

# Estrategias para la exploración coordinada multi-VANT

Luis Alberto Ballado Aradias

CINVESTAV UNIDAD TAMAULIPAS

Cd. Victoria, Tamaulipas - 20 de agosto de 2023

# Contenido

- 1 Resumen
- 2 Antecedentes y motivación para el proyecto
- 3 Planteamiento del problema
- 4 Objetivos generales y específicos del proyecto
- 5 Metodología
- 6 Estado del Arte
- 7 Contribuciones o resultados esperados

# Problemática



Figura: Nice overview! Let's look get into more detail on each image.

# Descripción del proyecto

- First item
- Second item
- Third item
- Four
- Five



# Frame 1

## Section 1

- Item 1

## Section 3

Content 1 in section 3

## Section 2

Content 1 in section 2

# Frame 1

## Section 1

- Item 1
- Item 2

## Section 3

Content 2 in section 3

## Section 2

Content 2 in section 2

# Frame 1

## Section 1

- Item 1
- Item 2
- Item 3

## Section 3

Content 3 in section 3

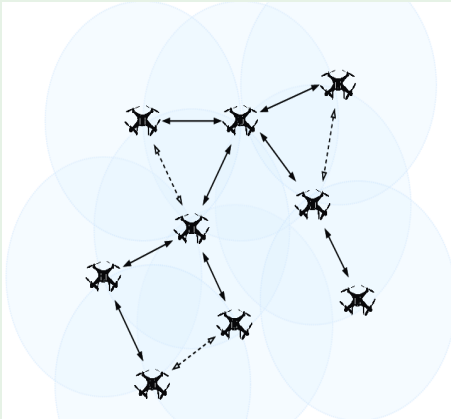
## Section 2

Content 3 in section 2

# Descripción del proyecto

- Colaboracion

## Example





# Descripción del proyecto

- Colaboracion
- Colaboracion

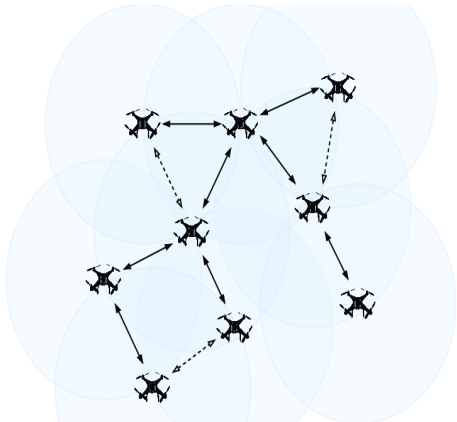
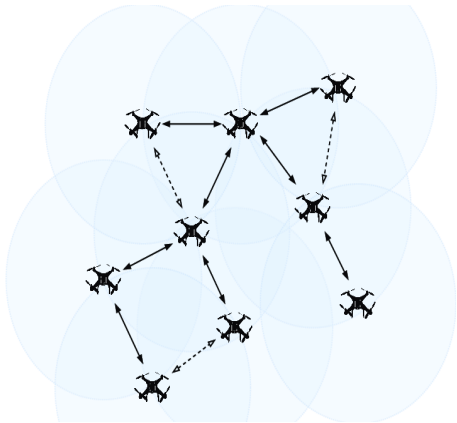


Figura: Cuadricópteros en una red descentralizada<sup>1</sup>

# Descripción del proyecto

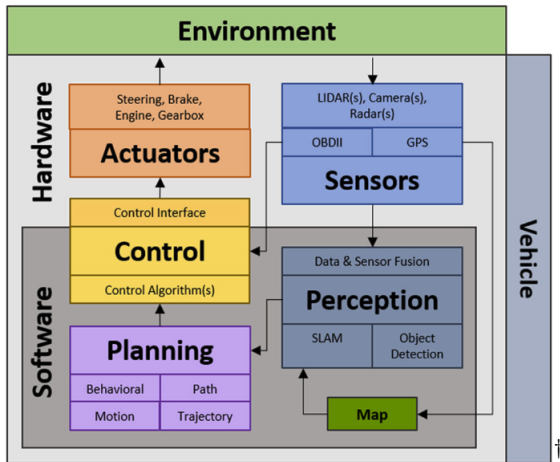
- Colaboracion
- Colaboracion
- Colaboracion



# Contenido

- 1 Resumen
- 2 Antecedentes y motivación para el proyecto
- 3 Planteamiento del problema
- 4 Objetivos generales y específicos del proyecto
- 5 Metodología
- 6 Estado del Arte
- 7 Contribuciones o resultados esperados

