

Disseny i planificació d'agents físics dinàmics (DAF-DAF). Aplicació a Robocup Rescue.

Resum del projecte DPI2001-2094-C03-01

B. López, F. Barber, MA. Garcia

blopez@eia.udg.es, fbarber@dsic.upv.es, magarcia@etse.urv.es

Aquest passat mes de desembre ha finalitzat el projecte DAF-DAF que ha estat dut a terme durant tres anys per diferents investigadors de la Universitat de Girona (UdG), Universitat Politècnica de València (UPV) i Universitat Rovira i Virgili (URV). En aquest projecte es pretenia estudiar l'aplicabilitat dels sistemes multi-agent i tècniques de planificació i scheduling per mitigar els efectes causats per catàstrofes: terratrèmols, aiguats, incendis, etc. El projecte va iniciar-se al desembre de l'any 2001, quan teníem tots molt present el terrible 11-S de Nova York. En aquells moments estàvem molt il·lusionats per poder col·laborar en el desenvolupament de tècniques que poguessin donar suport en situacions socialment tant significatives. Tanmateix, la complexitat dels entorns de rescat és enorme. I el projecte ha acabat en desembre del 2004, quan encara estem impactats pels terribles efectes del tsunami de l'oceà Índic, amb la sensació que l'avenç en la tecnologia informàtica ha estat molt minso. Tanmateix, aquí teniu un resum del que hem treballat durant aquests anys.

En primer lloc cal situar-nos en l'entorn d'experimentació, Robocup Rescue. Es tracta d'una iniciativa promoguda per l'organització Robocup i que parteix d'escenaris reals, com el terratrèmol que va succeir l'any 1995 a la ciutat de Kobe, al Japó, que va afectar prop d'un milió i mig de persones. A partir de la informació recollida sobre les infraestructures malmeses i les operacions de rescat es va dissenyar una plataforma d'experimentació on es pogués demostrar que la tecnologia informàtica podia oferir un suport en aquest tipus de situacions de desastre. A la taula 1 es mostra la caracterització del domini de rescat i es compara amb altres dominis, com els escacs i la competició de futbol. Es pot observar la complexitat del problema i el repte que presenta per als investigadors de qualsevol àmbit de la Intel·ligència Artificial.

Taula 1: Característiques dels dominis de rescat, futbol i escacs segons [9].

	Rescat	Futbol	Escacs
Nombre d'agents	100 o més	11 per equip	-
Agents en l'equip	Heterogenis	Homogenis	-
Logística	Important	No	No
Planificació a llarg termini	Important	Poc èmfasi	Involucrada
Col·laboració emergent	Important	No	No
Hostilitat	Entorn	Jugadors contraris	Contrari
Temps real	Segons- Minuts	Mili segons	No
Accés a la informació	Molt dolenta	Raonablement bona	Perfecta
Representació	Híbrida	No simbòlica	Simbòlica
Control	Distribuït/semi-central	Distribuïda	Central

Cal remarcar que existeixen dos tipus de plataformes d'experimentació que focalitzen l'aplicació de la recerca en àmbits diferents: la simulació i la real. En la simulació es fa èmfasi en la coordinació i planificació dels agents de rescat (ambulàncies, bombers i policies, cadascun amb diferents capacitats i restriccions) per tal de salvar quantes més vides possibles millor. La simulació correspon als 300 minuts després d'un terratrèmol en una ciutat. Quant al segon escenari, el real, es fa èmfasi en l'ús de robots mòbils per l'exploració del terreny i la localització de víctimes. Té lloc en una habitació construïda simulant l'ambient del desastre.

La tasca dels tres grups de recerca participants en el projecte ha estat complementària en relació precisament a aquests diferents enfocaments de Robocup Rescue: coordinació, planificació i robots mòbils. La Universitat de Girona s'ha centrat en el desenvolupament de tècniques de coordinació; la Universitat Politècnica de València en mètodes de planificació i scheduling; totes dues universitats treballant sobre el simulador Robocup Rescue. Finalment, la Universitat Rovira i Virgili ha treballat principalment en tècniques d'exploració sobre una plataforma de robots mòbils reals.

Les tècniques analitzades en la Universitat de Girona s'han centrat en la coordinació de rescat. En aquest sentit, s'ha definit una arquitectura multi-agent per afavorir la comunicació en un ambient d'accés a la informació difícil. Ha estat clau la necessitat de filtrar la informació provenint dels agents en funció del grau de dany soferts, entre d'altres característiques de l'entorn [20,22]. Sobre aquesta arquitectura s'han provat diferents tècniques per a la coordinació: Raonament basat en casos (CBR), tècniques de decisió multi-critèria (MCDM), i Subhastes Combinatòries (SC). L'experiència en CBR [20] ha resultat poc exitosa tenint en compte la limitació de l'aprenentatge a 300 minuts. Caldria haver estudiat tècniques d'entrenament (*coaching*), com s'ha fet en altres àmbits, com la competició de futbol. Tanmateix, cal avaluar si té sentit aquest tipus de tècniques en entorns que no són coneguts a priori. Les tècniques de decisió multi-critèria [21,23] han resultat costoses tant en la definició dels diferents paràmetres (pesos a utilitzar en les mesures d'agregació) com en el temps de còmput. Finalment, s'ha iniciat una nova aproximació amb SC que presenta resultats prometedors [10]. Tanmateix, l'entorn de Robocup Rescue presenta nous reptes per les SC, com la gestió de la precedència de les accions i l'arribada continua de noves tasques a realitzar (víctimes a rescatar), sobre els quals encara ens resta treballar més [24].

