



Enjambre de Drones para Monitoreo de Embarcaciones Nocivas dentro de una Zona Marítima de Pesca Artesanal

Alumnos:

Eduardo Carrasco

Argenis Chirinos

Gustavo Jara

Profesor:

Enrique Canessa

Curso:

Simulación Basada en Agentes. MIA, 2022.



Problema

- El sector pesquero chileno se encuentra dividido por subsectores: **pesca artesanal**, pesca industrial y subsector acuicultura
- Aproximadamente 100.000 pescadores inscritos en el **Registro Pesquero Artesanal**
- Chile se ubica en el 8vo lugar del mundo por volumen extractivo, representando una alta operación de embarcaciones a lo largo de los **3 millones de km²** de mar territorial y zona económica exclusiva, que permiten sustentar actividades marinas
- La sustentabilidad de los recursos pesqueros es un desafío permanente, por lo cual, la Armada de Chile realiza diversos esfuerzos para combatir la pesca **ilegal** y fiscalizar a las embarcaciones que no cumplan con la normativa nacional o internacional, amenazando directamente a la conservación de las poblaciones de peces y ecosistemas marinos



Solución actual

- La marina ha construido 4 unidades (OPV), capaces de controlar la zona económica exclusiva (ZEE), que cumplen misiones de escolta, vigilancia e **inspección**; este buque multipropósito cuenta con un alto grado de flexibilidad y es capaz de efectuar fiscalización a las actividades de pesca utilizando 2 embarcaciones propias
- El modo de operación de la unidad para cada actividad de fiscalización consiste en desplegar ambos botes con dotaciones, los cuales, deben ser capaces de seleccionar visualmente a cual de todas las embarcaciones fiscalizar



Escenarios que enfrenta la solución actual

- Seleccionar una embarcación a fiscalizar
- Considerar que el desplazamiento es lento y a nivel de superficie se tiene poca visibilidad para reconocer las actividades de pesca
- Existe un componente humano que afecta el nivel de decisión
- El desplazamiento en malas condiciones de mar afecta a las dotaciones de los botes, los cuales se ven enfrentados a largos trayectos con mareo a causa del movimiento propio del mar

“El proceso de ejecución de la fiscalización pesquera a través de botes, es ineficiente porque utiliza medios con poca capacidad y tiene un componente humano que decide la embarcación a fiscalizar en base a información incompleta”



Propuesta

Se propone desarrollar un sistema basado de agentes que permita a través del uso de drones del tipo UAV, efectuar un reconocimiento fotográfico de cada embarcación en actividad de pesca, de manera de seleccionar las que representan nocividad o poseen características particulares o de interés, para posteriormente utilizar un bote fiscalizador.

Lo anterior, permitirá disminuir los tiempos de reconocimiento de embarcaciones y aumentar la información disponible para la toma de decisiones.



Descripción del modelo

- Se plantea un escenario en el que existan embarcaciones con dos características principales: nocivas y **NO** nocivas.
- Estas características serán determinadas a través de un reconocimiento visual utilizando drones (UAV), controlados a través de una estación incorporada en el buque fiscalizador.
- Para poder determinar la posición de las embarcaciones, se utiliza un radar que permite identificar cada embarcación y se encuentra limitado a su radio de cobertura.
- La estación controladora incorporada, utiliza los datos del radar y asigna rutas de recorrido a los drones que efectuarán el reconocimiento visual para determinar su nivel nocividad, lo que es reportado por el drone al buque fiscalizador como agente controlador.

