***SOCIAL INSECTS AS THE MULTI-AGENT SYSTEMS***

***1)introduction***

*Colonies of social insects – ants, bees, wasps, and termites – can be viewed as highly parallel, distributed systems for solving the problems intrinsic to colony survival and reproduction. Colonies are highly parallel in that large numbers of individual colony members are interchangeable: the system is composed of redundant individuals behav- ing according to a stereotyped set of rules. Although the workers of many species exhibit a behavioral flexibility that allows them to perform more than one job in the course of their lives, all of the individuals engaged in any one job, such as foraging for food or feeding the brood, seem to follow essentially the same set of behavioral rules. Further- more, all workers follow the same set of rules governing when they perform a given job, and when they switch to another one. In those species in which workers are morphologi- cally and behaviorally specialized to the performance of a single task, workers of a given specialization behave in the same way, making the colony as a whole highly parallel. Colonies are distributed in that they function without hierarchical organization. Infor- mation is not integrated in a command center that directs the colony’s activities. Instead, information remains dispersed throughout the colony, distributed across all workers and their immediate environments. Individual workers respond to local environmental cues and to interactions with each other – not to signals from central command – and this distributed process achieves the colony’s coordination and execution of work.*

*TRADUCCIÓN:*

Las colonias de insectos sociales (hormigas, abejas, avispas y termitas) se pueden ver como sistemas altamente paralelos y distribuidos para resolver los problemas intrínsecos a la supervivencia y reproducción de las colonias. Las colonias son altamente paralelas en el sentido de que un gran número de miembros de colonias individuales son intercambiables: el sistema está compuesto por individuos redundantes que se comportan de acuerdo con un conjunto de reglas estereotipadas. Aunque los trabajadores de muchas especies exhiben una flexibilidad de comportamiento que les permite desempeñar más de un trabajo en el curso de sus vidas, todos los individuos involucrados en cualquier trabajo, como buscar comida o alimentar a la cría, parecen seguir esencialmente El mismo conjunto de reglas de comportamiento. Además, todos los trabajadores siguen el mismo conjunto de reglas que rigen cuando realizan un trabajo determinado y cuando cambian a otro.

En aquellas especies en las que los trabajadores están especializados morfológicamente y en el comportamiento para el desempeño de una sola tarea, los trabajadores de una especialización dada se comportan de la misma manera, haciendo que la colonia en su conjunto sea altamente paralela. Las colonias se distribuyen en que funcionan sin organización jerárquica. La información no está integrada en un centro de comando que dirige las actividades de la colonia. En cambio, la información permanece dispersa por toda la colonia, distribuida entre todos los trabajadores y sus entornos inmediatos. Los trabajadores individuales responden a las señales ambientales locales y a las interacciones entre ellos, no a las señales del comando central, y este proceso distribuido logra la coordinación y ejecución del trabajo de la colonia.

*(HIRSH – GORDON 2001 – ARTICLE DISTRIBUTED PROBLEM SOLVING IN SOCIAL INSECTS) pag 1*

*Multiagent systems used in the AI community are typically knowledge based, consisting of heterogeneous unembodied agents carrying out explicitly assigned tasks, and communicating via symbols. In contrast, many extremely competent natural collective systems of multiple agents (e.g. social insects) are not knowledge based, and are predominantly homogeneous and embodied; agents have no explicit task assignment, and do not communicate symbolically. A common method of control used in such collective systems is stigmergy, the production of a certain behaviour in agents as a consequence of the effects produced in the local environment by previous behaviour. The stigmergy is used successfully in a collective robot system modelled on ants.*

*TRADUCCIÓN:*

Los sistemas multiagente utilizados en la comunidad de inteligencia artificial suelen basarse en el conocimiento y consisten en agentes heterogéneos no incorporados que realizan tareas asignadas explícitamente y se comunican mediante símbolos. En contraste, muchos sistemas colectivos naturales extremadamente competentes de agentes múltiples (por ejemplo, insectos sociales) no se basan en el conocimiento, son predominantemente homogéneos y están incorporados; los agentes no tienen una asignación de tareas explícita y no se comunican simbólicamente. Un método común de control utilizado en tales sistemas colectivos es la estigmergia, la producción de un cierto comportamiento en agentes como consecuencia de los efectos producidos en el entorno local por un comportamiento anterior.

