

Inteligencia Artificial

Julio Ticona Quispe - Jesus Vera Callme

Universidad Catolica San Pablo

Análisis del Paper

"Combinando estigmergia y movimiento colectivo para coordinar el comportamiento de los enjambres de drones que realizan búsqueda de objetivos"

Presentando en :

6th Conferencia Internacional en información, inteligencia, sistemas y aplicaciones (IISA), 2015, Corfú, Grecia

Análisis del Paper

Department of Information Engineering
University of Pisa
Pisa, Italy

Autores :

- Mario G. C. A. Cimino mario.cimino@unipi.it
- Alessandro Lazzeri alessandro.lazzeri@for.unipi.it
- Gigliola Vaglini gigliola.vaglini@unipi.it

Drones

Enjambre (swarm)



Estigmergia (stigmergy)

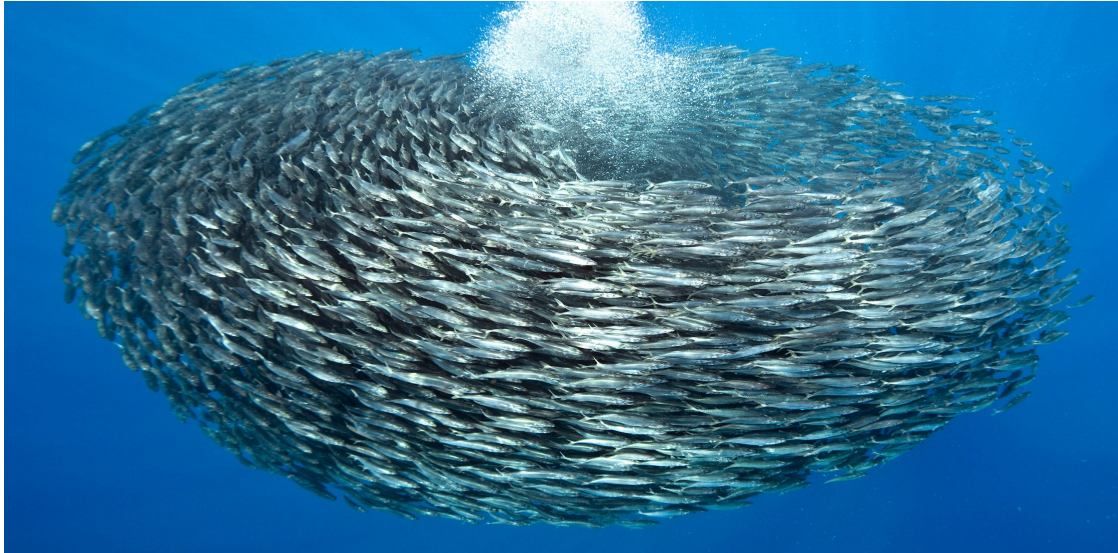
Estigmergia (también llamada a veces **estigmergia**) significa colaboración a través del medio físico [1].



[1] <https://es.wikipedia.org/wiki/Estigmergia>

Comportamiento Colectivo (Flocking)

- Desde la perspectiva de modelamiento matemático, **"flocking"** es el **movimiento colectivo** de un número de entidades autopropulsadas [2].



Abstract

- ❑ El limitado poder de cálculo puede ser asimilado en los algoritmos de simulación de enjambres, realizando estas tareas en una manera escalable.
- ❑ Este paper se enfoca en los aspectos necesarios de coordinación entre los drones, para realizar la búsqueda de objetivos.
- ❑ Mostramos como la búsqueda de objetivos puede mejorar por combinación de estigmergia y comportamientos de movimiento colectivo.

Abstract

- ❑ **Flocking (comportamiento de agrupación)** ocurre cuando drones están organizados espacialmente en grupos, cuyos miembros tratan de permanecer en un rango entre ellos.
- ❑ En este paper presentamos un novedoso y descentralizado modelo para la búsqueda de objetivos, y experimentamos de manera empírica usando una **plataforma de simulación**.
- ❑ Las diferentes combinaciones de estrategias son revisadas, describiendo su desempeño en una serie de escenarios sintéticos y del mundo real.

