



**AI-MAS Group**



## AGATE

Societati de agenti cognitivi ego-competenti cu auto-organizare pentru modelarea si dezvoltarea sistemelor complexe

**Etapa 3 (unica 2010)**  
**Coordonare si interactiune in sistemele multi-agent cu auto-organizare**

## SINTEZA

**Prof. dr. ing. Adina Magda Florea**

**Prof. dr. ing. Eugenia Kalisz**

**As. drd. ing. Andrei Mogos**

**As. drd. ing. Serban Radu**

**As. drd. ing. Andrei Olaru**

**As. drd. ing. Cristian Gratie**

*Universitatea Politehnica Bucuresti  
Laboratorul de cercetare “Artificial Intelligence and Multi-Agent Systems”*

## 1. Scopul proiectului

Abordările existente ale sistemelor multi-agent cu auto-organizare sunt bazate pe modele reactive, genetice sau holonice.

In proiectul de fata ne-am propus sa realizam un model original al auto-organizării bazat pe agenți cognitivi, respectiv agenți dotati cu reprezentări simbolice ale cunoștințelor și domeniului problemei. Acest model trebuie sa fie capabil să răspundă caracterului deschis al sistemelor, complexității interacțiunilor dinamice între componente. In plus, agentii pe care ii consideram potriviti sunt agenți ego-competenți (self-aware), respectiv agenți capabili să înțeleagă, să evalueze și să modifice procesul de rezolvare a problemei, agenți capabili să înțeleaga contextul rezolvării (context-aware). Combinarea celor două abordări conduce la posibilitatea dezvoltării și simularii sistemelor complexe.

O definitie tentativa a conceptului de sistem complex ar fi ca un sistem complex este un sistem cu un numar mare de elemente, parti constructive sau agenti, capabile sa interactioneze intre ele sau cu mediul exterior. Interactiunea intre elemente poate sa fie doar intre elemente vecine sau intre elemente departate, iar agentii pot fi diferiti sau identici, se pot misca in mediu sau pot avea pozitii fixe si se pot afla in una din mai multe stari. In modelarea sistemelor complexe aparitia sabloanelor este esentiala pentru ca se leaga de notiunea de emergenta. sabloanele reprezinta o ordonare a elementelor care nu rezulta direct din proprietatile unui singur element sau al elementelor disparate, ci rezulta din faptul ca elementele interactioneaza si prin asta se organizeaza singure, fara o interventie exterioara.

## 2. Cercetari realizate in anul curent

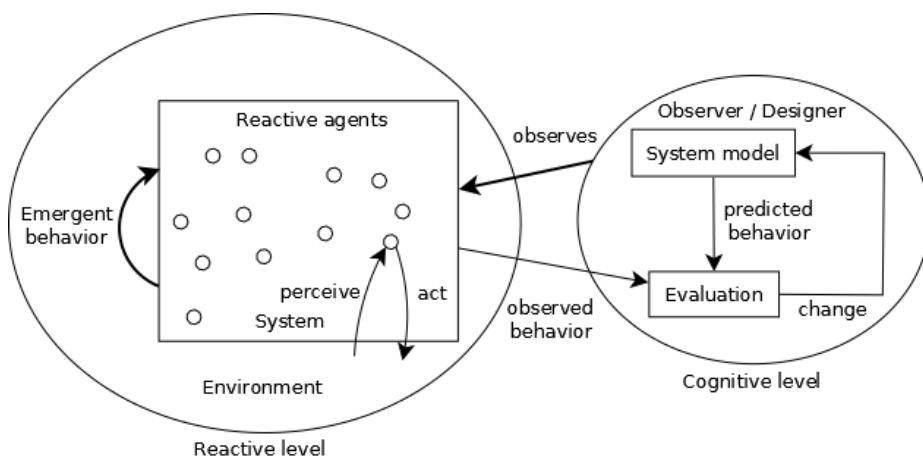
Cercetarea din anul 2010 s-a orientat spre realizarea unui model conceptual, arhitectural (cf. obiectiv O4) si a unui demonstrator software care sa puna in evidenta capacitatea agentilor software dintr-un sistem multi-agent de a se auto-organiza pe baza interacțiunilor si a coordonarii locale. Modelul se bazeaza pe comportarea emergenta a agentilor cognitivi, in care proprietatile generale ale unor astfel de agenti, de exemplu setul de convingeri si intentii, relevanta cunoștințelor din punct de vedere al agentilor, sunt elementele care influenteaza modul de (auto-)organizare a agentilor.