(MULTIAGENTS SYSTEMS: LESSONS FROM SOCIAL INSECTS AND COLLECTIVE ROBOTICS) pag 57 (1)

***2)trabajo de investigación con citas bibliográficas***

***2.1)Estigmergia***

The subject of stigmergy is best approached by considering the ways in which embodied agents (call them robots) can interact. At any instant, a robot can affect another robot directly and immediately in three main ways:

̄ by affecting the other robot’s sensors: for example, by being sensed as an obstacle

̄ by applying force to the other robot, actively or passively (possibly through the environment): for example, by colliding with it

̄ by communicating with the other robot

A robot can also affect another robot indirectly, and with a delay, by changing a part of the environment which the other robot may subsequently encounter. The changes may influence the other robot in the following ways when it arrives at the altered location:

̄ by affecting its sensors, and consequently its choice of behaviour

̄ by altering the effect of its actions (for example, if the environmental change is the laying down of a film of oil, the effect may be to cause the robot to lose traction and therefore to follow a different trajectory than it would have without the change)

The effects of these indirect interactions constitute stigmergy (Grass6, 1959). Active stigmergy (Holland Beckers 1996) occurs when the effect is to influence the choice of behaviour of the second robot through sensory input.

TRADUCCIÓN:

El tema de la estigmergia se aborda mejor considerando las formas en que los agentes encarnados (llamémosles robots) pueden interactuar. En cualquier momento, un robot puede afectar a otro robot directa e inmediatamente de tres formas principales: ̄ afectando a los sensores del otro robot: por ejemplo,

ser percibido como un obstáculo ̄ aplicando fuerza al otro robot, activa o pasivamente (posiblemente a través del entorno): por ejemplo, chocando con él communic comunicándose con el otro robot

Un robot también puede afectar a otro robot indirectamente, y con un retraso, cambiando una parte del entorno que el otro robot puede encontrar posteriormente. Los cambios pueden influir en el otro robot de las siguientes maneras cuando llega a la ubicación alterada: ̄ afectando a sus sensores y, por consiguiente, a su elección de comportamiento.

Al alterar el efecto de sus acciones (por ejemplo, si el cambio ambiental es la colocación de una película de aceite, el efecto puede hacer que el robot pierda tracción y, por lo tanto, siga una trayectoria diferente a la que tendría sin el cambio). ) Los efectos de estas interacciones indirectas constituyen la estigmergia (Grass6, 1959). La estigmergia activa (Holland Beckers, 1996) ocurre cuando el efecto es influir en la elección del comportamiento del segundo robot a través de la información sensorial.

(MULTIAGENTS SYSTEMS: LESSONS FROM SOCIAL INSECTS AND COLLECTIVE ROBOTICS) pag 58 (2)

***2.2 Swarm Intelligence and wasp behavior***

*Swarm Intelligence,*

*a term coined by Beni and Wang in 1989, describes the collective emergent behavior resulting from decentralized and self-organized systems. Its roots are the studies of self-organized social insects, such as ants, wasps or termites. In a colony of such insects, there is no central entity or mechanism controlling or even defining objectives, yet these creatures with strict sensory and cognitive limitations manage to perform complex tasks such as food foraging, brood clustering, nest maintenance and nest construction. As a result, the mechanisms underlying their complex behavior as a whole became subject of great interest and study, resulting in a great wealth of models inspired by Nature.*