Introducción

Uso actual de Drones para :

- Inteligencia Militar
- Reconocimiento, vigilancia y patrullaje
- Monitoreo de Trafico
- Localización de incendios forestales
- Estudios científicos en condiciones peligrosas
- Búsqueda y rescate

Ventajas :

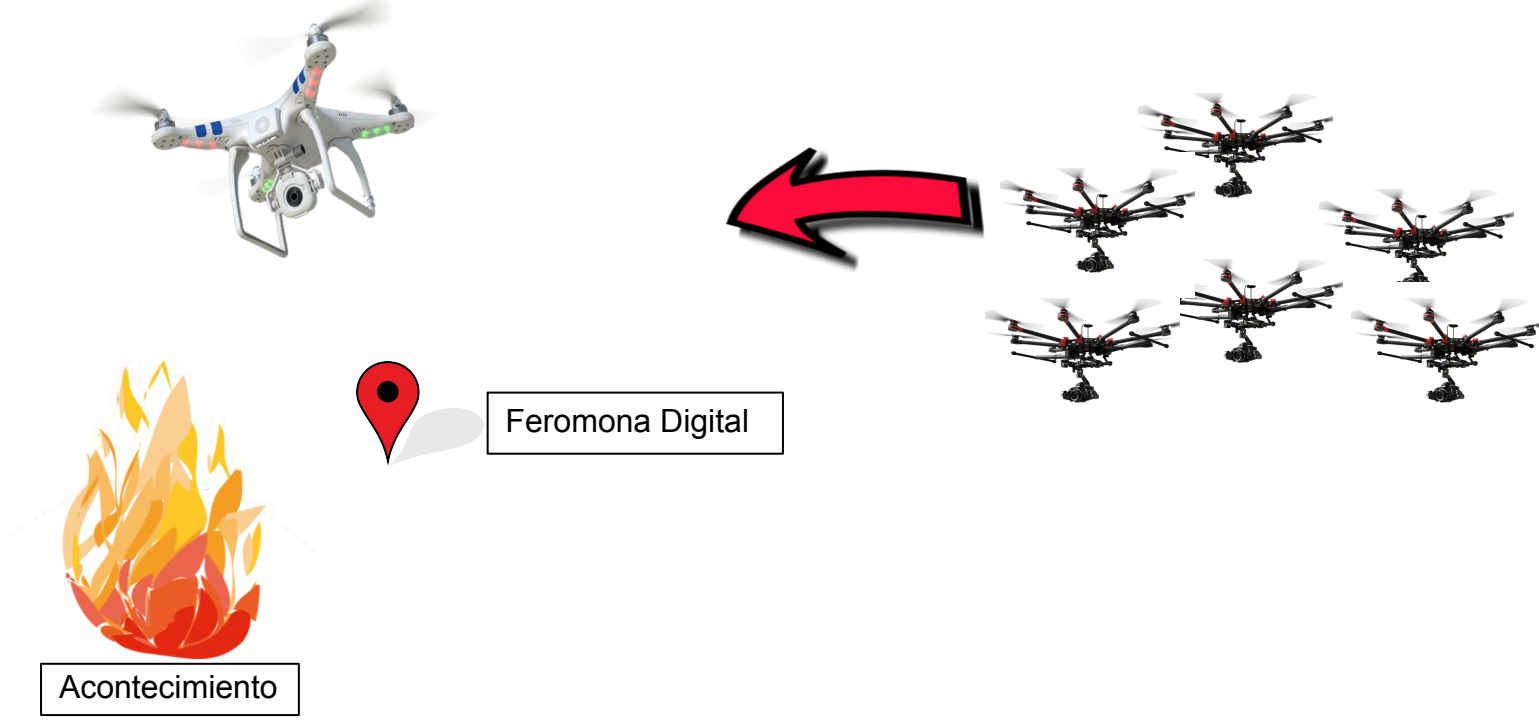
- Barato con respecto a otros medios
- Uso en enjambre
- Configurable (sensors especializados)

Introducción

- ❑ Uso de tecnologías colectivas-cooperativas (enjambre) para problemas escalables
- ❑ Ventajas de implementar modelo enjambre en drones:
 - Robustez (reponerse al perder a un individuo)
 - Escalabilidad (realizar grandes tareas)
 - Flexibilidad (en entornos y tareas variadas)
- ❑ Cada individuo del enjambre debe actuar
 - Actuar con cierto nivel de autonomía
 - Realizar solo detección local y comunicación
 - Operar sin control centralizado o conocimiento global
 - Cooperar para lograr tareas globales