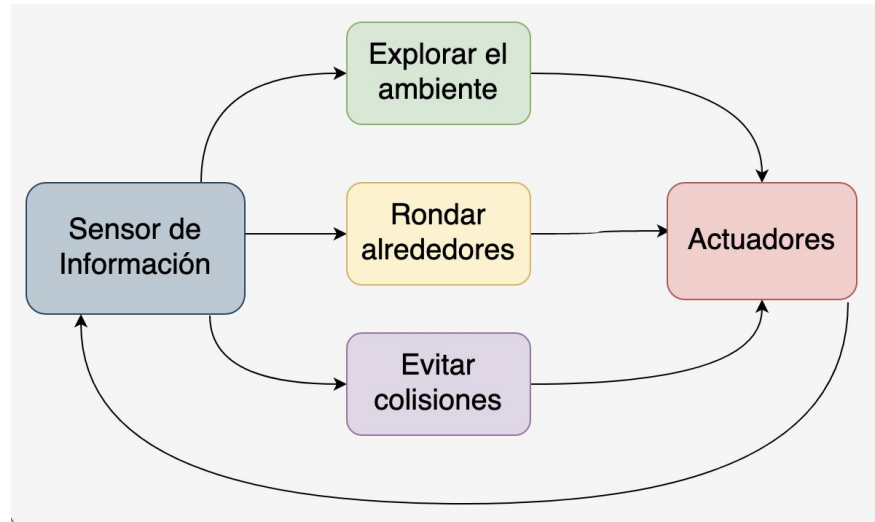


Arquitectura del modelo

La arquitectura utilizada es **subsunción** con drones reactivos, la que cuenta con las siguientes capas:

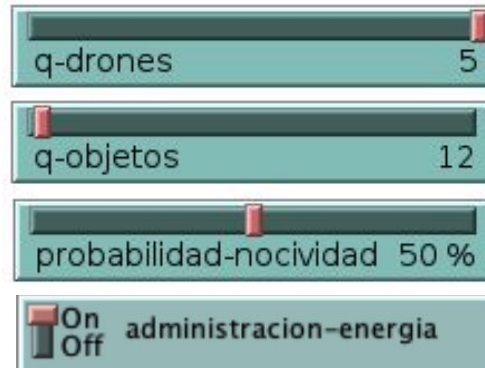
- Percepción (sensar): captura los objetos del mundo
- Planeamiento (controlador del modelo): analiza ubicación de los objetos y genera rutas de recorrido para cada drone
- Ejecución de tareas (actuadores):
 - La torre central instruye a cada drone con los objetivos a realizar (inspeccionar objetos)
 - A medida que los drones ejecutan cada objetivo, se va generando listado de objetos nocivos y se le entrega un siguiente objetivo
 - Cuando no quedan más objetos por identificar, se instruye al drone que regresa a la torre de control
 - Al finalizar, la torre de control genera reporte de objetos nocivos y su posición (para inspección por equipo especializado fuera de simulación)

Diagrama básico de una arquitectura de subsunción



Parámetros de entrada

- Cantidad de drones: 1 a 5, default 3
- Cantidad de objetos totales: 10 a 200, default 50
- Probabilidad objeto nocivo: 0% a 100%, default 10%
- Administración de energía (activa límites de operación basado en energía disponible): default on

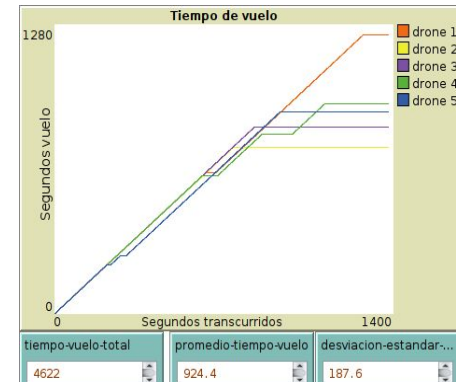
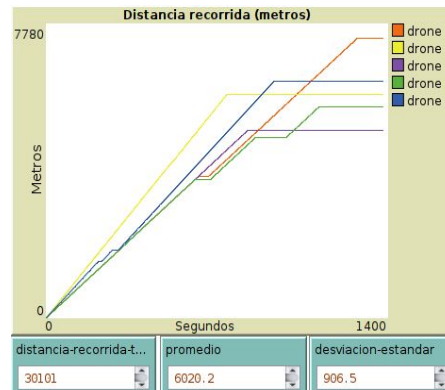


The image shows a vertical stack of four configuration controls. Each control consists of a horizontal slider bar with a red knob and a label with a numerical or categorical value to its right. The controls are: 1. 'q-drones' with a value of 5. 2. 'q-objetos' with a value of 12. 3. 'probabilidad-nocividad' with a value of 50 %. 4. 'administracion-energia' with a toggle switch set to 'On'.