*The particular relevance of such models for our work is based from the fact that most problems dealt within a colony, particularly in the case of wasps, are analogous to the scheduling and logistic engineering problems raised when considering unit production for real-time strategy games.*

*TRADUCCIÓN:*

Swarm Intelligence, un término acuñado por Beni y Wang en 1989 [1], describe el comportamiento colectivo emergente resultante de los sistemas descentralizados y autoorganizados. Sus raíces son los estudios de insectos sociales autoorganizados, como hormigas, avispas o termitas [2]. En una colonia de tales insectos, no hay una entidad central o mecanismo que controle o incluso defina objetivos, sin embargo, estas criaturas con estrictas limitaciones sensoriales y cognitivas logran realizar tareas complejas como el forrajeo de alimentos [9], agrupamiento de crías [7], mantenimiento de nidos y construcción de nidos [6]. Como resultado, los mecanismos que subyacen a su compleja conducta en su conjunto se convirtieron en objeto de gran interés y estudio, lo que dio como resultado una gran cantidad de modelos inspirados en la Naturaleza [4].

La relevancia particular de tales modelos para nuestro trabajo se basa en el hecho de que la mayoría de los problemas que se tratan dentro de una colonia, particularmente en el caso de las avispas, son análogos a los problemas de programación y de ingeniería logística planteados al considerar la producción unitaria para juegos de estrategia en tiempo real.

Wasp Behavior,

From their studies of the wasps, Theraulaz and colleagues created a model of dynamic task allocation that successfully emulates the self-organized behavior of wasps.

The model consists in a wasp hive in which there are two possible tasks: foraging and brood care. Individuals decide which task to do according to their response threshold and stimulus emitted by the brood. The system has the following main features:

– Tasks have the capacity of emitting stimuli that affects the individuals task selection decisions (stimulus);

– Individuals possess response thresholds that represent their predisposition to perform certain tasks (response thresholds);

– Each individual has a force that is taken into account during dominance contests to determine the winner. Dominance contests form a hierarchy within the colony (force);

– When an individual performs a task, the respective response threshold is decreased while the other response thresholds associated with other tasks are increased. This means that the more an individual performs a task the more likely he is to do it again, creating task specialists in the society (specialization).

These four features guide the model towards both performance and flexibility. The capacity of specialization of each individual leads self-organization towards optimal performance, allowing the whole work force to dynamically adapt to the constantly changing external environment as well as the intrinsic needs of the colony resulting, for instance, from loss of individual, etc. Such characteristics are of importance when considering the production scheduling in RTS games.

TRADUCCION:

A partir de sus estudios sobre las avispas, Theraulaz y sus colegas crearon un modelo de asignación dinámica de tareas que emula con éxito el comportamiento autoorganizado de las avispas.

El modelo consiste en una colmena de avispas en la que hay dos tareas posibles: alimentación y cuidado de crías. Los individuos deciden qué tarea realizar de acuerdo con el umbral de respuesta y el estímulo emitido por la cría. El sistema tiene las siguientes características principales:

- Las tareas tienen la capacidad de emitir estímulos que afectan las decisiones de selección de tareas de los individuos (estímulo);

- Los individuos poseen umbrales de respuesta que representan su predisposición a realizar ciertas tareas (umbrales de respuesta);

- Cada individuo tiene una fuerza que se tiene en cuenta durante los concursos de dominación para determinar el ganador. Los concursos de dominancia forman una jerarquía dentro de la colonia (fuerza);

- Cuando una persona realiza una tarea, el umbral de respuesta respectivo disminuye mientras que los otros umbrales de respuesta asociados con otras tareas aumentan. Esto significa que cuanto más una persona realiza una tarea, más probabilidades tiene de hacerlo, creando especialistas en tareas en la sociedad (especialización).