A la UPV s'han tractat el desenvolupament, implementació, avaluació i integració de tècniques de planificació i scheduling intel·ligent, especialment orientades a la planificació d'accions d'agents (com recursos múltiples, dinàmics, heterogenis i multi-capacitat), en entorns complexos. S'han tractat temes de descomposició i coordinació d'acció temporals, planificació independent del domini, tècniques de planificació temporal, accions duratives i concurrència d'accions, integracions de tècniques de clausura i cerca en CSP, tècniques per a CSP-distribuïts i resolució concurrent de problemes; tècniques pel CSP-numèric i no binari; consideració de recursos heterogenis, multi-capacitat i amb restriccions temporals; reactivitat, interacció amb l'usuari i s'ha plantejat un sistema d'ajuda a la presa de decisions. Els resultats principals han estat la consecució de tres tesis doctorals, la participació activa en xarxes temàtica, estances en centres estrangers, participació en conferències convidades i diverses publicacions en revistes i congressos internacionals (veure ref. [1], [15], [16], [17], [18] i [25]).

A la URV s'han realitzat tres aportacions bàsiques. La primera consisteix en un nou algorisme de localització i mapeig simultanis (SLAM) basat en visió 3D [2], el qual permet que els robots puguin conèixer la seva posició i orientació a l'espai i, a més a més, construir un model tridimensional detallat de l'àrea explorada. La segona aportació ha estat un nou algorisme d'exploració coordinada d'entorns desconeguts amb múltiples robots basat en el conegut classificador no supervisat "K-means" [19]. Aquesta tècnica millora el grau de dispersió dels robots per la zona explorada, afavorint una més ràpida localització de possibles víctimes. En tercer lloc, s'ha desenvolupat un conjunt de noves tècniques d'anàlisi de textures en imatges complexes [3][4][12][13][14][5], les quals permeten localitzar patrons de textura amb major precisió que amb tècniques anteriors, facilitant així la identificació de potencials víctimes a les imatges obtingudes durant l'exploració. Aquesta darrera línia ha donat lloc a una tesi doctoral. Finalment, s'han realitzat tres aportacions complementàries consistents en: la utilització de sensors de proximitat per determinar distàncies i tipus de material [6][7], en l'obtenció de models geomètrics a partir d'imatges 3D [8] i en la planificació de trajectòries no holonòmiques amb restriccions [11].

Qualsevol altre referència al projecte la podeu trobar a http://eia.udg.es/ar1/daf_daf/coordinado.html.

Referències

- [1] Alfonso, I, Barber. F. A mixed Closure-CSP Method for Solving Scheduling Problems. Applied Intelligence (ISSN 0924-669X) Kluwer Academic Publishers. Vol.21173-193 (2004)
- [2] Garcia, M.A., Solanas, A. "3D Simultaneous Localization and Modeling from Stereo Vision", IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, New Orleans, USA, April-May 2004, 847-853, ISBN: 0-7803-8233-1.
- [3] Garcia, M.A. Puig, A. "Robust Aggregation of Expert Opinions Based on Conflict Analysis and Resolution", Lecture Notes in Artificial Intelligence 3040, Current Topics in Artificial Intelligence, 10th CAEPIA 2003 and 5th TTIA 2003, Revised Selected Papers, R. Conejo, M. Urretavizcaya and J.L. Perez de la Cruz (Eds.), Springer-Verlag, March 2004, 488-497, ISBN 3-540-22218-9.