Parameter	Value
q-drones	5
q-objetos	12
probabilidad-nocividad	50 %
administracion-energia	On

Métricas de salida

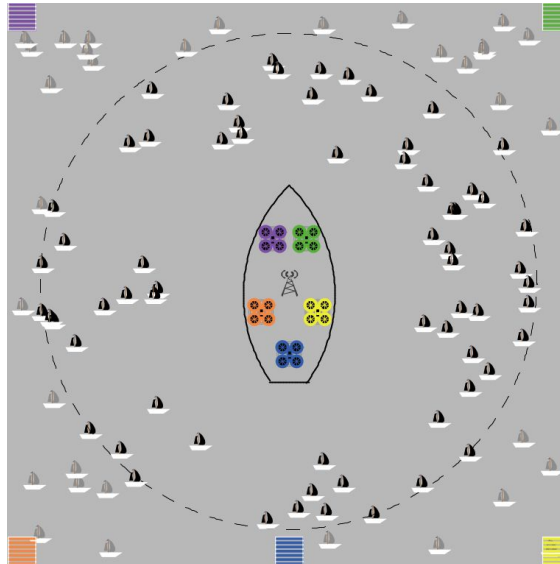
- **Distancia recorrida (metros):** monitor que muestra la distancia recorrida para cada drone (d. total, promedio y desviación estándar)
- **Tiempo de vuelo (segundos):** monitor que muestra el tiempo de vuelo para cada drone (t. total, promedio y desviación estándar)



Representación de los elementos del modelo

<p>Torre de control</p> 	<p>Drone (agente)</p> 	<p>Embarcación dentro del radar</p> 
<p>Embarcación fuera del radar</p> 	<p>Embarcación no nociva</p> 	<p>Embarcación nociva</p> 

Instancia del modelo configurado con 5 drones





Experimentos

Experimentos variando la entrada **q-drones** (cantidad de drones). Las variables de entrada **q-objetos** (cantidad de embarcaciones) y **probabilidad-nocividad** (probabilidad de considerar una embarcación como nociva), serán fijadas en 15 y 50 respectivamente.

- En los experimentos, **q-drones** toma los valores de 1, 2, 3, 4 y 5.