Estas cuatro características guían el modelo hacia el rendimiento y la flexibilidad. La capacidad de especialización de cada individuo lleva a la autoorganización hacia un rendimiento óptimo, lo que permite que toda la fuerza laboral se adapte dinámicamente al entorno externo en constante cambio, así como a las necesidades intrínsecas de la colonia, como resultado de la pérdida de un individuo, etc. Tales características son importantes cuando se considera la programación de la producción en los juegos de estrategia en tiempo real.

(PROGRESS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE) pag 72 (96)

***2.3) The computationality complete ant colony***

When McCulloch and Pitts [34] introduced neural networks as models for studying the central nervous system, their first analytical step was to investigate the máximum potential sophistication of information processing by such networks. They were able to show that neural networks are, in principle, computationally complete. That is, such a network can be constructed to solve any problem accessible to a finite digital computer. Lachmann and Sella [32,33] have recently applied the same methodology to information processing in social insects, addressing the following question. Is the parallel distributed organization of an ant colony capable, in principle, of processing information with the same sophistication as any computer, or is the ant colony limited in its maximum potential sophistication?

The specific aspect of colony organization investigated by Lachmann and Sella is task allocation, the colony’s distribution of workers to different jobs in dynamic response to the shifting state of the environment and the needs of the colony. For a schematic mathematical depiction of this process, they adopt a generalization of a model originally set forth by Pacala.

Based upon this very schematic description of colony dynamics, Lachmann and Sella build a constructive proof of computational completeness.

TRADUCCIÓN:

Cuando McCulloch y Pitts [34] introdujeron redes neuronales como modelos para el estudio.

En el sistema nervioso central, su primer paso analítico fue investigar la máxima

Potencial sofisticación del procesamiento de la información por parte de dichas redes. Fueron capaces de

muestran que las redes neuronales son, en principio, computacionalmente completas. Es decir, tal

La red se puede construir para resolver cualquier problema accesible a una computadora digital finita.

Lachmann y Sella [32,33] han aplicado recientemente la misma metodología a la información

Procesamiento en insectos sociales, abordando la siguiente pregunta. Se distribuye el paralelo.

organización de una colonia de hormigas capaz, en principio, de procesar información con la

la misma sofisticación que cualquier computadora, o es la colonia de hormigas limitada en su máximo potencial

sofisticación temporal?

El aspecto específico de la organización de colonias investigado por Lachmann y Sella [32,

33] es la asignación de tareas, la distribución de los trabajadores de la colonia a diferentes trabajos en dinámicas

Respuesta al cambiante estado del medio ambiente y las necesidades de la colonia. Para

Representación matemática esquemática de este proceso, adoptan una generalización de un modelo.

originalmente establecido por Pacala.

Basado en esta descripción muy esquemática de la dinámica de colonias, Lachmann y Sella construye una prueba constructiva de integridad computacional:

(HIRS – GORDON 2001 – ARTICLE DISTRIBUTED PROBLEM SOLVING IN SOCIAL INSECTS) pag 3

***2.4) Foraging definition***

Foraging consists in searching and collecting items in an environment and move them to storage point(s). Ostergaard et al. (2001) define the foraging as a two-step task known as searching and homing, where robots have to find as quick as posible items in the environment and return them to a goal region. While Winfield (2009) defines the foraging with a four state machine (searching, grabbing, homing and depositing), many variations can be derived from this basic point of view to define some special cases like dealing with energy limitations. However, most of the literature that works on foraging consider the two tasks searching and homing, since the two others are more related to robot design. As scalability is an important factor in nowadays applications, we believe that cooperation (over communication) is an important factor to consider in the conception of a foraging system. Therefore, we define foraging as the conjunction of the two tasks (searching and homing) with consideration of communication:

•• Searching Robots inspect the search space for targets (or food). While the random walk is the most adopted strategy of search in unknown environments, several other search strategies can be used according to the environment structure and the amount of information provided to robots.

•• Homing Robots have to return home with the collected food by using prior information and/or onboard sensors, following a pheromone trail or even exploiting specific tools (e.g. compass).

