

**Báo cáo**

**On Unmanned Aerial Vehicles Light Show Systems:  
Algorithms, Software and Hardware**

Đỗ Đức Mạnh - 20020688

*Hà Nội, 2024*

Trong các buổi biểu diễn ngoài trời, so với pháp hoa truyền thống, màn trình diễn ánh sáng của tập hợp máy bay không người lái (UAV-LS) thu hút được nhiều sự quan tâm và nổi lên gần đây.

**Ưu điểm** của UAV-LS là thân thiện với môi trường và linh hoạt, hoàn toàn có thể biểu diễn với hình ảnh tùy thích.

Các nghiên cứu về kiểm soát bầy đàn, giao tiếp, lập kế hoạch, thiết kế phần mềm, phần cứng trở nên phổ biến để hỗ trợ UAV-LS.

Cách điều khiển UAV-LS phổ biến là trạm điều khiển mặt đất – là máy chủ có hiệu suất cao, chịu trách nhiệm quản lý và điều khiển máy bay không người lái.

Có ba chế độ trong trạm điều khiển mặt đất: man-in-the-loop, bán tự động, tự động.

Để đảm bảo an toàn về kinh tế và chi phí tính toán, chế độ bán tự động được bài báo coi là hợp lý nhất.

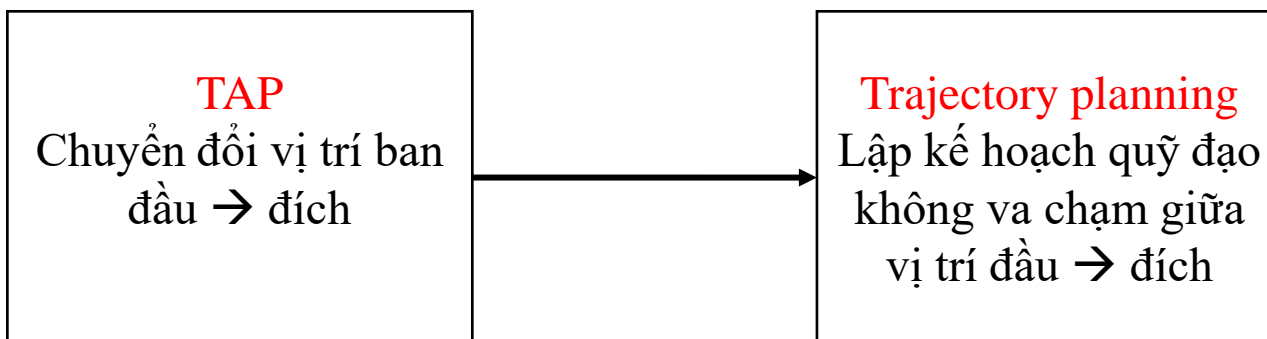
Trong chế độ này, điểm đích được gửi đến các UAV và vị trí của nó được gửi về GCS.

Bước chuyển đổi đội hình rất quan trọng. Đã có nhiều phương pháp giải quyết vấn đề này nhưng do chưa tính toán đến vấn đề UAV di chuyển lệch kế hoạch cho trước do tránh va chạm hay nhiễu.

→ Bài báo này, trình bày thuật toán chuyển đổi không va chạm dựa trên xây dựng trường lực đẩy xung quanh vật cản. Ngoài ra, phần mềm thiết kế họa hình, ứng dụng giám sát thời gian thực và thiết kế phần cứng được thực hiện để kiểm chứng hiệu quả.