Introducción

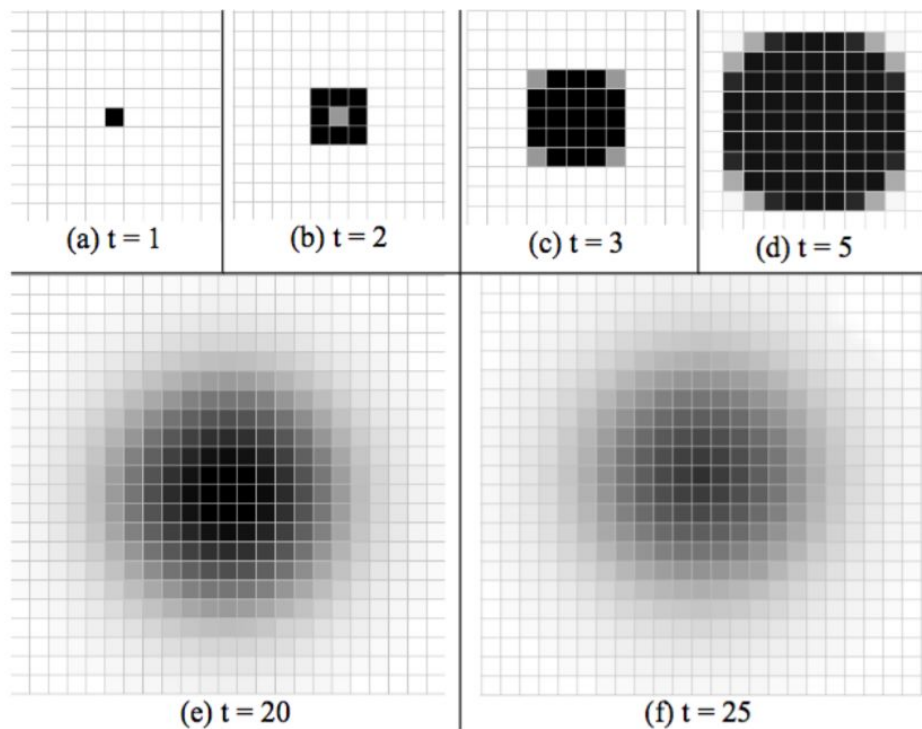
- ❑ Si el dron encuentra un objetivo potencial, deja una porción de feromona (señal) en la ubicación, ésta actúa como atractivo potencial de drones.



Trabajos Relacionados

- ❑ Los trabajos publicados en el campo se pueden distinguir en tres categorías:
 - Utilizar una **sustancia física**, una feromona, que se transmite de **manera indirecta** entre robots por medio del **medio físico**.
 - El uso de una feromona **digital**, transmitida por la **comunicación directa** entre robots.
 - El uso de una feromona digital, transmitida por una **comunicación indirecta** entre robots. (Paper)

A. La estructura del entorno y la dinámica de feromonas



- En **(a)** la feromona es liberada.
- En **(b)** la feromona es difundida a celdas cercanas, con una constante $\delta \in [0,1]$
- En **(c-d)** la feromona se difunde y luego se evapora, para con el tiempo disminuir su intensidad con una constante $\epsilon \in [0,1]$
- En **(e-f)** la feromona se evapora

Fig. 1. Escenario basico de feromonas dinamicas: (a) liberacion, (b) difusion principal, (c-d) difusion y evaporacion, (e-f) evaporacion principal.

A. La estructura del entorno y la dinámica de feromonas

- ❑ La intensidad " p " de la feromona x liberada en el instante " t " en la celda (x,y) es entonces expresada por la siguiente fórmula:

$$p_{x,y} = \epsilon \cdot [(1 - \delta) \cdot p_{x,y}(t - 1) + \Delta p_{x,y}(t - 1, t) + d_{x,y}(t - 1, t)]$$

δ : cte de velocidad de difusión.

ϵ : cte de velocidad de evaporación

$(1 - \delta) \cdot p_{x,y}(t - 1)$: cantidad restante después de difundir a celdas cercanas

$\Delta p_{x,y}(t - 1, t)$: depósitos adicionales hechos en el intervalo $(t - 1, t)$

$d_{x,y}(t - 1, t)$: feromona de entrada difundida desde todas las cercanas celdas

La formula en rojo al ser multiplicada por "epsilon" es la evaporacion.