•• Communication The cooperation between robots either in searching or in homing tasks can improve the group performance by accelerating the search when avoiding already visited regions or in homing when exploiting together found food. In several other problems cooperation can be achieved without communication, as in Feinerman et al. (2012). However, communication routine is necessary to share and receive information between agents in the swarm directly via transmitting messages or indirectly via the environment.

TRADUCCIÓN:

El forrajeo consiste en buscar y recolectar artículos en un entorno y moverlos.

a punto (s) de almacenamiento. Ostergaard et al. (2001) definen el forrajeo como un paso doble.

Tarea conocida como búsqueda y búsqueda, donde los robots tienen que encontrar lo más rápido posible.

Elementos en el entorno y devolverlos a una región objetivo. Mientras Winfield (2009)

define el forrajeo con una máquina de cuatro estados (búsqueda, captura, toma de referencia y depósito).

a partir de este punto de vista básico para definir algunas

Casos especiales como tratar con limitaciones energéticas. Sin embargo, la mayoría de la literatura que

los trabajos de forrajeo consideran las dos tareas de búsqueda y búsqueda, ya que las otras dos

Están más relacionados con el diseño de robots. Como la escalabilidad es un factor importante en la actualidad.

aplicaciones, creemos que la cooperación (sobre comunicación) es un aspecto importante

Para tener en cuenta en la concepción de un sistema de forrajeo. Por lo tanto, definimos forag-

como la conjunción de las dos tareas (búsqueda y homing) con consideración de

comunicación:

•• Los robots de búsqueda inspeccionan el espacio de búsqueda en busca de objetivos (o alimentos). Mientras que el azar

La caminata es la estrategia de búsqueda más adoptada en entornos desconocidos, varios otros

Las estrategias de búsqueda se pueden utilizar de acuerdo con la estructura del entorno y la cantidad

de información proporcionada a los robots.

•• Los Robots Homing tienen que regresar a casa con los alimentos recolectados usando información previa

sensores de a bordo y / o a bordo, siguiendo un rastro de feromonas o incluso explotando

herramientas (por ejemplo, brújula).

•• Comunicación La cooperación entre robots, ya sea en búsqueda o en homing.

Las tareas pueden mejorar el rendimiento del grupo al acelerar la búsqueda al evitar

Regiones ya visitadas o en homing al explotar juntos alimentos encontrados. En varios

Otros problemas de cooperación pueden lograrse sin comunicación, como en Feiner-

hombre et al. (2012). Sin embargo, la rutina de comunicación es necesaria para compartir y recibir.

información entre agentes en el enjambre directamente a través de mensajes de transmisión o indi-

Rectamente a través del medio ambiente.

(Multi‐Agent Foraging: state‐of‐the‐art and research challenges) pag 3

***3)proyectos de investigación y interesados en el mismo dominio y sus resultados***

***3.1)RTS games. WAIST: R-Wasp (Warcraft III)***

Based on the properties of the natural model created by Theraulaz and colleagues, Cicirello and colleagues proposed an algorithm for dynamic task allocation that later was adapted to Morley’s factory problem from General Motors, denominated as Routing-Wasp or R-Wasp.

we presented WAIST, an algorithm inspired in the social intelligence of wasps for scheduling unit production in real-time strategy games and evaluated its performance with a set of five scenario variants developed as a modification of the game Warcraft III The Frozen Throne. The variants ac-

counted for factors such as: the rate and distribution of the requests issued over the scenario, the number of available factories, and environment changes such as the destruction and construction of factories during the scenario.

The performance of WAIST in each scenario variants was compared to three other approaches: random attribution; distance-based attribution, and global attribution, which considers all the information available at the moment from the game environment.

Overall, WAIST performed comparably to the global attribution algorithm (and better than the other), an encouraging result considering WAIST is a decentralized algorithm that relies on local information while the latter has full global knowledge. As such, we believe WAIST to be an efficient and reliable alternative for real time scheduling in real time strategy games.