# Chuyển đổi đội hình trong UAV-LS

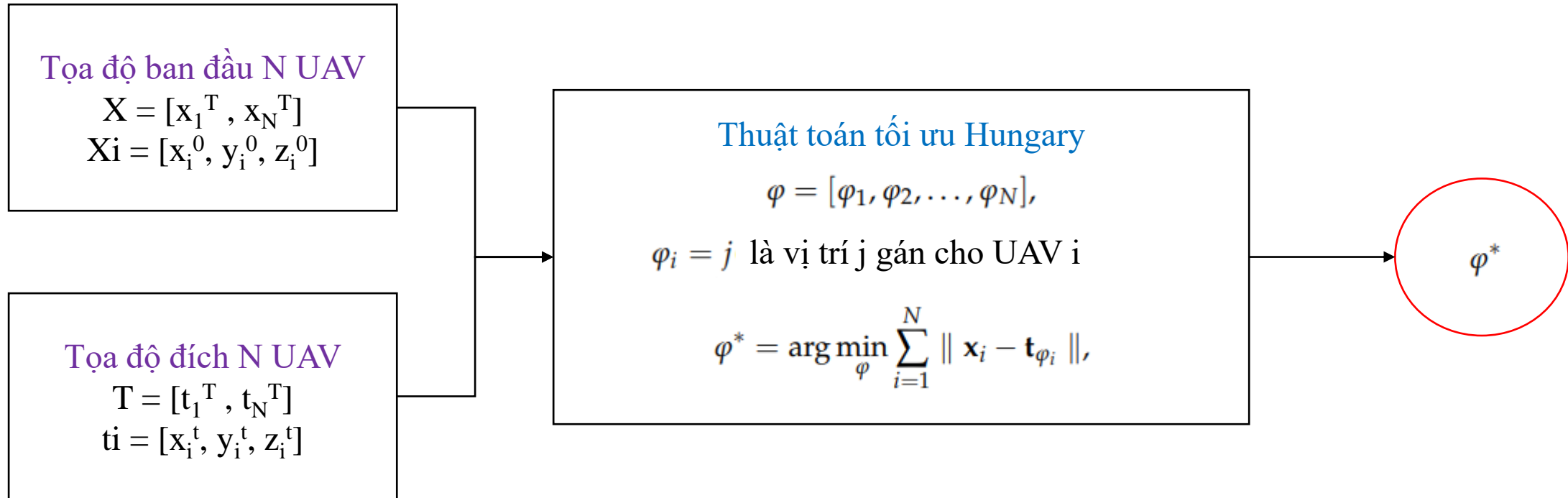
Chuyển đổi đội hình: gồm 2 phần



# Chuyển đổi đội hình trong UAV-LS

4

Vấn đề phân công nhiệm vụ (TAP): Phân bổ tối ưu vị trí đích cho UAV với khoảng cách di chuyển ngắn nhất



## Lập quỹ đạo không va chạm

Giả sử môi trường chỉ gồm các UAV.

Thuật toán trường thế nhân tạo khi các UAV được hút đến điểm đích và bị đẩy ra khỏi vùng an toàn của nhau.

Trường thế tiềm năng

$$U_{att,i}(t) = \frac{1}{2}\eta(\chi_i(t) - \hat{\mathbf{t}}_i)^2$$

$$U_{rep,i}(t) = \begin{cases} \frac{1}{2}k_p(\frac{1}{\rho_i(t)} - \frac{1}{\rho_o})^2, & \rho_i \leq \rho_o, \\ 0, & \rho_i > \rho_o \end{cases}$$

$$U_i(t) = U_{att,i}(t) + U_{rep,i}(t)$$

Lực thế

$$F_{att,i}(t) = -\nabla U_{att,i}(t) = -\eta(\chi_i(t) - \hat{\mathbf{t}}_i),$$

$$F_{rep,i}(t) = -\nabla U_{rep,i}(t),$$
$$= \begin{cases} \frac{1}{2}k_p(\frac{1}{\rho_i(t)} - \frac{1}{\rho_o})\frac{1}{\rho^2}\frac{\partial \rho_i(t)}{\partial \chi}, & \rho \leq \rho_o \\ 0, & \rho > \rho_o \end{cases}$$