8 celdas vecinas propaga la porcion δ de su feromona a la celda (x, y) en cada ciclo de actualizacion.

$$d_{x,y}(t - 1, t) = \frac{\delta}{8} \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 p_{x+i,y+j}(t - 1) \quad (i,j) \neq (0,0)$$

B. El comportamiento del Drone

❑ Más precisamente, cada unidad de período del drone realiza en paralelo:

- Detección de objetivos, para luego liberar feromonas.
 - Detección de objetos y límites cercanos.
-
- ❑ Si hay una **dirección libre siguen adelante**
 - ❑ Si no hay objetos cercanos detectados, los drones tratan de **detectar feromonas** y, si se detecta, apunta **hacia la intensidad máxima** de la misma (el drone es capaz de detectar las feromonas en la detección de feromonas a π distancia)
 - ❑ Si no se detecta la feromona, el drone intenta detectar drones que lo rodean con el fin de apuntar hacia el grupo. Por último, si no hay drones cerca, realiza un **giro al azar** y seguir adelante.

B. El comportamiento del Drone

- ❑ En el comportamiento de agrupamiento, el drone toma en cuenta únicamente los drones dentro de un radio de visibilidad de agrupamiento (ρ)

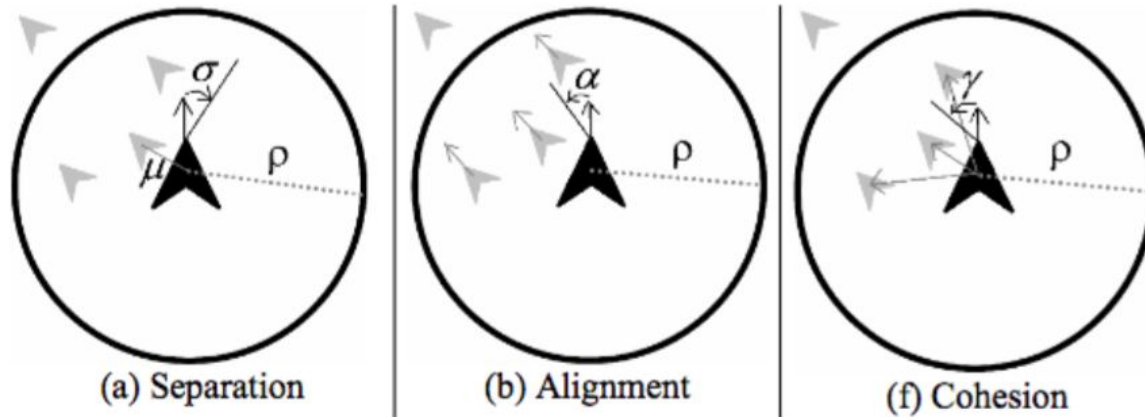
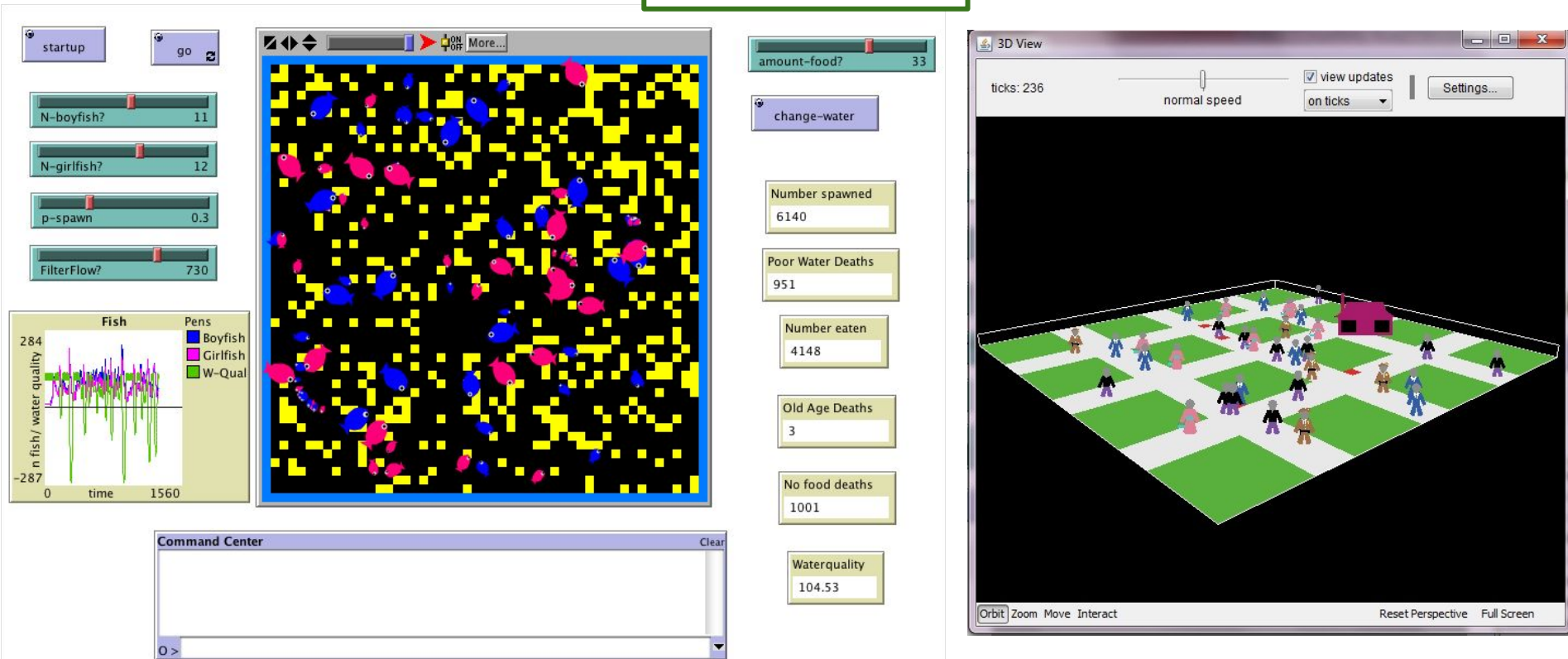