While WAIST experiences some limitations when dealing with low amounts of requests, it demonstrated good performance in situations of higher congestion of requests, and when setting up from one production type to another has a cost that cannot be ignored.

TRADUCCIÓN:

Basado en las propiedades del modelo natural creado por Theraulaz y col.

ligas, Cicirello y sus colegas propusieron un algoritmo para la asignación dinámica de tareas

[3] que luego se adaptó al problema de fábrica de Morley de General Motors[5], denominado como Routing-Wasp o R-Wasp.

Presentamos WAIST, un algoritmo inspirado en la inteligencia social.

gence of wasps para programar la producción de unidades en juegos de estrategia en tiempo real y

evaluó su desempeño con un conjunto de cinco variantes de escenario desarrolladas como

Modificación del juego Warcraft III The Frozen Throne. Las variantes ac-

contados por factores tales como: la tasa y distribución de las solicitudes emitidas

sobre el escenario, el número de fábricas disponibles y los cambios ambientales

Como la destrucción y construcción de fábricas durante el escenario. los

El rendimiento de WAIST en cada escenario se comparó con otras tres variantes.

enfoques: atribución aleatoria; atribución basada en la distancia, y atribución global

ción, que considera toda la información disponible en el momento del juego.

ambiente.

En general, WAIST se desempeñó de manera comparable al algoritmo de atribución global

(y mejor que los otros dos), un resultado alentador considerando WAIST es

un algoritmo descentralizado que se basa en información local mientras que este último tiene

Conocimiento global completo. Como tal, creemos que WAIST es un proceso eficiente y

Alternativa responsable para la programación en tiempo real en juegos de estrategia en tiempo real. Mientras

WAIST experimenta algunas limitaciones cuando se trata de cantidades bajas de solicitudes,

demostró buen desempeño en situaciones de mayor congestión de solicitudes,   
y cuando la configuración de un tipo de producción a otro tiene un costo que no puede ser ignorado.

(PROGRESS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE) pag 81

Cicirello, V., Smith, S.F.: Wasp nests for self-configurable factories. In: M ̈uller, J.P.,Andre, E., Sen, S., Frasson, C. (eds.) Proceedings of the Fifth International Conference on Autonomous Agents, pp. 473–480. ACM Press (2001)

Morley, D.: Painting trucks at general motors: The effectiveness of a complexity based approach. In: Embracing Complexity: Exploring the Application of Complex Adaptive Systems to Business, The Ernst and Young Center for Business Innovation, pp. 53–58 (1996)

***3.2)A robotic model of a socil insect system “Cementeries”***

In order to study the possible use of social insect control techniques in collective robotics, a system was designed around a very simple ant behaviour - corpse gathering. The dead ants from a colony are sometimes found placed together in heaps (’cemeteries’) some distance from the nest. The development of these heaps was studied by Deneubourg and his colleagues (Deneubourg et al. 1991) who showered 4000 dead ants onto a nest, and recorded the outcome. Ants from the nest would occasionally pick up a dead ant, carry it for a while, apparently aimlessly, and then drop it, apparently at random. However, after a few hours, the dead ants were seen to be arranged in many small piles. As time went by, these small piles were succeeded by a smaller number of much larger piles, and eventually the characteristic cemetery arrangement appeared. In a computer simulation, Deneubourg showed that the qualitative aspects of this sequence of events could be reproduced by a very simple model in which individual ants wandered at random, picking up dead ants with a probability that decreased, and dropping them with a probability that increased, with the sensed local density of dead ants. The stigmergic links were thus the change in the probability of picking up or dropping a dead ant as a function of the number of dead ants having been picked up or dropped in that area previously.

TRADUCCION:

Para estudiar el posible uso del control social de insectos.

Técnicas en robótica colectiva, se diseñó un sistema.