S-a dezvoltat si implementat un sistem prototip (demonstrator) pentru verificarea modelului conceptual in care agenti autonomi de prelucrare sunt capabili de a distribui si replica date inserate aleator in sistem, comportarea emergenta si auto-organizarea conducand la crearea unor “insule” de interes si relevanta a datelor. Proiectarea si implementarea acestui sistem au aratat ca auto-organizarea joaca un rol esential in reducerea complexitatii abordarii prin

dotarea agentilor cu scopuri locale care conduc natural la satisfacerea scopului global al sistemului. In plus, s-a aratat modul in care modelul propus poate fi utilizat in dezvoltarea aplicatiilor de intelectual ambientala, prefigurand astfel unul din obiectivele ultimului an de realizare a proiectului.

Noutatea cercetarii a constat in special in realizarea unui model de auto-organizare a agentilor cognitivi, cele mai multe abordari existente in literatura de specialitate fiind bazate pe modele de auto-organizare a agentilor reactivi (cf. figura 1 si figura 2). Modelul original a fost prezentat in [FKO 2010, OGF 2010c, OGF 2010b].

De asemenea, s-a dezvoltat un prim model de reprezentare explicita a contextului de executie a sarcinilor unui agent. Acest model este important pentru cercetarea propusa atat din punct de vedere al realizarii unei componente necesare meta-reprezentarii agentilor cat si din punct de vedere al cerintelor realizarii unor aplicatii flexibile de intelectual ambientala [OGF 2010a, OGF 2010d, OF 2010]. In plus, s-au investigat mecanisme de auto-organizare a agentilor in sistemele de incredere, reputatie si norme, aceasta directie deschizand noi perspective de continuare a cercetarii, cat si in sistemele de tip P2P [BDF 2010, BTTR 2010].