Fig. 3. Vision del radio de agrupacion y otros parametros en comportamiento de agrupamiento

Estudios Experimentales

NetLogo 5.3.1



Estudios Experimentales

- Para cada experimento, 10 ensayos se han llevado a cabo, mediante el uso como un indicador de rendimiento del tiempo necesario para detectar el 95% de los objetivos en el escenario.
- Hemos probado el modelo en 5 escenarios diferentes.
 - Forest (Bosque)
 - Field (Campo)
 - Urban (Urbano)
 - Rural Mines (Minas Rurales)
 - Urban Mines (Minas Urbanas)

Estudios Experimentales

TABLE II. RESULTADOS NUMERICOS

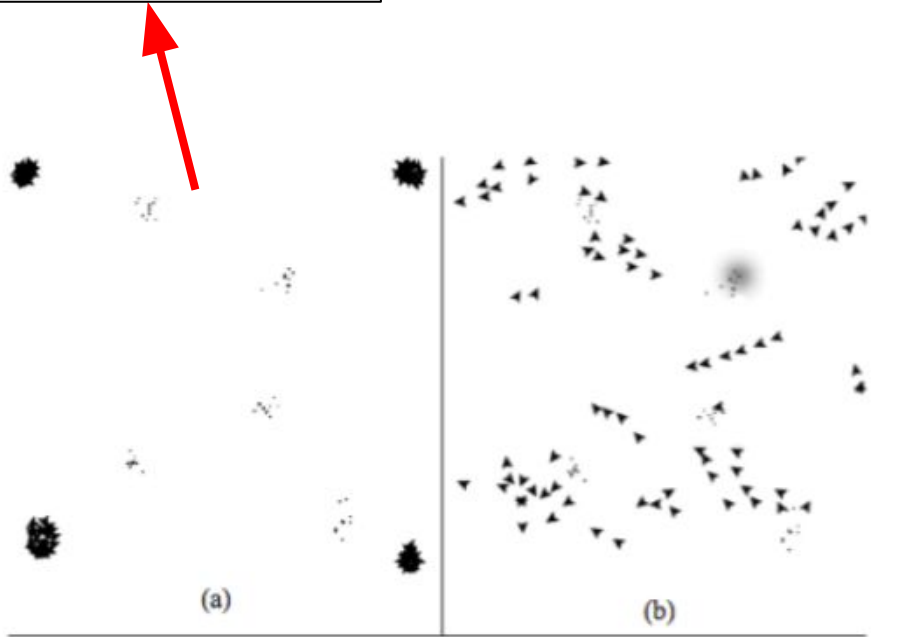
<i>Scenario</i>	<i>Nº of targets / clusters</i>	<i>Type / nº of obstacles</i>	<i>Drones</i>	<i>Completion time (ticks)</i>	
Field	50 / 5	Trees: 0 Build: 0	80	R	1756 ± 178
				S	802 ± 160
				S+F	689 ± 142
Forest	20 / 1	Trees: 400 Building: 0	80	R	2378 ± 512
				S	744 ± 194
				S+F	677 ± 68
Urban	110 / 2	Tree: 0 Building: 7	40	R	1448 ± 106
				S	861 ± 148
				S+F	800 ± 73
Rural Mines	28 / 28	Tree: 281 Building: 3	200	R	724 ± 83
				S	694 ± 88
				S+F	666 ± 68
Urban Mines	40 / 40	Trees: 54 Building: 28	25	R	354 ± 25
				S	455 ± 60
				S+F	415 ± 44