$$F_i(t) = F_{att,i}(t) + \sum_{k=1}^{n_i} F_{rep,i}(t),$$

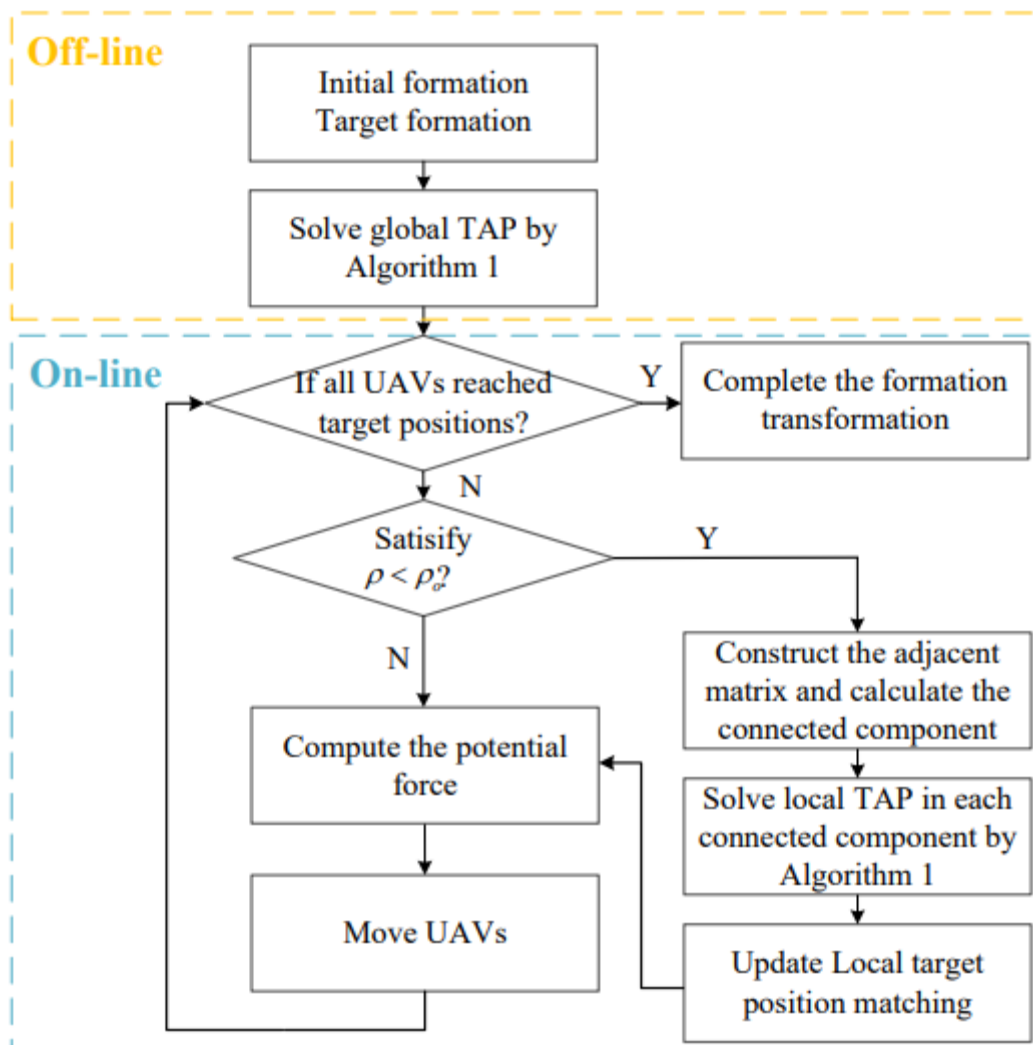
với  $U_{att}$  là trường hấp dẫn,  $U_{rep}$  là trường đẩy,  $U$  là trường thế tổng hợp,

$F_{att}$  là lực hút,  $F_{rep}$  là lực đẩy,  $U$  là tổng hợp lực.