Resultados

q-drones	Monitor de distancia	Monitor de tiempo
1	<ul style="list-style-type: none"> distancia-recorrida-total: 10352 <ul style="list-style-type: none"> Drone 1: 10352 promedio: 10352 desviación-estándar: 0 	<ul style="list-style-type: none"> tiempo-vuelo-total: 1294 <ul style="list-style-type: none"> Drone 1: 1294 promedio-tiempo-vuelo: 1294 desviación-estándar: 0
2	<ul style="list-style-type: none"> distancia-recorrida-total: 11690 <ul style="list-style-type: none"> Drone 1: 6400 Drone 2: 5290 promedio: 5845 desviación-estándar: 773.6 	<ul style="list-style-type: none"> tiempo-vuelo-total: 1682 <ul style="list-style-type: none"> Drone 1: 876 Drone 2: 806 promedio-tiempo-vuelo: 841 desviación-estándar: 59.4
3	<ul style="list-style-type: none"> distancia-recorrida-total: 8584 <ul style="list-style-type: none"> Drone 1: 2680 Drone 2: 3360 Drone 3: 2544 promedio: 2861.3 desviación-estándar: 453 	<ul style="list-style-type: none"> tiempo-vuelo-total: 1367 <ul style="list-style-type: none"> Drone 1: 382 Drone 2: 560 Drone 3: 425 promedio-tiempo-vuelo: 455.7 desviación-estándar: 95.1
4	<ul style="list-style-type: none"> distancia-recorrida-total: 10666 <ul style="list-style-type: none"> Drone 1: 2400 Drone 2: 2770 Drone 3: 3110 Drone 4: 2386 promedio: 2666.5 desviación-estándar: 355.8 	<ul style="list-style-type: none"> tiempo-vuelo-total: 1449 <ul style="list-style-type: none"> Drone 1: 300 Drone 2: 462 Drone 3: 389 Drone 4: 298 promedio-tiempo-vuelo: 362.3 desviación-estándar: 80
5	<ul style="list-style-type: none"> distancia-recorrida-total: 10281 <ul style="list-style-type: none"> Drone 1: 2400 Drone 2: 1420 Drone 3: 1280 Drone 4: 3350 Drone 5: 1831 promedio: 2056.2 desviación-estándar: 838.7 	<ul style="list-style-type: none"> tiempo-vuelo-total: 1407 <ul style="list-style-type: none"> Drone 1: 342 Drone 2: 201 Drone 3: 215 Drone 4: 419 Drone 5: 230 promedio-tiempo-vuelo: 281.4 desviación-estándar: 94.4



Conclusiones

1. Con respecto al problema principal, este modelo permite conocer el comportamiento de un sistema basado en agentes con una **arquitectura de subsunción reactiva**, basado en un enjambre de drones que se dirigen al objetivo de reconocer la nocividad de una embarcación, permitiendo generar una etiqueta sobre la misma.
2. Podría ser intuitivo pensar que al incrementar la cantidad de drones, el tiempo requerido para inspeccionar todas las embarcaciones se vea reducido. Sin embargo, luego de analizar las métricas, se puede apreciar que esto no sucede. Entre las razones para ello podemos encontrar las siguientes:
 - a. Las embarcaciones son inspeccionadas siempre que estén dentro del perímetro del radar. En consecuencia, el radio de cobertura del radar determina la capacidad de detección ampliada de embarcaciones pero es igual de importante ampliar el radio de comunicación emitter/receiver entre la estación controladora y drones.
 - b. La velocidad de los drones también es importante, ya que permite alcanzar las embarcaciones antes de que salgan del perímetro del radar, para este caso, se estableció una velocidad crucero que permitiera un desgaste estable de la batería.
 - c. En base a los puntos anteriores, podría mejorarse el sistema a partir de la simulación de condiciones más cercanas a la realidad. La adopción del componente Z es una de las principales mejoras puesto que determina la altitud de vuelo del dron y con la consecuente limitación de operación para recorrer distancias verticales. De igual manera, el movimiento (rumbo y velocidad), de la unidad base es un componente perfectible para una próxima versión.



Conclusiones

3. Dentro de los análisis que se pueden llevar a cabo en base a los experimentos es que, la adopción de una limitación de energía de manera de simular la operación real demuestra que dependiendo de la cantidad de drones disponibles, existirán tiempos en los que no se encuentra disponible un drone fiscalizador.
4. Transcurre una cantidad de tiempo considerable cuando un drone vuelve a base porque no tiene ruta asignada. Igualmente, vuelve a transcurrir un tiempo importante cuando el drone sale de la base para alcanzar alguna embarcación (especialmente si está en los límites del perímetro). Podría ser más eficiente mantener el drone en aire y enviarlo a base cuando transcurra cierta cantidad de tiempo sin recibir tareas, pero que se encuentre condicionado a sus horas de operación.
5. Si bien, el modelo es un acercamiento inicial al comportamiento de un sistema basado en agentes, se debe comprender las limitaciones que este presenta para ser implementado como un sistema real.