La Tabla II resume las características y los resultados de cada escenario, en la forma "± de un intervalo de confianza".

Este resultado podría atribuirse al hecho de que el mapa Minas urbana tiene un muy complejo diseño de obstáculos, que hace que la navegación agrupada difícil y difícil la estrategia de coordinación. Vale la pena señalar que todos los escenarios se han procesado mediante el uso de un propósito de parametrización general.

Estudios Experimentales

Estado inicial, con 80 drones repartidos en 4 enjambres



3 formaciones estigmetricas en tres diferentes objetivos. En la parte inferior derecha se puede observar que una formacion estigmergetica atrajo a un enjambre de drones

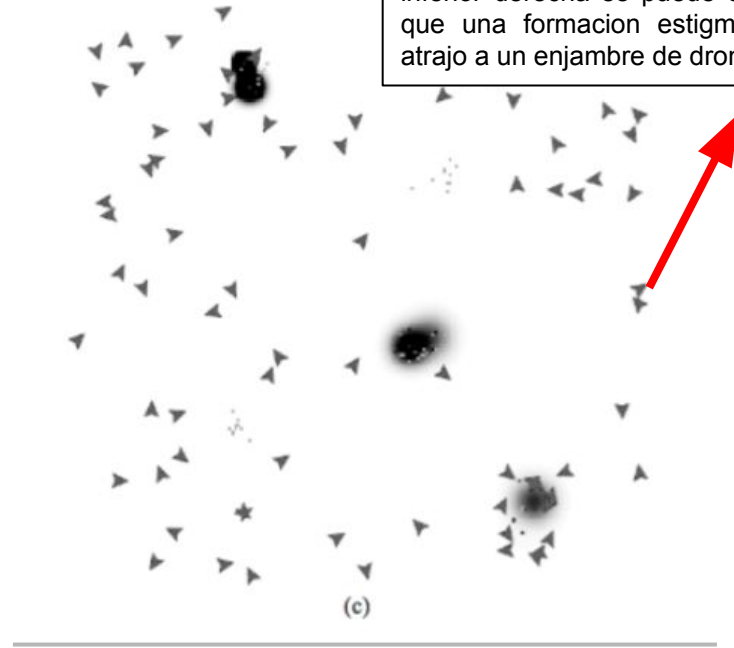
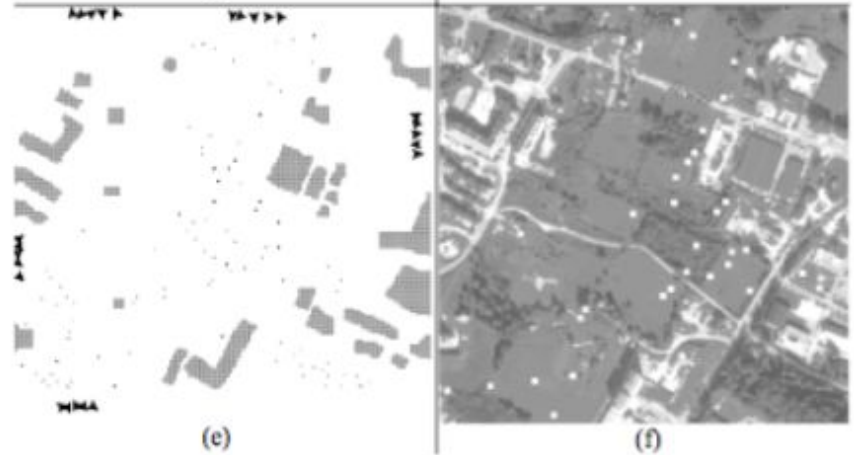
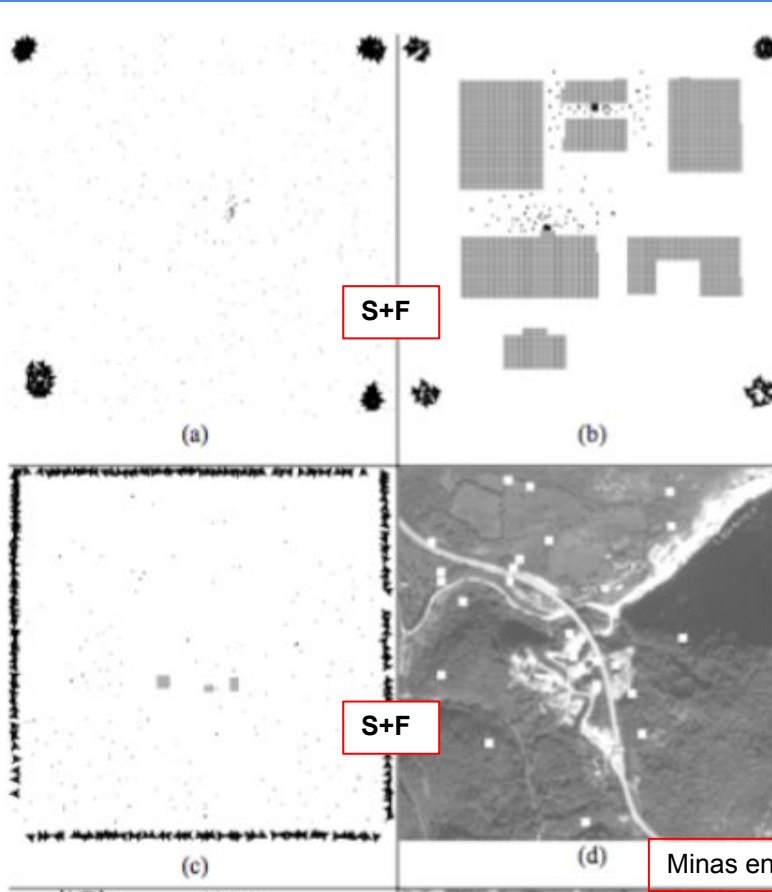