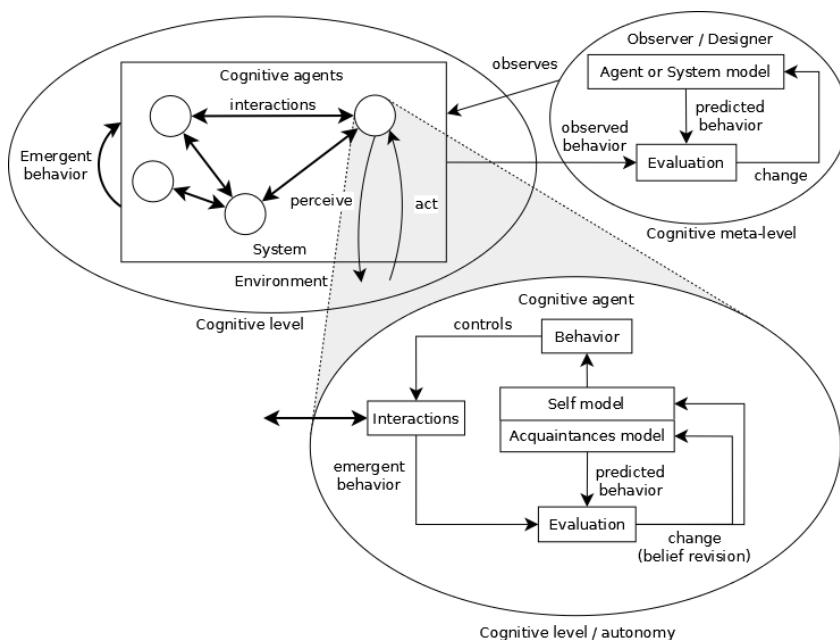


*Figura 1. Agenți reactivi cu comportare emergentă și auto-organizare*

Cercetarea din anul 2010 a cuprins si elaborarea unui prim model al agentilor ego-competenti (cf. Obiectiv O4). Paradigma de baza folosita in abordare a fost aceea a argumentarii, agentii ego-competenti fiind vazuti ca entitati software capable sa “cunoasca” ceea ce stiu pe baza argumentelor care sustin cunostintele, convingerile si actiunile acestora. S-a dezvoltat un model formal original ca o reprezentare unificata a extensiilor argumentelor agentilor, model

care a oferit posibilitatea de a analiza relatia existenta intre diferite semantici bazate pe extensii ale argumentelor [GF 2010].

Modelul are ca scop principal sinteza unei meta-reprezentari adecvate si investigarea modului in care argumentele asociate diferitelor concepte mentale si actiuni ale agentilor pot contribui la auto-organizare. S-a implementat un program de validare a modelului.



*Figura 2. Agenți cognitivi cu comportare emergentă și auto-organizare*

Provocarea principala a acestei directii a cercetarii este accea de a ancora reprezentarea bazata pe argumentare in reprezentarea explicita a contextului de comportare a agentilor. In plus, se are in vedere extinderea mecanismului de determinare a multimilor consistente de argumente cu capacitatii de invatare pe baza de experienta si interaciuuri anterioare cu altri agenti, cat si dezvoltarea unui sistem cadru in care auto-organizarea agentilor cognitivi sa includa capacitatea acestora de a rationa pe baza de argumente si context.

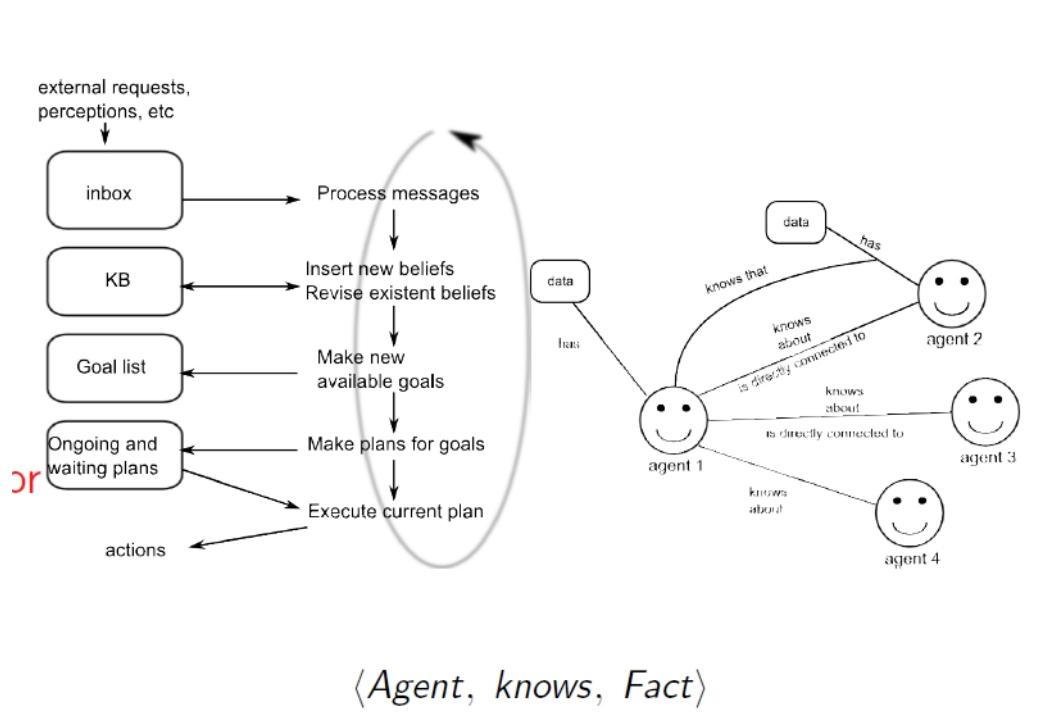
Pentru a verifica scalabilitatea abordarii, s-au elaborat studii privind complexitatea algoritmilor si s-a ajuns la rezultate originale privind compararea a doua functii de complexitate folosind clase de complexitate, respectiv propunerea unor criterii suficiente pentru ca două functii de complexitate să fie comparabile și câteva criterii suficiente pentru ca