# Arquitectura híbrida



† Hardware in the loop framework proposal for a semi-autonomous car architecture in a closed route environment  
Curiel-Ramirez et al. (2019)

# Multi-robots

## Beneficios coordinación multi-VANT

- Eficiencia y cobertura
- Redundancia y tolerancia a fallos
- Adaptabilidad a entornos dinámicos
- Distribución de carga de trabajo
- Aprendizaje colaborativo

## Retos multi-VANT

- Eficiencia y cobertura
- Redundancia y tolerancia a fallos
- Adaptabilidad a entornos dinámicos
- Distribución de carga de trabajo
- Aprendizaje colaborativo

# Panorama Planificación de trayectorias

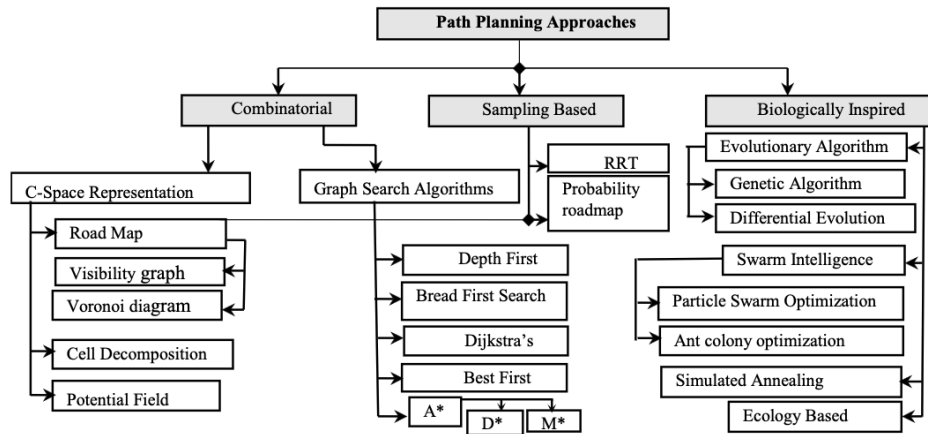


Figura: Clasificación del enfoque de planificación de rutas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Different Cell Decomposition Path Planning Methods for Unmanned Air Vehicles - A Review Debnath et al. (2020)

# Representación del ambiente



Figura: Mapa probabilístico 3D<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cooperación en robots heterogeneos

# Contenido

- 1 Resumen
- 2 Antecedentes y motivación para el proyecto
- 3 Planteamiento del problema**
- 4 Objetivos generales y específicos del proyecto
- 5 Metodología
- 6 Estado del Arte
- 7 Contribuciones o resultados esperados



## Planteamiento del problema

Desarrollar una estrategia de exploración multi-VANT que reduzca el tiempo total de exploración dado un conjunto de  $\mathcal{V}$  vehículos aéreos no tripulados. Las capacidades limitadas de energía y sensores a bordo de los VANTS les permiten navegar de forma autónoma. Teniendo en cuenta sus limitaciones de energía y la necesidad de una exploración eficiente, el objetivo es determinar la trayectoria, las rutas y la asignación de tareas óptimas ó sub-óptimas.

- Coordinación - Establecer comunicación efectiva entre los múltiples VANTs. Intercambiar información relevante. Tener baja latencia en su comunicación.

## Planteamiento del problema

Desarrollar una estrategia de exploración multi-VANT que reduzca el tiempo total de exploración dado un conjunto de  $\mathcal{V}$  vehículos aéreos no tripulados. Las capacidades limitadas de energía y sensores abordo de los VANTS les permiten navegar de forma autónoma. Teniendo en cuenta sus limitaciones de energía y la necesidad de una exploración eficiente, el objetivo es determinar la trayectoria, las rutas y la asignación de tareas óptimas ó sub-óptimas.

- Coordinación - Establecer comunicación efectiva entre los múltiples VANTs. Intercambiar información relevante. Tener baja latencia en su comunicación.
- Planificación - Los VANTs deben coordinar sus movimientos para evitar colisiones y lograr una cobertura eficiente del área objetivo.

# Planteamiento del problema

Desarrollar una estrategia de exploración multi-VANT que reduzca el tiempo total de exploración dado un conjunto de  $\mathcal{V}$  vehículos aéreos no tripulados. Las capacidades limitadas de energía y sensores abordo de los VANTS les permiten navegar de forma autónoma. Teniendo en cuenta sus limitaciones de energía y la necesidad de una exploración eficiente, el objetivo es determinar la trayectoria, las rutas y la asignación de tareas óptimas ó sub-óptimas.