- [4] Garcia, M.A. Puig, D. "Pixel Classification by Divergence-Based Integration of Multiple Texture Methods and its Application to Fabric Defect Detection", Lecture Notes in Computer Science 2781, Pattern Recognition, 25th DAGM Symposium, B.Michaelis and G. Krell (Eds.), Springer-Verlag, September 2003, 132-139, ISBN 3-540-40861-4.
- [5] Garcia, M.A., Puig, D. "Improving Texture Pattern Recognition by Integration of Multiple Texture Feature Extraction Methods", 16th IAPR Int. Conf. on Pattern Recognition, Quebec City, Canada, August 2002, vol.3, 7-10, ISBN: 0-7695-1699-8.
- [6] Garcia, M. A, Solanas, A. "Automatic Distance Measurement and Material Characterization with Infrared Sensors", Lecture Notes in Computer Science, 8th RoboCup International Symposium, Lisbon, Portugal, July 2004. D. Nardi and M. Riedmiller and C. Sammut and J. Santos-Victor (Eds.) Springer-Verlag, (in press)
- [7] Garcia, M.A., Solanas, A. "Estimation of Distance to Planar Surfaces and Type of Material with Infrared Sensors", 17th IAPR Int. Conf. on Pattern Recognition, Cambridge, UK, August 2004, vol.1, 745-748, ISBN: 0-7695-2128-2.
- [8] Garcia, M.A., Sappa, A.D. "Efficient Generation of Discontinuity-Preserving Adaptive Triangulations from Range Images", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B, vol.34, no.5, October 2004, 2003-2014. ISSN: 1083-4419.
- [9] Kitano, H., Tadokoro, S., Noda, I., Matsubara, H., Takahashi, T., Shinjou A., Shimada, S. Robocup Rescue: Search and Rescue in Large-Scale Disasters as a Domain for Autonomous Agents Research. In Proc. of the IEEE Conference on Systems, Men, and Cybernetics, 1999.
- [10] López, B., Suárez, S., De la Rosa, J.L. "Task Allocation in rescue operations using combinatorial auctions". En: I. Aguiló, L. Valverde, M.T. Escrig (eds), Artificial Intelligence Research and Development, páginas 233-243, IOS Press, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications 100, Netherlands 2003. ISBN 1-58603-378.
- [11] Oller, A. Garcia, M. A. "Using a linear model to evaluate performance of non-holonomic paths: the shooting-ball as a case study", *FIRA Robot World Congress, Seoul, Korea, 2002*, 643-647. ISBN: 89-86522-47-0-9356.
- [12] Puig, D., Garcia, M.A. "Pixel Classification Through Divergence-Based Integration of Texture Methods with Conflict Resolution", IEEE Int. Conf. on Image Processing, Barcelona, Spain, September 2003, ISBN 0-7803-7751-6.
- [13] Puig, D, Garcia, M.A. "Pixel-Based Texture Classification by Integration of Multiple Texture Feature Evaluation Windows", Lecture Notes in Computer Science 2652, Pattern Recognition and Image Analysis, First Iberian Conference, F.J.Perales, A.J.C.Campilho, N.Pérez, A.Sanfeliu (Eds.), Springer-Verlag, June 2003, 793-801, ISBN 3-540-40217-9.
- [14] Puig, D., Garcia, M.A. "Recognizing Specific Texture Patterns by Integration of Multiple Texture Methods", IEEE Int. Conf. on Image Processing, Rochester, NY, USA, September 2002, vol.1, 125-128, ISBN: 0-7803-7623-4.
- [15] Salido, M.A., F. Barber., F. A Polynomial Algorithm for Continuous Non-binary Disjunctive CSPs. 22th SGES International Conference on Knowledge Based Systems and Applied Artificial Intelligence (ES'(2002). Research and Development in Intelligent Systems, vol. XIX, 409-424. *Best Refereed Technical Paper*. Springer Verlag. Cambridge, UK (2002)
- [16] Salido, M.A., F. Barber., F Extended DLRs: A Polynomial Algorithm for Continuous Non-binary Disjunctive CSPs. International Journal Knowledge Based Systems 16, 277-285, ISSN: 0950-7051 (Ed. Elsevier Science), 2003.
- [17] Salido, M.A. Técnicas para el Manejo de CSPs no Binarios. Inteligencia Artificial: Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, 20, pp. 95-109. ISSN:1137-3601 (2003).
- [18] Sapena, O, Onaindia, E. A planning and monitoring system for dynamics environments Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. Vol12, No3-4 (2002): 151:161. Ed. IOS Press

- [19] Solanas, A., Garcia, M.A. "Coordinated Multi-Robot Exploration Through Unsupervised Clustering of Unknown Space", *IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2004)*, Sendai, Japan, September-October 2004.
- [20] Suárez S., López B., De la Rosa J. L., Del Acebo E. "Integration Of Fuzzy Filtering, Case-Based Reasoning and Multiple Criteria Decision Techniques in Rescue Operations". In Proceedings Workshop of Physical Agents (WAF) 2003. Alicante, Spain April 3, 4 and 5 of 2003.
- [21] Suárez S., López B., De la Rosa J. L.. "Co-operation strategies for strengthening civil agents' lives in the RoboCup-Rescue simulator scenario". In Proceedings: First International Workshop on Synthetic Simulation and Robotics to Mitigate Earthquake Disaster. Associated to RoboCup 2003. Padova, Italy July 5 of 2003.
- [22] Suárez S., López B., De la Rosa J.L. "Girona-Eagles Rescue Team". In Proceedings of the International Symposium. Rescue Team Description Papers RoboCup 2003 (formato CD), Padua, Italia, 2003.
- [23] Suárez S., López B., De la Rosa J. L.. "MCD Method for resource distribution in a large-scale disaster". En: X Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial (CAEPIA), volumen II, pág. 261-264, San Sebastián (España), 2003. ISBN 84-8373-564-4).
- [24] Suárez S., Resource and Task Allocation in Distributed Environments. A Multi-Agent System Approach. Treball de recerca, Universitat de Girona, . June 1 of 2004.
- [25] (5) Tormos, P. and Lova, A. Efficient Multi-Pass Heuristic for Project Scheduling with Constrained Resources. *International Journal of Production Research*, 41 (5), 1071-1086. (2003).