

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**



Vũ Đức Lương

**TÍNH TOÁN TỐI ƯU QUÁ TRÌNH CHUYỂN ĐỔI ĐỘI
HÌNH DRONE TRONG TRÌNH DIỄN ÁNH SÁNG**

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP HỆ ĐẠI HỌC CHÍNH QUY

Ngành: Công nghệ hàng không vũ trụ

HÀ NỘI – 2025

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

Vũ Đức Lương

**TÍNH TOÁN TỐI ƯU QUÁ TRÌNH CHUYỂN ĐỔI ĐỘI
HÌNH DRONE TRONG TRÌNH DIỄN ÁNH SÁNG**

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP HỆ ĐẠI HỌC CHÍNH QUY

Ngành: Công nghệ hàng không vũ trụ

Cán bộ hướng dẫn: TS. Nguyễn Hoàng Quân

HÀ NỘI – 2025

TÓM TẮT

Tóm tắt: Trình diễn ánh sáng bằng drone là một hình thức biểu diễn trong đó hàng trăm hàng nghìn drone bay theo lộ trình đã được lập sẵn để tạo ra những hình dáng đội hình khác nhau trên bầu trời, tạo nên những hình ảnh và hiệu ứng thị giác ấn tượng. Công nghệ này ngày càng được ứng dụng trong các sự kiện lớn hay các lễ hội như một giải pháp thay thế cho pháo hoa truyền thống. Trong đồ án này, thuật toán Hungarian được sử dụng để tối ưu hóa việc gán nhiệm vụ với chi phí được tính toán dựa vào khoảng cách của các drone đến vị trí mục tiêu tương ứng từ các đội hình được thiết kế sẵn, nhằm tìm phương pháp phân công tối ưu với tổng quãng đường nhỏ nhất. Để đảm bảo quá trình chuyển đổi đội hình được mượt mà và an toàn, một thuật toán quy hoạch đường đi được kết hợp với thuật toán trường thế năng nhân tạo (Artificial Potential Field-APF) được kết hợp với thuật toán hungarian nhằm có thể tính toán quỹ đạo di chuyển của từng drone trong quá trình chuyển đổi đội hình. Thuật toán trường thế năng nhân tạo được cải tiến với trường đẩy được phân lớp để giảm dao động cho drone khi di chuyển, đồng thời các ràng buộc động học cũng được thêm vào để tăng độ ổn định và an toàn cho drone trong quá trình chuyển động. Bên cạnh đó thuật toán hoán đổi mục tiêu cũng được tích hợp nhằm giúp các drone có thể tránh được việc bị kẹt trong các điểm cục bộ trong quá trình di chuyển giúp các drone đều có thể hoàn thành được nhiệm vụ. Ngoài ra, đồ án cũng triển khai tăng tốc tính toán bằng GPU thông qua PyOpenCL nhằm giảm thời gian xử lý cho thuật toán quy hoạch đường đi 3D trong các mô phỏng chuyển đổi đội hình với số lượng drone lớn. Các kết quả mô phỏng về khoảng cách giữa các drone, vận tốc, gia tốc và thời gian bay, cho thấy phương pháp đề xuất hoạt động hiệu quả và có tính ứng dụng cao cho các đội hình drone quy mô lớn.

Từ khóa: Drone trình diễn ánh sáng, thuật toán Hungarian, quy hoạch đường đi, thuật toán trường thế năng nhân tạo, GPU, PyOpenCL

LỜI CAM ĐOAN

Tôi tên là Vũ Đức Lương, sinh viên lớp K66AE, Viện Công nghệ Hàng không Vũ trụ, Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội.

Tôi xin cam đoan rằng đồ án tốt nghiệp với đề tài "Tính toán tối ưu quá trình chuyển đổi đội hình drone trong trình diễn ánh sáng" là công trình nghiên cứu của tôi. Mọi sự giúp đỡ trong quá trình thực hiện đồ án đã được cảm ơn, các thông tin trích dẫn trong đồ án này đều được ghi rõ nguồn tham khảo theo đúng quy định. Các số liệu nghiên cứu và kết quả trình bày trong đồ án là trung thực.