- Coordinación - Establecer comunicación efectiva entre los múltiples VANTs. Intercambiar información relevante. Tener baja latencia en su comunicación.
- Planificación - Los VANTs deben coordinar sus movimientos para evitar colisiones y lograr una cobertura eficiente del área objetivo.
- Asignación de tareas - Se busca evitar la duplicación de esfuerzos optimizando el uso de recursos disponibles.

# Contenido

- 1 Resumen
- 2 Antecedentes y motivación para el proyecto
- 3 Planteamiento del problema
- 4 Objetivos generales y específicos del proyecto**
- 5 Metodología
- 6 Estado del Arte
- 7 Contribuciones o resultados esperados

# Objetivos generales y específicos del proyecto

## ① General

Diseñar una arquitectura de software descentralizada capaz de resolver los problemas de localización y coordinación multi-VANT en ambientes desconocidos y dinámicos para tareas de exploración en interiores.

# Objetivos generales y específicos del proyecto

## ① General

Diseñar una arquitectura de software descentralizada capaz de resolver los problemas de localización y coordinación multi-VANT en ambientes desconocidos y dinámicos para tareas de exploración en interiores.

## ② Particulares

- Construcción de solución en base a los algoritmos reportados en la literatura.
- Valoración propuesta (simulación de propuesta).

# Objetivos generales y específicos del proyecto

## ① General

Diseñar una arquitectura de software descentralizada capaz de resolver los problemas de localización y coordinación multi-VANT en ambientes desconocidos y dinámicos para tareas de exploración en interiores.

## ② Particulares

- Construcción de solución en base a los algoritmos reportados en la literatura.
- Valoración propuesta (simulación de propuesta).
- Comparación y análisis (escalabilidad, robustez y recursos computacionales).

# Contenido

- 1 Resumen
- 2 Antecedentes y motivación para el proyecto
- 3 Planteamiento del problema
- 4 Objetivos generales y específicos del proyecto
- 5 Metodología**
- 6 Estado del Arte
- 7 Contribuciones o resultados esperados



# Metodología/Cronograma

	Cuatrimestre 1 <sup>a</sup>				Cuatrimestre 2 <sup>b</sup>				Cuatrimestre 3 <sup>c</sup>			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Etapas</b>												
<b>E1.A1. Revisión literatura relevante<sup>d</sup></b>												
<b>E1.A2. Selección de algoritmos</b>												
<b>E1.A3. Diseño de la arquitectura de software</b>												
<b>E1.A4. Documentación Etapa 1</b>												
<b>E1.A5. Revisión de tesis Etapa 1</b>												
<b>Etapas 2</b>												
<b>E2.A1. Selección Simulador</b>												
<b>E2.A2. Visualización de datos<sup>e</sup></b>												
<b>E2.A3. Control de desplazamientos<sup>f</sup></b>												
<b>E2.A4. Desarrollo de algoritmo de exploración</b>												
<b>E2.A5. Implementación y simulación<sup>g</sup></b>												
<b>E2.A6. Desarrollo de coordinación</b>												
<b>E2.A7. Implementación y simulación<sup>h</sup></b>												
<b>E2.A8. Documentación Etapa 2</b>												
<b>E2.A9. Revisión de tesis Etapa 2</b>												
<b>Etapas 3</b>												
<b>E3.A1. Experimentación de solución</b>												
<b>E3.A2. Recopilación resultados</b>												
<b>E3.A3. Documentación Etapa 3</b>												
<b>E3.A4. Revisión de tesis</b>												
<b>E3.A5. Divulgación<sup>i</sup></b>												
<b>E3.A6. Proceso de titulación</b>												

<sup>a</sup>Correspondiente a los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre del 2023

<sup>b</sup>Correspondiente a los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril del 2024

<sup>c</sup>Correspondiente a los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto del 2024

<sup>d</sup>Revisión de alertas de trabajos relacionados sobre la exploración y colaboración multi-VANT, evaluación de aptitudes en trabajos recientes

<sup>e</sup>Visualización Octomap en Simulador

<sup>f</sup>Un VANT

<sup>g</sup>Se considera un solo agente que resuelva la tarea de exploración autónoma con evasión de obstáculos

<sup>h</sup>Se consideran los múltiples-VANT que resuelva la tarea de exploración autónoma con evasión de obstáculos

<sup>i</sup>Abierto a espacios de divulgación de acuerdo con las actividades de retribución social

# Contenido

- 1 Resumen
- 2 Antecedentes y motivación para el proyecto
- 3 Planteamiento del problema
- 4 Objetivos generales y específicos del proyecto
- 5 Metodología
- 6 Estado del Arte**
- 7 Contribuciones o resultados esperados