# Chuyển đổi đội hình trong UAV-LS

6

## Thuật toán biến đổi đội hình động

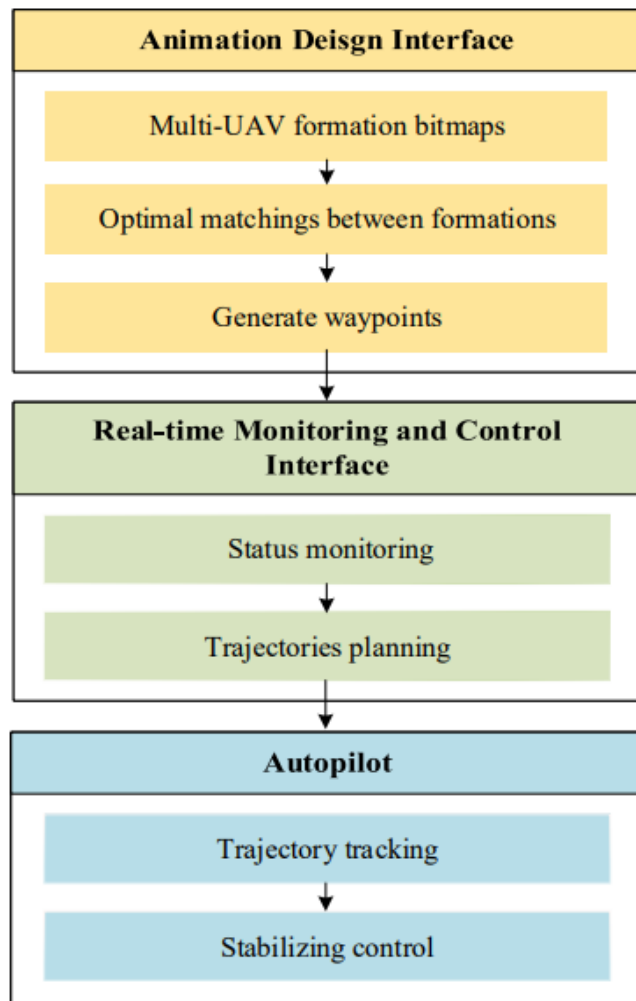


Sơ đồ thuật toán

Off-line: Khởi tạo vị trí ban đầu và vị trí đích.  
Sau đó giải bài toán toàn cục TAP.

On-line: Kiểm tra điều kiện về đích.  
Kiểm tra độ an toàn dựa trên trường thế.  
Nếu có va chạm, điều chỉnh đường đi, tối ưu  
lại TAP cục bộ.

Phần mềm có chức năng thiết kế hình ảnh và giám sát thời gian thực.



**ADI:** chức năng vẽ đội hình trên bitmap. Cung cấp thông tin về kinh độ, vĩ độ, màu sắc, và thời gian cho từng UAV. Cùng với đó là mô phỏng buổi trình diễn trong môi trường ảo.

**RMCI:** chức năng quản lý và điều khiển UAVs. Lệnh điều khiển được gửi từ trạm mặt đất. Thuật toán kiểm tra tránh va chạm thời gian thực.