Nếu có bất kỳ sai phạm nào, tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm.

Hà Nội, ngày tháng năm 2025

Sinh viên

Vũ Đức Lương

LỜI CẢM ƠN

Trước hết, em xin gửi lời cảm ơn chân thành và sâu sắc nhất đến thầy giáo hướng dẫn là TS. Nguyễn Hoàng Quân và KS. Trần Đăng Huy đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ em trong quá trình thực hiện đồ án tốt nghiệp này. Bên cạnh đó em cũng gửi lời cảm ơn đến Viện Công nghệ Hàng không Vũ trụ và Trường Đại học Công nghệ đã cho em một môi trường học tập tốt với các cán bộ giảng viên có chuyên môn cao và tận tình trong công tác giảng dạy.

Em cũng xin lời cảm ơn đến gia đình và bạn bè đã luôn động viên, giúp đỡ em trong suốt quá trình học tập và thực hiện đồ án tốt nghiệp.

Mặc dù đã cố gắng hết sức, nhưng do hạn chế về kiến thức và thời gian, đồ án không tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được sự góp ý từ thầy cô và các bạn trong hội đồng bảo vệ để hoàn thiện hơn trong những nghiên cứu sau này.

Mục lục

Chương 1. Tổng quan 1

 1.1. Giới thiệu về drone trình diễn ánh sáng 1

 1.2. Phần mềm điều hành và hệ thống điều khiển UAV bày đàn trong drone trình diễn ánh sáng..... 2

Danh sách hình vẽ

1.1. Màn trình diễn ánh sáng của Damoda trong lễ kỉ niệm 50 năm giải phóng miền Nam thống nhất đất nước với 10500 drone [3]. 1

1.2. Cấu tạo của một drone được sử dụng trong trình diễn ánh sáng [4]..... 2

1.3. Luồng hoạt động của hệ thống [9]..... 4

1.4. Hệ thống được triển khai bởi Sun cùng cộng sự [9]. 4

Danh sách bảng

1.1. Thông số kỹ thuật của drone trình diễn ánh sáng	2
--	---

Các từ viết tắt

APF: Artificial Potential Field – Thuật toán trường thế năng nhân tạo.

GPU: Graphics Processing Unit – Bộ xử lý đồ họa.

CPU: Central Processing Unit – Bộ xử lý trung tâm.

UAV: Unmanned Aerial Vehicle – Máy bay không người lái.

PyOpenCL : Python OpenCL – Thư viện Python cho OpenCL.

GCS : Ground Control Station – Trạm điều khiển mặt đất.

ADI: Animation Design Interface –

GNSS-RTK: Global Navigation Satellite System – Real-Time Kinematic – Kỹ thuật định vị vệ tinh độ chính xác cao

GPS: Global Positioning Systems – Hệ thống định vị toàn cầu

Chương 1.

Tổng quan

1.1. Giới thiệu về drone trình diễn ánh sáng

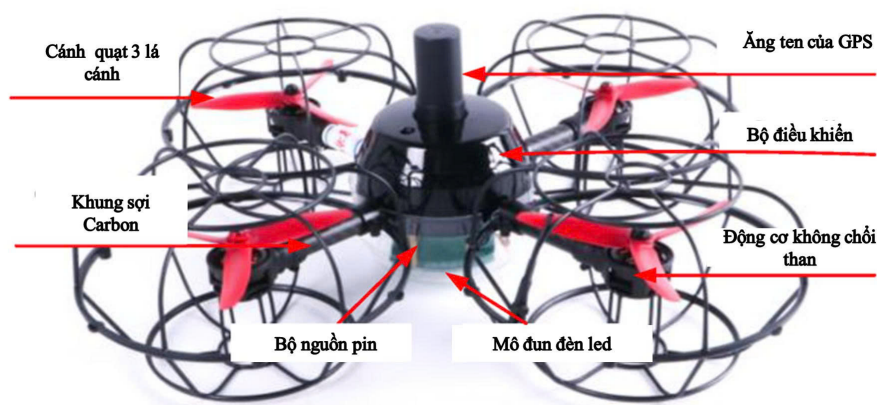
Trong những năm gần đây, trình diễn ánh sáng bằng drone (drone light show) đã trở thành một xu hướng mới trong lĩnh vực giải trí và sự kiện. Công nghệ này sử dụng hàng trăm hàng nghìn UAV được lập trình để bay theo các đội hình và tạo ra những hình ảnh, hiệu ứng ánh sáng ấn tượng trên bầu trời. Nhờ vào khả năng tái sử dụng, không gây khó bụi và có tính linh hoạt cao cũng như mức độ an toàn tốt hơn mà việc sử dụng drone trong các màn trình diễn ánh sáng ngày càng được sử dụng rộng rãi đặc biệt trong những sự kiện lớn thay thế dần cho pháo hoa truyền thống.