Fig. 4. Algunas capturas del escenario: Field: (a) estado inicial, (b) flocks (agrupacion), (c) tres formaciones estigmetricas

Estudios Experimentales



Este resultado podría atribuirse al hecho de que el mapa Minas urbana tiene un muy complejo diseño de obstáculos, que hace que la navegación agrupada difícil y difícil la estrategia de coordinación. Vale la pena señalar que todos los escenarios se han procesado mediante el uso de un propósito de parametrización general.

Fig. 5. Modelos de 2 sintéticos y 2 escenarios reales: (a) Bosque, (b) Urbano, (c-d) Minas Rurales, (e-f) Minas Urbanas

Minas en zonas cercanas a Sarajevo, en Bosnia-Herzegovina.

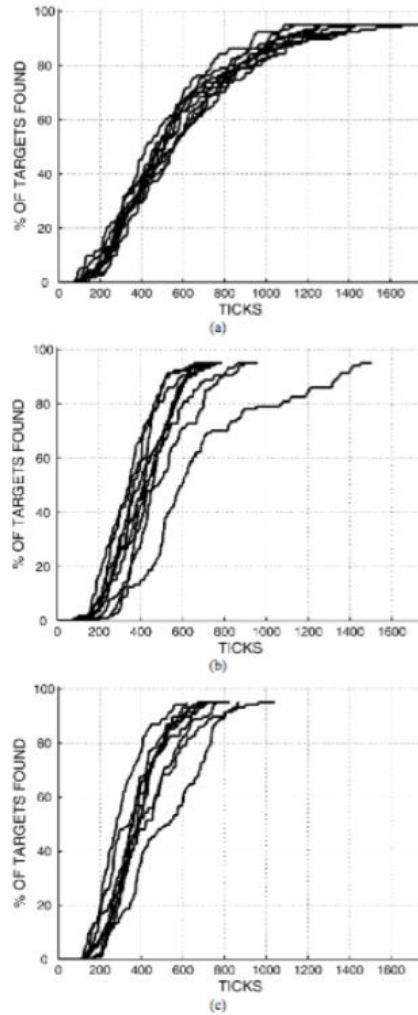


Fig. 6. Tasa de completacion en funcion del tiempo para el escenario Urbano:
(a) Vuelo random, (b) Estigmetria, (c) Estigmetria + Agrupacion (flocking)