două funcții de complexitate să fie incomparabile [MF 2010] și s-a realizat o aplicație de comert electronic într-un mediu de tip piata deschisă [UMF 2010].

### 3. Ipoteze de cercetare validate

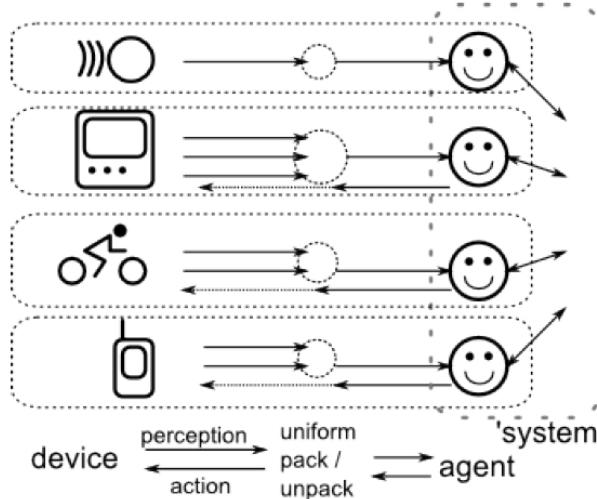
S-a dezvoltat un model de auto-organizare într-un sistem multi-agent cu agenți context-aware pe baza interacțiunilor și a coordonării locale. Modelul conceptual a fost instantiat într-un model arhitectural (figura 3) și s-a realizat un demonstrator software. De asemenea s-a dezvoltat o aplicație de inteligență ambientală care are ca scop partajarea informațiilor pornind de la înțelegerea contextului pe baza unor mecanisme de auto-organizare (figura 4).

Un rol important în modelare și dezvoltarea aplicației l-a avut reprezentarea contextului. Contextul este orice informație care poate fi folosită pentru a caracteriza situația unei entități. O entitate este o persoană, un loc sau un obiect care este considerat(a) relevant(a) pentru interacțiunea între utilizator și aplicație, inclusiv utilizatorul și aplicația.



*Figura 3. Structura de agenți cognitivi ego-competenți pentru AmI*

- un middleware pentru schimbul de informație, considerand informațiile de context



- sistem distribuit; · numar mare de agenti; · comportament local; · design generic si flexibil.

*Figura 4. Middleware pentru schimb de informatie*

Arhitectura aplicatiei de inteligenta ambientala s-a bazat pe modelul anterior dezvoltat si am creat un sistem, numit AmIciTy bazat pe agenti cognitivi, organizati intr-o structura ierarhica, care are proprietati de “context-aware” local si scalabilitate. Aceasta aplicatie a fost validata in colaborare cu echipa de la laboratorul LIP6, Paris.

In implementarea sistemului AmIciTy s-a simulat o comportare a agentilor in care, pornind de la un set de cunostinte reduse, acesti agenti sunt capabili sa disemineze informatii relevante in societate in functie de interesul altor agenti pentru aceasta informatie (cat de relevanta este informatie pentru comportarea acestor agenti) si sa rectioneze la contextul in care este situat utilizatorul.