Với sự phát triển nhanh chóng của UAV và công nghệ điều khiển tự động đã ghi nhận nhiều màn trình diễn ánh sáng với số lượng drone lớn được thực hiện thành công bởi các công ty như Intel[1] hay Ehang[2] đặc biệt trong lễ kỉ niệm 50 năm giải phóng miền Nam thống nhất đất nước công ty Damoda đã đạt kỉ lục Guinness với một màn trình diễn ánh sáng sử dụng 10500 drone [3], từ những thành công này có thể thấy được drone light show là một công nghệ mới nổi nhưng đầy tiềm năng phát triển trong tương lai. Do đó đã có nhiều nghiên cứu về điều khiển bầy đàn, truyền thông giữa các drone, thuật toán quy hoạch đường đi, thiết kế phần cứng và phần mềm nhằm hướng tới các buổi trình diễn ánh sáng sáng tạo hơn, đẹp mắt hơn và tiết kiệm năng lượng hơn. Hình 1.1 được lấy từ buổi trình diễn ánh sáng do Damoda trình diễn trong lễ kỉ niệm 50 năm giải phóng miền Nam thống nhất đất nước.



Hình 1.1. Màn trình diễn ánh sáng của Damoda trong lễ kỉ niệm 50 năm giải phóng miền Nam thống nhất đất nước với 10500 drone [3].

Sơ lược về phần cứng của drone sử dụng trong trình diễn ánh sáng, thông thường các drone bốn cánh quạt (quadrotor) là lựa chọn phổ biến do có thể phát triển với giá thành thấp và cấu tạo linh hoạt. Trong nghiên cứu của Huang và công sự thì quadrotor có cấu tạo từ 3 phần như hình 1.1 với trung tâm điều khiển có dạng elipse, một khung sợi cánh quạt và bốn cánh quạt. Trung tâm điều khiển bay chứa các bộ điều khiển tích hợp, mô đun truyền thông không dây hai kênh, một bộ định vị, pin lithinium có thể sạc lại được và mô đun led được gắn ở vị trí dưới của drone. Bốn cụm động cơ gồm cánh quạt của quadrotor bao gồm động cơ không chổi than và một cánh quạt có ba lá cánh, khung sợi carbon nhằm nối liền trung tâm điều khiển và bốn cụm động cơ cánh quạt [4]. Một số thông số kĩ thuật cơ bản của drone đã được công bố bởi các hãng như Collmot [5] hay Damoda [6] được trình bày ở bảng 1.1, qua đó có thể thấy rằng các drone được sử dụng của Damoda có chất lượng hàng đầu hiện nay điều này giúp công ty này có thể thực hiện được các màn trình diễn với quy mô không tưởng. Về phần mềm cũng như quá trình điều khiển bay sẽ được trình bày chi tiết trong chương 1.2.



Hình 1.2. Cấu tạo của một drone được sử dụng trong trình diễn ánh sáng [4].