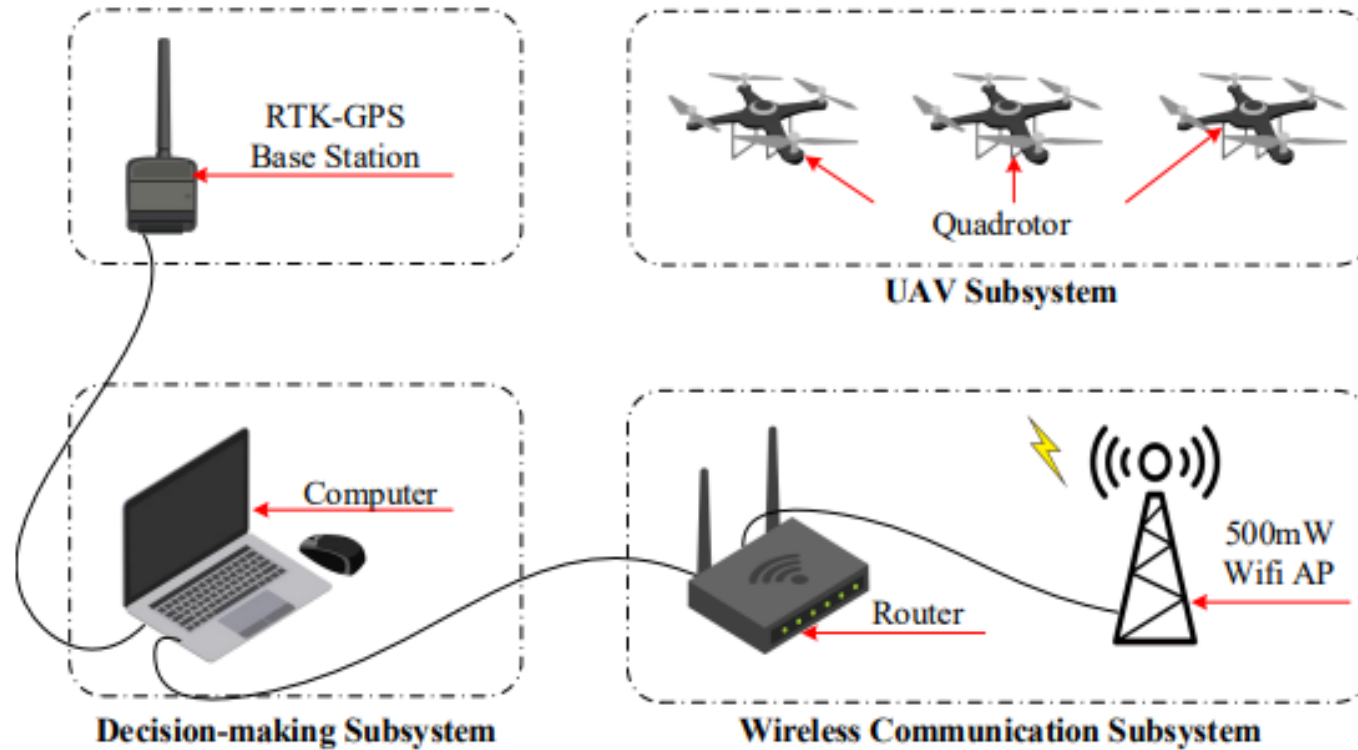
## Thành phần phần cứng của UAV



Hình ảnh UAV

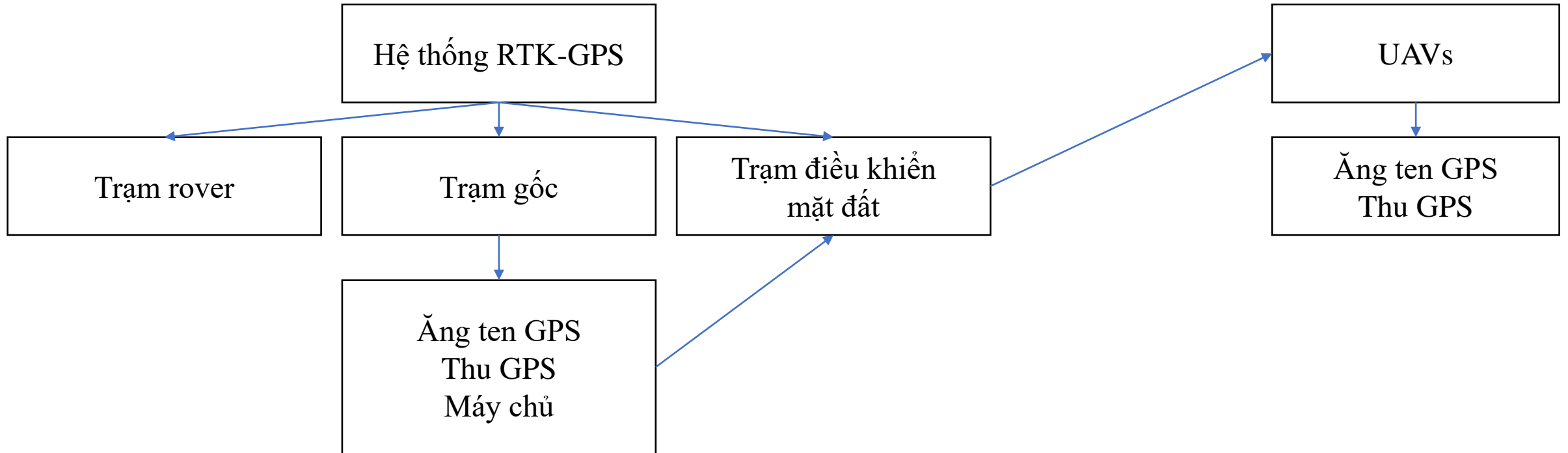
	Thành phần	Thông tin
Trung tâm điều khiển	Bộ điều khiển onboard	
	Bộ định vị	RTK-GPS
	Pin	Lithium 3S 3300mAh
	Đèn	16,78 triệu màu
Khung	Cacbon	
Khối chuyển động	Động cơ + cánh quạt	Động cơ BLDC