Din punct de vedere al agentilor ego-competenti, realizarea capacitatii acestora de a intelege ceea ce siu s-a bazat pe elaborarea unui model de argumentare si calculul extensiilor multימilor de argumente. S-a cosntruist o reprezentare care permite intelegerea de catre agenti a acestor extensi si s-a definit un mecanism de emergenta a sabloanelor de argumente in aceasta reprezentare. Deoarece reprezentarea poate deveni uneori destul de complexa, s-a elaborat un algoritm de invatare care ofera o reprezentare compacta a formulelor ce descriu structurile de argumentare. Algoritmul de invatare a fost definit formal si s-a demonstrat ca genereaza extensi corecte.

## 4. Concluzii

Principalele contributii ale cercetarii din acest an pot fi sintetizate astfel:

- Realizarea unei forme elaborate de auto-organizare într-un sistem multi-agent pe baza interacțiunilor și a coordonării locale, incluzând un model conceptual, un model arhitectural și un demonstrator software
- Dezvoltarea unei prime versiuni a unui sistem bazat pe modelele elaborate, AmIciTy și utilizarea acestuia în realizarea unei aplicații de inteligență ambientală ce permite partajarea informațiilor pornind de la înțelegerea contextului pe baza unor mecanisme de auto-organizare
- Realizarea unei reprezentări semantice a contextului și propunerea unui algoritm de matching pentru a identifica potrivirea între un sablon de context și contextul utilizatorului
- Realizarea ego-competenței bazate pe un self-model
- Dezvoltarea agenților ego-competenți - entități software capabile să “cunoască” ceea ce știu pe baza argumentelor care susțin cunoștințele, convingerile și acțiunile
- Model formal original al argumentării ca o reprezentare unificată a extensiilor argumentelor agenților
- Metodă pentru găsirea și descrierea proprietăților semantică bazate pe extensiile structurilor de argumentare
- Algoritm de învățare care sintetizează o reprezentare compactă a formulelor ce descriu semantică argumentelor
- Program de validare al modelului de argumentare și învățare a reprezentării
- Aplicarea modelului de auto-organizare în studiul emergenței normelor în sistemele multi-agent și în retelele de tip P2P
- Evaluarea complexității abordării

În cercetare ce urmează să fie întreprinsă în anul 2011 ne propunem mai multe scopuri, printre care: extinderea reprezentării bazată pe argumentare și a celei de reprezentare explicită a contextului, extinderea și imbunatatirea algoritmilor de învățare, elaborarea unui middleware pentru dezvoltarea unei arame largi de aplicații de inteligență ambientală, implementarea unei aplicații extinse folosind middleware-ul dezvoltat, validarea aplicației într-un mediu real, inclusiv calculul ubicuu și dispozitive mobile.

## Bibliografie

### Lucrari elaborate de membrii colectivului

[OGF 2010a] A. Olaru, C. Gratie, A. M. Florea. Context aware agents for AmI applications. Submitted to Journal of Control Engineering and Applied Informatics. (Science Citation Index Expanded (SCIE) by Thomson Reuters)

[FKO 2010] A. M. Florea, E. Kalisz, A. Olaru. Levels of Emergent Behaviour in Agent Societies. International Journal of Computing Anticipatory Systems, ISSN 1373-5411, Ed. Daniel Dubois, Published by CHAOS, Vol. 24, 2010 (in print).

[OGF 2010b] A. Olaru, C. Gratie, A. M. Florea. Designing Self-Organizing Cognitive Multi-Agent Systems. In Advanced Computational Technologies, Editors: Florin Gheorghe Filip and Calin Enacheescu, Romanian Academy Press, 2010 (in print).