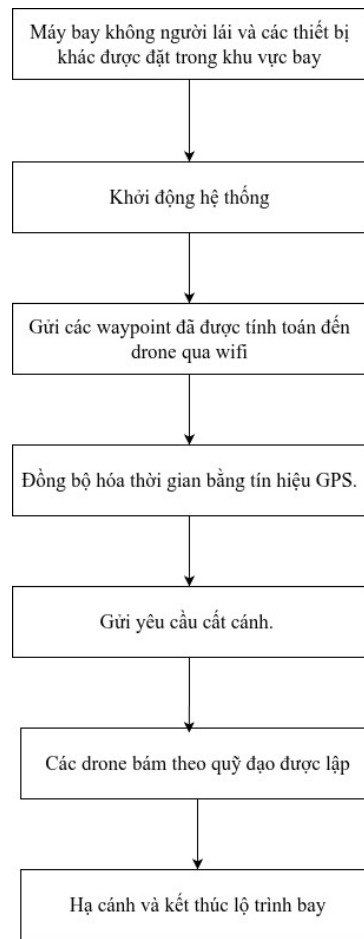
Bảng 1.1. Thông số kĩ thuật của drone trình diễn ánh sáng

Thông số	Collmot[5]	Light show Drone L3 (Damoda) [6]
Loại	Quadrotor	Quadrotor
Trọng lượng	< 2 kg	530 g
Kích thước	Đường kính < 100 cm, cao \approx 30 cm	Đường kính 320 mm, cao 115 mm
Thời gian bay	10–12 phút	20–25 phút
Tốc độ tối đa	6 m/s ngang, 2 m/s dọc	10 m/s
Độ cao tối đa	120 m	120 m
Khoảng cách tối thiểu	7 m	1.4 m

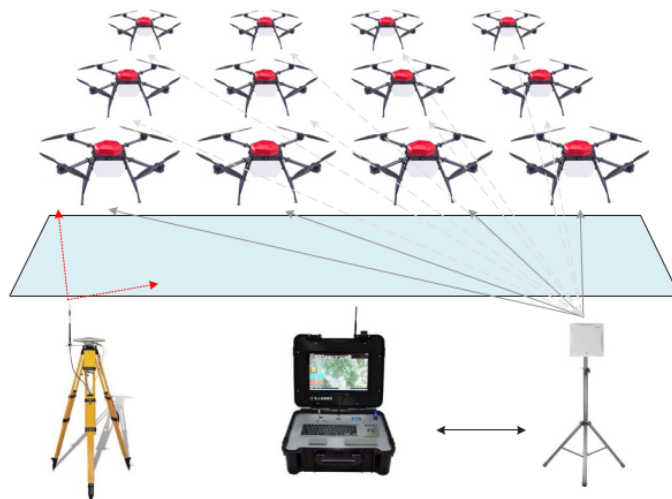
1.2. Phần mềm điều hành và hệ thống điều khiển UAV bay đàn trong drone trình diễn ánh sáng.

Có nhiều phương pháp điều khiển đội hình UAV, thường có một trạm điều khiển có thể là một máy tính hiệu năng cao hoặc các thiết bị di động có trách nhiệm quản lý và điều khiển các UAV [7]. Dựa vào ảnh hưởng của trạm mặt đất, có thể phân loại các phương pháp điều khiển như phương pháp thủ công (human in the loop) với các drone được điều khiển hoàn toàn bằng trạm mặt đất trong suốt quá trình buổi diễn, phương pháp bán tự động (semi-autonomous) các bộ điều khiển bay trên drone sẽ phối hợp điều khiển với các bộ điều khiển bay trên drone sẽ phối hợp điều khiển với trạm mặt đất, trạm mặt đất có chức năng gửi các điểm điều hướng (waypoint) đến các drone, bộ điều khiển bay của từng drone sẽ giúp duy trì ổn định bay cũng như tránh va chạm, phương pháp tự động (autonomous) các drone sẽ tự đưa ra kế hoạch bay và tránh vật cản mà không phụ thuộc nhiều vào trạm mặt đất [8]. Trong các buổi trình diễn ánh sáng bằng drone, phương pháp điều khiển bán tự động thường được sử dụng phổ biến nhất do phương pháp điều khiển tự động thường yêu cầu cảm biến cảm biến và khả năng tính toán của bộ điều khiển rất phức tạp ở từng drone trong khi đó phương pháp thủ công lại rất rủi ro không phù hợp với các màn trình diễn quy mô lớn vì dễ gây nguy cơ va chạm do phụ thuộc vào đường truyền của UAV với trạm mặt đất cũng như kỹ thuật của phi công điều khiển UAV [4].