## Kết nối hệ thống

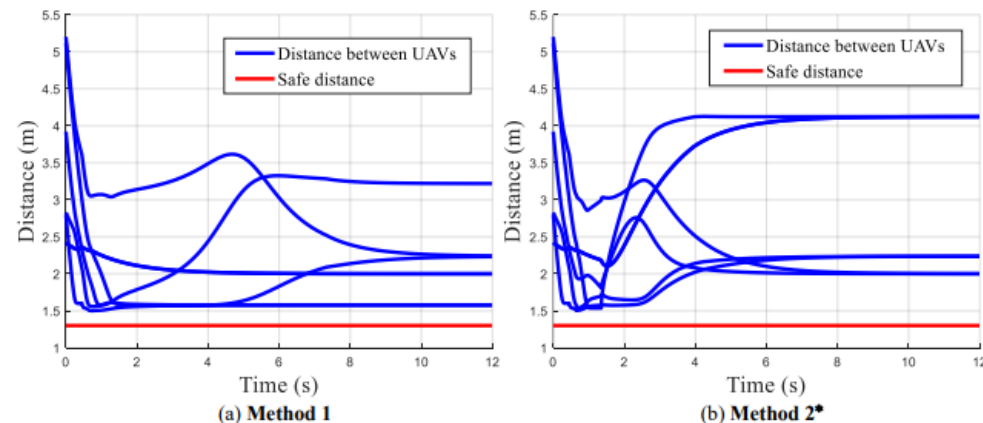
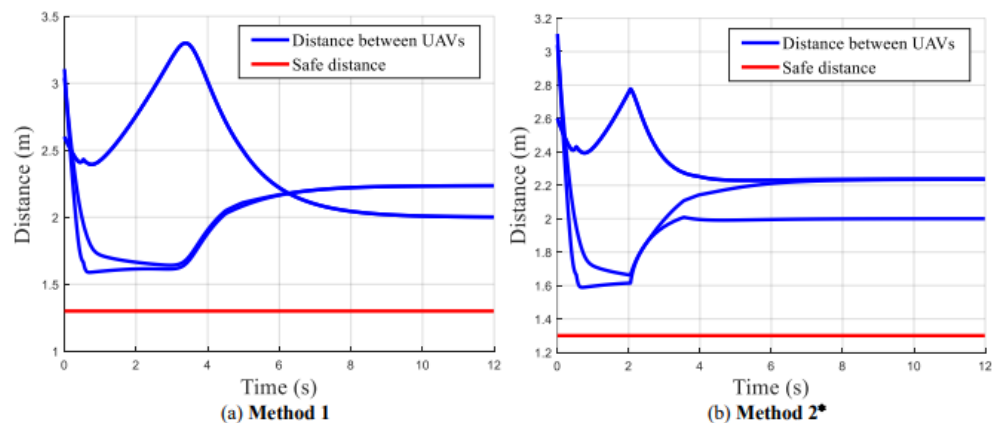
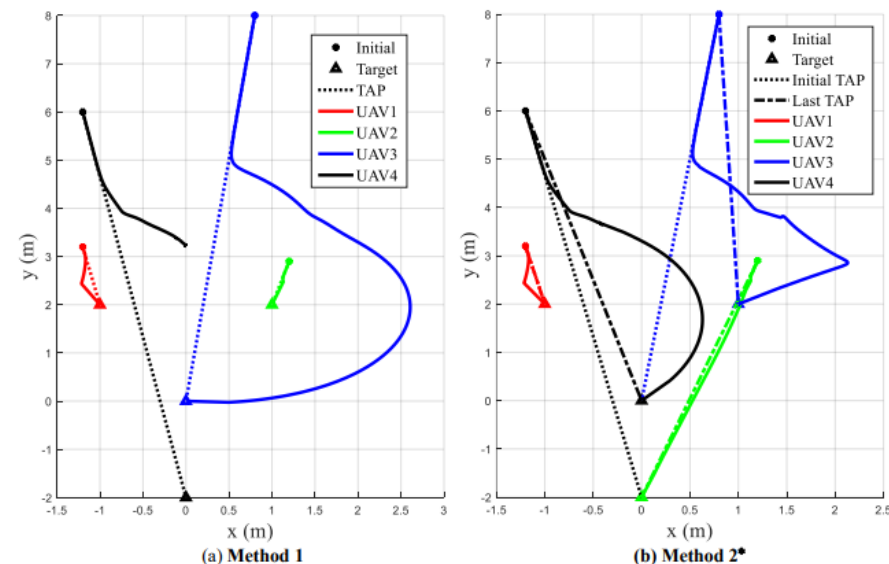
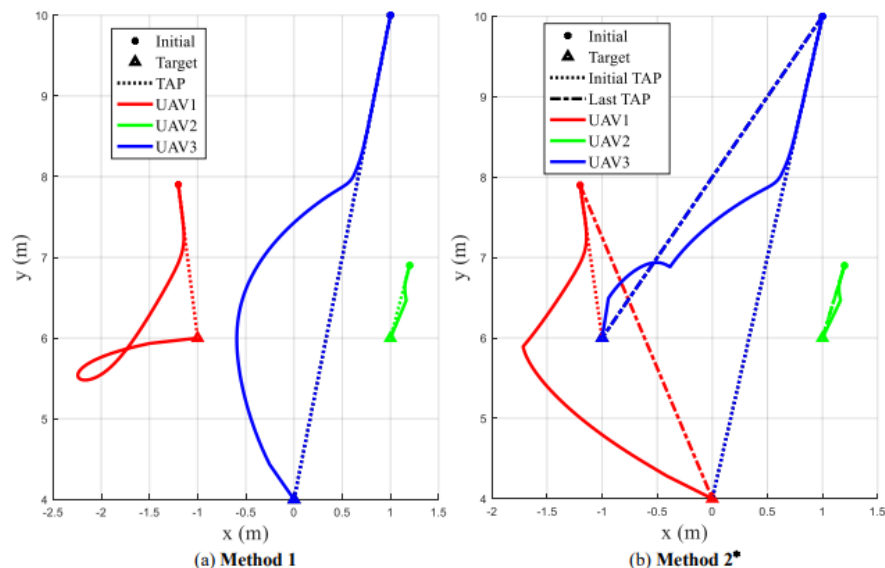