Conclusiones y Trabajos Futuros

- ❑ En este paper, presentamos una nueva estrategia de enjambre, basada en estigmergia y comportamiento de agrupación (flocking behaviors).
- ❑ El enfoque utiliza estigmergia para atraer drones en las áreas con objetivos potenciales y emplea agrupación (flocking) para organizar drones en enjambres.
- ❑ Los resultados simulados en escenarios sintéticos y reales han demostrado los beneficios de estigmergia y agrupación (flocking).

Conclusiones y Trabajos Futuros

- ❑ El mecanismo general se puede mejorar si los parámetros estructurales están sintonizados correctamente para el escenario dado.
- ❑ La determinación de estos parámetros correctos no es una tarea sencilla ya que las diferentes áreas tienen diferentes características.
- ❑ Por lo tanto, una afinación apropiada para adaptar los parámetros al área de búsqueda específica es deseable para hacer la búsqueda más eficaz.
- ❑ Con este fin, utilizar una estrategia de optimización de parámetros se considera una actividad de investigación clave para los futuros trabajos.

Referencias

- [1] K. Whitehead, C.H. Hugenholtz, S. Myshak, O. Brown, A. LeClair, A. Tamminga, T.E. Barchyn, B. Moorman, B. Eaton, "Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: scientific and commercial applications", *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, vol. 02(03), pp. 86-102, 2014.
- [2] R. McCune, R. Purta, M. Dobski, A. Jaworski, G. Madey, Y. Wei, A. Madey & M.B. Blake, "Investigations of DDDAS for command and control of uav swarms with agent-based modeling", *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference: Simulation: Making Decisions in a Complex World*, IEEE Press, pp. 1467-1478, 2013.
- [3] M. Brambilla, E. Ferrante, M. Birattari e M. Dorigo, "Swarm robotics: a review from the swarm engineering perspective," *Swarm Intelligence*, vol. 7, pp. 1-41, 2013.
- [4] J. A. Sauter, R. Matthews, H. Van Dyke Parunak & S. A. Brueckner, "Performance of digital pheromones for swarming vehicle control," in *Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, ACM, pp. 903-910, 2005.
- [5] H. Van Dyke Parunak, M. Purcell & R. O'Connell, «Digital pheromones for autonomous coordination of swarming UAV's," in *AIAA's 1st Technical Conference and Workshop on Unmanned Aerospace Vehicles*, Ann Arbor, 1001, pp. 48105-1579, 2002.
- [6] G. Ermacora, A. Toma, B. Bona, M. Chiaberge, M. Silvagni, "A cloud robotics architecture for an emergency management and monitoring service in a smart city environment," in: *2013 IEEE/RSJ International Conference of Intelligent Robots and Systems*, Tokyo (Japan), November 3-8, 2013.
- [7] C. W. Reynolds, "Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model," in *ACM Siggraph Computer Graphics*, 1987.
- [8] C. Bernon, M.P. Gleizes, & G. Picard, "Enhancing self-organising emergent systems design with simulation," *Engineering Societies in the Agents World VII*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 284-299, 2007.
- [9] T. Kuyucu, I. Tanev & K. Shimohara, "Superadditive effect of multi-robot coordination in the exploration of unknown environments via stigmergy," *Neurocomputing*, vol. 148, pp. 83-90, 2015.
- [10] P. Dasgupta, "A multiagent swarming system for distributed automatic target recognition using unmanned aerial vehicles," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans*, Vol. 38, no. 3, pp.549-563, 2008.
- [11] Y. Tan & Z. Zhong-Yang, "Research advance in swarm robotics," *Defence Technology* 9.1, 18-39, 2013.
- [12] J. Rodriguez, C. Castiblanco, I. Mondragon e J. Colorado, "Low-cost quadrotor applied for visual detection of landmine-like objects," in *ICUAS - International Conference on Unmanned Aircraft Systems*, Orlando, FL, USA, 2014.