Hiện nay, hầu hết các phần mềm của các công ty đều được phát triển công phu nhưng thường được thương mại hóa với chi phí rất cao và không công khai công nghệ lõi. Mặc dù vậy có một số nhóm nghiên cứu có công bố khá chi tiết về kiến trúc phần mềm và hệ thống điều khiển trong hệ thống thực tế khi triển khai các màn trình diễn ánh sáng. Như trong nghiên cứu của Sun cùng cộng sự, các đội hình sẽ được thiết kế sẵn qua các phần mềm đồ họa như Blender, thuật toán quy hoạch đường đi được đề xuất nhằm có thể xuất ra các waypoint cho quá trình chuyển đổi đội hình chi tiết về thuật toán này sẽ được trình bày cụ thể trong chương hai, các waypoint sau khi được tính toán sẽ được gửi đến các drone qua wifi bộ điều khiển bay trên drone sẽ giúp các drone bám theo các waypoint này, hệ thống định vị GNSS-RTK được sử dụng để đảm bảo sai số định vị chỉ ở mức cm [9]. Quy trình thực hiện được mô tả qua hình 1.3, cấu trúc hệ thống được thể hiện qua hình 1.4.



Hình 1.3. Luồng hoạt động của hệ thống [9].



Hình 1.4. Hệ thống được triển khai bởi Sun cùng cộng sự [9].

Trong nghiên cứu của Huang cùng cộng sự hệ thống bay được triển khai trong thực tế được trình bày chi tiết hơn cả về phần cứng và phần mềm

Tài liệu tham khảo

Tiếng Việt

Tiếng Anh

- [1] Intel Corporation, "Intel Drone Light Show Breaks Guinness World Records Title at Olympic Winter Games PyeongChang 2018". [Online]. Available: <https://www.intc.com/news-events/press-releases/detail/172/intel-drone-light-show-breaks-guinness-world-records-title> .
- [2] Ehang, "EHang Egret's 1374 drones dancing over the City Wall of Xi'an, achieving a Guinness World Records title". [Online]. Available: <https://www.ehang.com/news/365.html> .
- [3] Masakazu Senda, "Vietnam marks 50th Reunification Day by lighting sky with record display of 10,500 drones". [Online]. Available: <https://www.guinnessworldrecords.com/news/commercial/2025/5/vietnam-marks-50th-reunification-day-by-lighting-sky-with-record-display-of-10500-drones>.
- [4] Huang, Jie, Guoqing Tian, Jiancheng Zhang, and Yutao Chen, "On Unmanned Aerial Vehicles Light Show Systems: Algorithms, Software and Hardware" *Applied Sciences*, Vol 11, no. 16, 2021.
- [5] CollMot Robotics Ltd., "CollMot multi drone show spec tech". [Online]. Available: <https://collmot.com/user/pages/resources/CollMot%20multi-drone%20show%20tech%20spec.pdf> .
- [6] Shenzhen DAMODA Intelligent Control Technology Co., Ltd, "Light show Drone L3". [Online]. Available: <https://www.damoda.com/products/l3.html>
- [7] Eric M.Frew, Timothy X. Brown, "Airbone Communication Networks for Small Unmanned Aircraft Systems", *Proceedings of the IEEE's*, 2008, Vol 96, Issue 12,
- [8] Wang, H.Zhao, Jiao Zhang, Dongtang Ma, JiaXun Li, Jibo Wei . "Survey on unmanned aerial vehicle networks: A cypher physical system perspective", *IEEE Communications Surveys & Tutorial*, 2019, Vol 22, Issue: 2.
- [9] H.Sun, J.Qi, M.Wang "Path Planning for Dense Drone Formation Based on Modified Artificial Potential Field", *Proceedings of 39th Chinese Control Conference, Shenyang, China*, 2020, pp.4658-4664.