

## La tesi doctoral de José Guerrero dissenya nous mètodes que milloren l'assignació de tasques en sistemes multirobot

**El treball *Nuevas metodologías para la asignación de tareas y formación de coaliciones en sistemas multi-robot*, defensat a la Universitat de les Illes Balears, presenta el primer mecanisme d'auctions (subhastes) per a la creació de coalicions que té en compte la interferència entre robots mòbils autònoms**

---

### Palma. Juliol de 2011

La tesi doctoral de José Guerrero, defensada a la Universitat de les Illes Balears, dissenya nous mètodes que permeten millorar l'assignació de tasques en sistemes formats per múltiples robots mòbils autònoms o sistemes multirobot. El treball *Nuevas metodologías para la asignación de tareas y formación de coaliciones en sistemas multi-robot* presenta el primer mecanisme de subhastes per a la creació de coalicions que té en compte la interferència entre robots mòbils autònoms. La tesi doctoral ha estat dirigida pel doctor Gabriel Oliver, professor del Departament de Ciències Matemàtiques i Informàtica i director de l'Escola Politècnica Superior de la UIB.



L'investigador José Guerrero, autor de la tesi doctoral.  
Foto: UIB

Els sistemes formats per múltiples robots mòbils autònoms, també coneguts com sistemes multirobot, permeten dur a terme tasques que amb un de sol serien impossibles de realitzar o requeririen molt de temps. A més, presenten altres avantatges com, per exemple, major robustesa als errors i major flexibilitat. Alguns exemples d'aquests tipus de tasques poden ser les de recollida d'objectes o neteja de superfícies, on cada robot es pot ocupar d'una porció de l'espai. Els sistemes multirobot també són molt útils per ajudar els equips de rescat en situacions d'emergència, tal com queda palès en competicions com la *RoboCup Rescue*.

Perquè un sistema multirobot pugui dur a terme qualsevol tasca, s'han d'abordar múltiples problemes, molts dels quals encara avui en dia són objecte de nombrosos treballs d'investigació. De tots aquests problemes, aquesta tesi s'ha centrat en els processos d'assignació de tasques (*Multi-Robot Task Allocation-MRTA*), és a dir, en els mètodes que permeten decidir quin robot o conjunt de robots han d'executar cada una de les tasques. Els mecanismes d'assignació de tasques més comuns avui en dia són els basats en *swarm* (eixam) i els mètodes de subhastes. Els mètodes d'eixam no necessiten mecanismes explícits de coordinació ni protocols de comunicació

entre els membres del sistema, sinó que el comportament cooperatiu emergeix a partir de la interacció de comportaments molt simples implementats a cada robot. Es tracta de mecanismes inspirats en el comportament de colònies d'insectes com les formigues o abelles. En canvi, en els mecanismes de subhasta és necessari implementar algorismes i protocols de comunicació que permetin als robots seleccionar la tasca a executar. Gràcies a la comunicació entre robots, els mètodes basats en subhastes poden dur a terme tasques més complexes que les que poden realitzar els mètodes d'eixam. A més, les solucions obtingudes solen ser millors en termes de nombre de tasques finalitzades o consum d'energia respecte a les solucions assolides mitjançant mètodes d'eixam.

Aquest treball ha analitzat la idoneïtat de dos dels principals mètodes de MRTA, els basats en intel·ligència d'eixam i els basats en mecanismes de subhastes, per tractar tasques amb restriccions temporals. La principal característica d'aquestes tasques és que cada una s'ha de executar abans d'un determinat instant de temps, referit com a venciment o *deadline*. Es posa de manifest que ambdós tipus de mecanismes presenten importants carències per tractar tasques amb restriccions temporals (*deadlines*).

Aquestes carències són especialment importants quan dos o més robots, formant una coalició, poden ser assignat a una mateixa tasca. Un dels principals aspectes als quals aquesta tesi dedica atenció és la predicció del temps d'execució, que depèn, entre altres factors, de la interferència física entre robots. La interferència és el fenomen produït quan dos o més robots volen accedir a la mateixa posició al mateix temps. Diversos autors han descrit i tractat els efectes de la interferència, però, fins ara no s'ha tingut en compte el seu efecte en els mecanismes de MRTA basats en subhastes. Per la seva part, existeixen també diferents tipus de tècniques que, emprades juntament amb mètodes de *swarm*, permeten reduir els efectes nocius de la



*Els sistemes multi-robot estan formats per múltiples robots mòbils autònoms i són útils per en tasques com el suport als equips de rescat en situacions d'emergència.*



interferència. Tot i això, aquestes tècniques no quantifiquen el nivell d'interferència ni prediuen quins efectes tindrà sobre el futur desenvolupament de la tasca.

Aquesta tesi presenta el primer mecanisme de subhastes que permet la creació de coalicions i que, a més, té amb compte de manera explícita la interferència física entre robots. Per això, entre altres aportacions, s'ha desenvolupat un model de predicció del temps d'execució, basat en *Support Vector Regression* (SVR). A més, s'han fet servir conceptes provinents dels mètodes d'eixam i s'ha proposat un nou paradigma per a l'assignació de tasques anomenat subhasta de doble volta. Totes aquestes contribucions permeten millorar els resultats respecte als sistemes clàssics, sobretot en entorns amb restriccions temporals. A més, aquest treball proposa un nou mètode d'eixam, anomenat eixam pseudoaleatori (*Pseudo-random Swarm* o PSW), i un nou mètode de subhastes anomenat *Earliest Deadline First Best Pair* (EDFBP) que permet assignar un únic robot per tasca. Els resultats experimentals mostren com ambdós mètodes permeten incrementar el nombre de tasques finalitzades abans del seu temps límit, respecte als actuals mecanismes de MRTA.

## Referència de la tesi

---

**Títol:** Nuevas metodologías para la asignación de tareas y formación de coaliciones en sistemas multi-robot

**Autor:** José Guerrero Sastre

**Àrea de coneixement:** Enginyeria de Sistemes i Automàtica

**Departament:** Ciències Matemàtiques i Informàtica

**Directors:** Gabriel Oliver Codina

**Qualificació:** Excel·lent cum laude

### Membres del tribunal

#### President

Dr. Llorenç Valverde Garcia  
Departament de Ciències  
Matemàtiques i Informàtica  
Universitat de les Illes Balears

#### Vocals

Dra. Beatriz López Ibáñez  
Departament d'Enginyeria Elèctrica, Electrònica i  
Automàtica  
Universitat de Girona

#### Secretari

Dra. Yolanda González Cid  
Departament de Ciències  
Matemàtiques i Informàtica  
Universitat de les Illes Balears

Dr. Enric Cervera Mateu  
Departament d'Enginyeria i Ciència dels Computadors  
Universitat Jaume I de Castelló

Dr. Andreu Català Mallofreu  
Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i  
Informàtica Industrial  
Universitat Politècnica de Catalunya