# Prueba Video

REFERENCIA	MAPA	Planificador de rutas	Generación trayectoria	MULTI-VANT
Cieslewski et al. [2017] [41]	Octomap	Basado en fronteras	Control directo de velocidad	✗
Usenko et al. [2017] [42]	Cuadrícula egocéntrica	Offline RRT*	Curvas de Bezier	✗
Mohta et al. [2017] [43]	mapa 3D-Local y 2D-Global	A*	Progración cuadrática	✗
Lin et al. [2017] [44]	3D voxel array TSDF	A*	Optimización cuadrática	✗
Papachristos et al. [2017] [45]	Octomap	NBVP	Control directo de velocidad	✗
Oleynikova et al. [2018] [46]	Voxel Hashing TSDF	NBVP	Optimización cuadrática	✗
Gao et al. [2018] [47]	Mapa de cuadrícula	Método de marcha rápida	Optimización cuadrática	✗
Florence et al. [2018] [48]	Busqueda basada en visibilidad	2D A*	Control MPC	✗
Selin et al. [2019] [49]	Octomap	NBVP	Control directo de velocidad	✗
McGuire et al. [2019] [50]	NA	SGBA	Control directo de velocidad	✗
Collins and Michael [2020] [51]	KD Tree + Mapa en Voxel	Búsqueda en Grafo	Movimientos suaves	✗
Campos-Macías et al. [2020] [24]	Octree	RRT	Basado en contornos	✗
Zhou et al. [2023] [53]	Octomap HGrid	NBVP	Control directo de velocidad	✓

# Contenido

- 1 Resumen
- 2 Antecedentes y motivación para el proyecto
- 3 Planteamiento del problema
- 4 Objetivos generales y específicos del proyecto
- 5 Metodología
- 6 Estado del Arte
- 7 Contribuciones o resultados esperados

# Contribuciones o resultados esperados

## ① Documentación y códigos liberados

- Algoritmo para la exploración multi-VANT
- Algoritmo para la planificación de rutas multi-VANT
- Protocolo de comunicación y coordinación descentralizados multi-VANT que formaran parte de la arquitectura de software

# Contribuciones o resultados esperados

- ① Documentación y códigos liberados
  - Algoritmo para la exploración multi-VANT
  - Algoritmo para la planificación de rutas multi-VANT
  - Protocolo de comunicación y coordinación descentralizados multi-VANT que formaran parte de la arquitectura de software
- ② Simulación de la solución

# Contribuciones o resultados esperados

- ① Documentación y códigos liberados
  - Algoritmo para la exploración multi-VANT
  - Algoritmo para la planificación de rutas multi-VANT
  - Protocolo de comunicación y coordinación descentralizados multi-VANT que formaran parte de la arquitectura de software
- ② Simulación de la solución
- ③ Tesis impresa



# Bibliography I

- L. A. Curiel-Ramirez, R. A. Ramirez-Mendoza, J. Izquierdo-Reyes, M. R. Bustamante-Bello, and S. A. Navarro-Tuch. Hardware in the loop framework proposal for a semi-autonomous car architecture in a closed route environment. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13(4):1647–1658, Oct. 2019. doi: 10.1007/s12008-019-00619-x. URL <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00619-x>.
- S. K. Debnath, R. Omar, S. Bagchi, E. N. Sabudin, M. H. A. S. Kandar, K. Foyso, and T. K. Chakraborty. Different cell decomposition path planning methods for unmanned air vehicles-a review. In *Lecture Notes in Electrical Engineering*, pages 99–111. Springer Nature Singapore, July 2020. doi: 10.1007/978-981-15-5281-6\_8. URL [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5281-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5281-6_8).

# Bibliography II

- Y. Dieudonné, O. Labbani-Igbida, and F. Petit. Deterministic robot-network localization is hard. *IEEE Transactions on Robotics*, 26(2):331–339, 2010. doi: 10.1109/TRO.2010.2042753.
- L. H. Erickson and S. M. LaValle. A simple, but np-hard, motion planning problem. In *Proceedings of the Twenty-Seventh AAAI Conference on Artificial Intelligence*, AAAI'13, page 1388–1393. AAAI Press, 2013.
- J. R. Sánchez-Ibáñez, C. J. P. del Pulgar, and A. García-Cerezo. Path planning for autonomous mobile robots: A review. *Sensors*, 21(23):7898, Nov. 2021. doi: 10.3390/s21237898. URL <https://doi.org/10.3390/s21237898>.