Alrededor de un comportamiento de hormigas muy simple - la recolección de cadáveres. los

Las hormigas muertas de una colonia a veces se encuentran colocadas

juntos en montones ('cementerios') a cierta distancia de la

nido. El desarrollo de estos montones fue estudiado por

Deneubourg y sus colegas (Deneubourg et al. 1991)

quien bañó 4000 hormigas en un nido, y registró la

Salir. Las hormigas del nido recogían ocasionalmente una

hormiga muerta, llévala por un tiempo, aparentemente sin rumbo, y

entonces lo sueltan, aparentemente al azar.

Sin embargo, después de unos pocos

horas, las hormigas muertas se veían dispuestas en muchas

pequeñas pilas Con el paso del tiempo, estas pequeñas pilas fueron

seguido por un número menor de pilas mucho más grandes, y

eventualmente el arreglo del cementerio característico

apareció En una simulación por ordenador, Deneubourg mostró

que los aspectos cualitativos de esta secuencia de eventos podrían

Ser reproducido por un modelo muy sencillo en el que individual.

Las hormigas vagaban al azar, recogiendo hormigas muertas con un

probabilidad de que disminuya, y soltándolos con una

probabilidad de que aumente, con la densidad local percibida de

hormigas muertas Los vínculos estigmérgicos fueron así el cambio en el

probabilidad de recoger o dejar caer una hormiga muerta como una

Función del número de hormigas muertas que han sido recogidas.

o cayó en esa zona anteriormente.

(MULTIAGENTS SYSTEMS: LESSONS FROM SOCIAL INSECTS AND COLLECTIVE ROBOTICS) pag 59

***4)aplicaciones futuras***

*Even if there exists a collection of foraging algorithms evaluated with real robots, the need for using them on real applications or outdoor environments is important to validate them. The most challenging issue right now, is how to implement real foraging robots. Future directions or issues might include:*

*1. The design of the robot should inspire from the real individuals (e.g. ants). If we imitate the collective intelligent behavior of ants for example, we need to deeply study the design of ants in order to produce an Ant-like-Robot (material, shape, actuator,...) that could produce the same behavior in real world.*

*2. For Brooks (Brooks 1990), interactions over the real world are more difficult tan reasoning in the symbolic world. Thus, it is time to start deploying the proposed foraging robots in real world in order to test their applicability and efficiency.*

*3. In designing micro-robots, energy and transport efficiency are of paramount impor-*

*tance.*

*4. Decentralized lightweight data mining algorithms could be fruitfully exploited to*

*support the MAF system.*

*TRADUCCION:*

Incluso si existe una colección de algoritmos de forrajeo evaluados con robots reales, el

La necesidad de usarlos en aplicaciones reales o en ambientes exteriores es importante para

salir con ellos El problema más desafiante en este momento es cómo implementar la alimentación de verdad.

robots Direcciones o problemas futuros podrían incluir:

1. El diseño del robot debe inspirar a los individuos reales (por ejemplo, las hormigas). Si nos imi-

Para evaluar el comportamiento inteligente colectivo de las hormigas, necesitamos estudiar en profundidad.

el diseño de las hormigas para producir un robot similar a la hormiga (material, forma, actuador, ...)

Eso podría producir el mismo comportamiento en el mundo real.

2. Para Brooks (Brooks 1990), las interacciones en el mundo real son más difíciles que

El razonamiento en el mundo simbólico. Por lo tanto, es hora de comenzar a desplegar las medidas propuestas.

Robots envejecidos en el mundo real para probar su aplicabilidad y eficiencia.

3. Al diseñar micro robots, la energía y la eficiencia del transporte son de suma importancia.

tancia

4. Los algoritmos de minería de datos livianos descentralizados podrían explotarse fructíferamente para

Apoyar el sistema MAF

(Multi‐Agent Foraging: state‐of‐the‐art and research challenges) pag 21