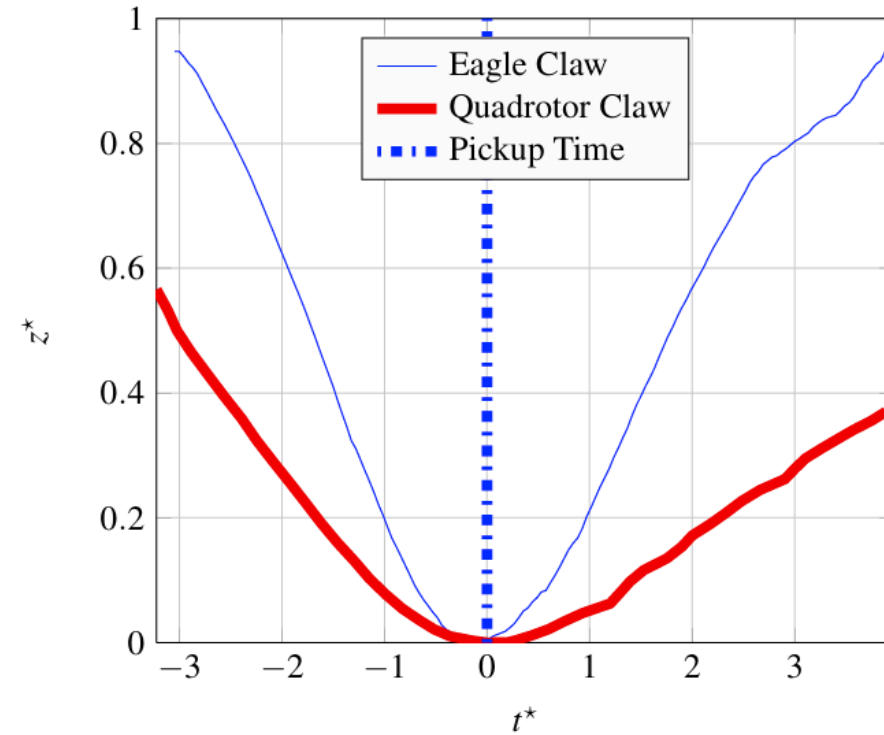


FIGURE 10. A comparison of the nondimensionalized z positions of the quadrotor and the eagle claw. The vertical line indicates the pickup time.

Result



FIGURE 11. A still image comparison between the eagle (extracted from [4]) and the quadrotor for a trajectory with the quadrotor moving at 3 m/s (9 body lengths / second) at pickup. See [21] for a video of the grasping.