Sơ đồ kết nối hệ thống

## Hệ thống định vị chính xác RTK-GPS



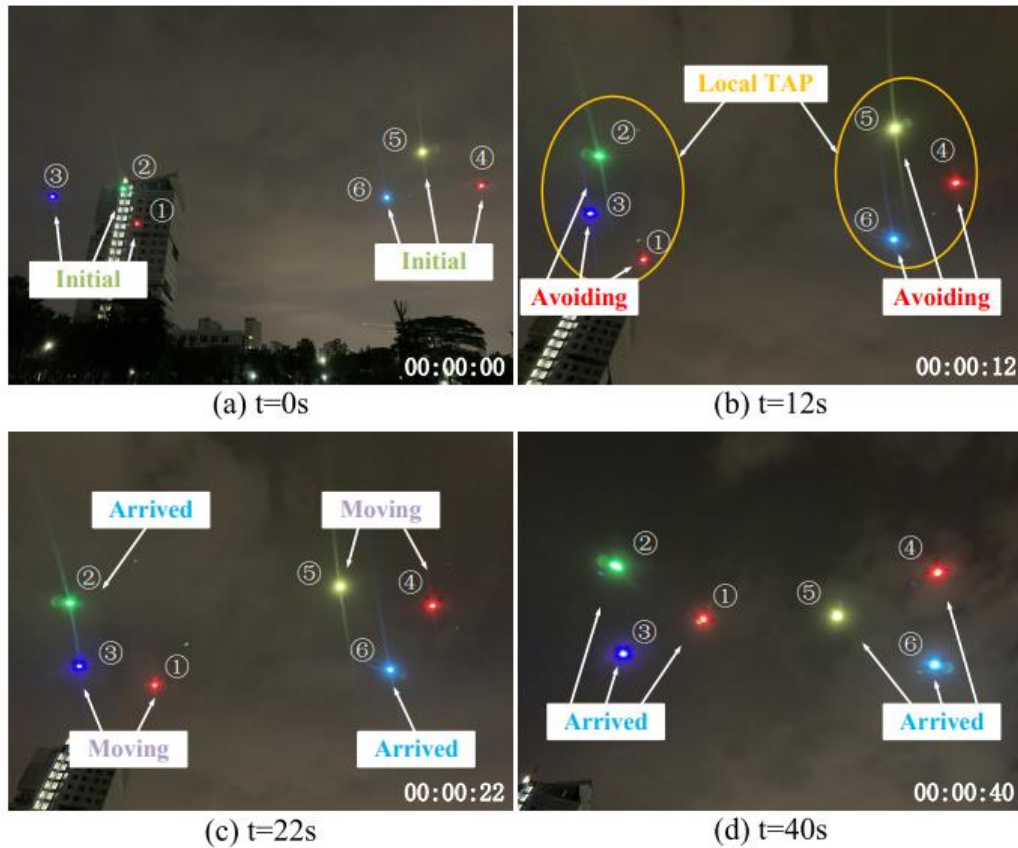
## Mô phỏng



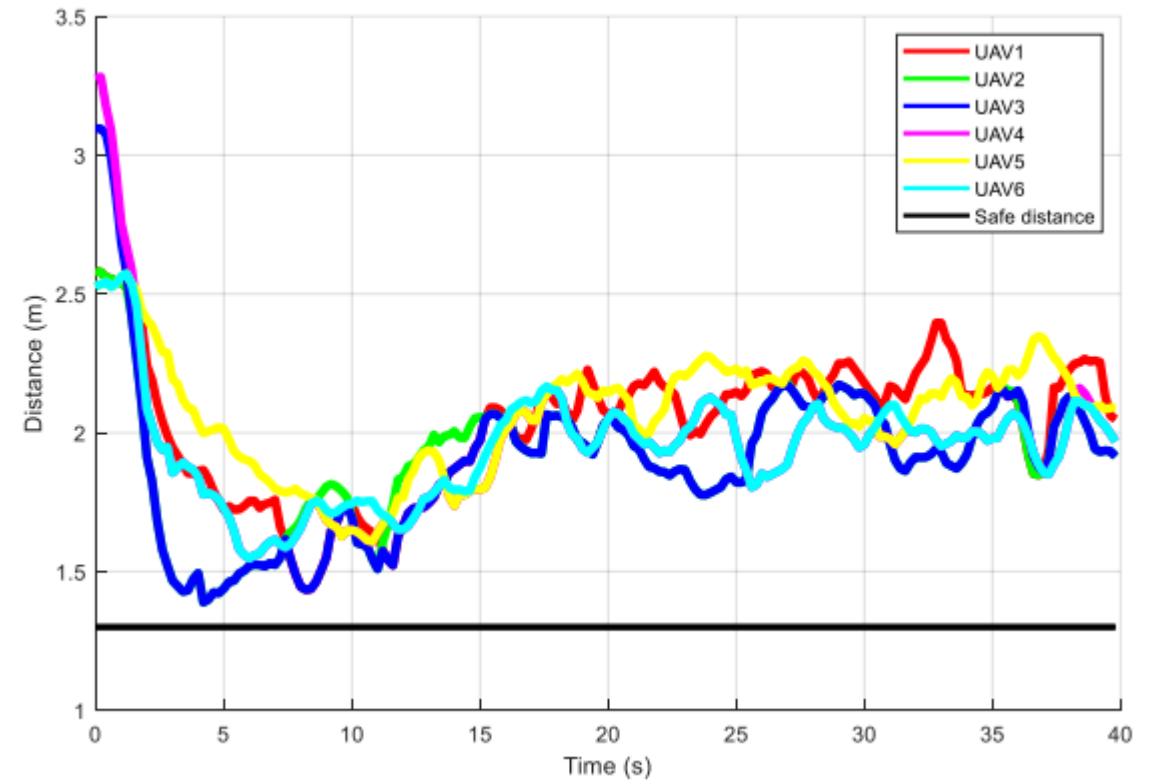
Quỹ đạo và khoảng cách giữa UAV trong TH1

Quỹ đạo và khoảng cách giữa UAV trong TH2

## Thực nghiệm



Hình ảnh UAV-LS thực tế



Khoảng cách giữa UAV trong thực tế

Hệ thống UAV-LS được trình bày gồm chức năng phân công nhiệm vụ động và thuật toán lập kế hoạch đường đi, bộ công cụ phần mềm và thiết kế, thực hiện hóa phần cứng.

Thuật toán chuyển đổi đội hình động hoạt động giúp giải quyết bài toán va chạm trực tuyến và khoảng cách bay tối thiểu.

Các kết quả mô phỏng và thực nghiệm được đưa ra chứng minh độ hiệu quả.