[OGF 2010c] A. Olaru, C. Gratie, A. M. Florea. Emergent Properties for Data Distribution in a Cognitive MAS. Computer Science and Information Systems, COMSIS, Volume 7, no. 3 (June 2010), p.643-660.  
ISSN: 1820-0214 (Science Citation Index Expanded (SCIE) by Thomson Reuters)

[MF 2010] A. Mogos, A. M. Florea. A method to compare TWO complexity functions using complexity classes. UPB SCIENTIFIC BULLETIN Series A – Applied Mathematics and Physics, Vol. 72, No.2, 2010, p.69-84.  
ISSN 1223-7027 (Science Citation Index Expanded (SCIE) by Thomson Reuters)

[OGF 2010d] A. Olaru, C. Gratie, A. M. Florea. Context-Aware Emergent Behaviour in a MAS for Information Exchange, Scalable Computing: Practice and Experience, Volume 11, no. 1 (March 2010), p.33–42.  
ISSN 1895-1767 (BDI indexed)

[UMF 2010] A. Urzica, A. H. Mogos, A. M. Florea. An economy model based on barter exchanges between software agents. Proc. of MASTS 2010, the 2nd International Workshop on Multi-Agent Systems Technology and Semantics, in conjunction with the 4th International Symposium on Intelligent Distributed Computing, September 16-18, 2010, Tangier, Morocco. (Conference Proceedings Citation Index by Thomson Reuters)

[OG 2010] A. Olaru, C. Gratie. Agent-Based Information Sharing for Ambient Intelligence. Proc. of MASTS 2010, the 2nd International Workshop on Multi-Agent Systems Technology and Semantics, in conjunction with the 4th International Symposium on Intelligent Distributed Computing, September 16-18, 2010, Tangier, Morocco. (Conference Proceedings Citation Index by Thomson Reuters)

[OFF 2010] A. Olaru, A. El Fallah Seghrouchni, A. M. Florea. Ambient Intelligence: From Scenario Analysis Towards a Bottom-Up Design. Proc. of IDC'2010, the 2nd International Workshop on Multi-Agent Systems Technology and Semantics, in conjunction with the 4th International Symposium on Intelligent Distributed Computing, September 16-18, 2010, Tangier, Morocco. (Conference Proceedings Citation Index by Thomson Reuters)

[SOF 2010] A. El Fallah Seghrouchni, A. Olaru, A. M. Florea. Multi-Agent Systems: a Paradigm to Design Ambient Intelligent Applications. Invited paper. Proc. of IDC'2010, the 2nd International Workshop on Multi-Agent Systems Technology and Semantics, in conjunction with the 4th International Symposium on Intelligent Distributed Computing, September 16-18, 2010, Tangier, Morocco. (Conference Proceedings Citation Index by Thomson Reuters)

[GF 2010] C. Gratie, A. M. Florea. Generic Representation for Extension-Based Semantics of Argumentation Frameworks. Proc. of SYNASC 2010, the 12th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing, Timisoara, Romania, September 23-26, 2010. (Conference Proceedings Citation Index by Thomson Reuters)

[BDF 2010] M. Bardac, R. Deaconescu, A. M. Florea. Scaling Peer-to-Peer Testing using Linux Containers. The 9-th Romanian Educational Network (RoEduNet) International Conference, 24-26 June 2010, Sibiu, Romania, p.287-292. (Conference Proceedings Citation Index by Thomson Reuters)

[OF 2010] A. Olaru, A. M. Florea. A Graph-Based Approach to Context Matching. Proc. of AcSys 2010, the 7th Workshop on Agents for Complex Systems, in conjunction with SYNASC 2010 - 12th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing, Timisoara, Romania, September 23-26, 2010.

[BTTR] M. T. Benea, T. A. Tartareanu, M. Trascau, S. Radu. Norm Emergence in Multi-Agent Systems Based on Social Interactions. Proc. of AcSys 2010, the 7th Workshop on Agents for Complex Systems, in conjunction with SYNASC 2010 - 12th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing, Timisoara, Romania, September 23-26, 2010.

### **Lucrari studiate – selectie**

Baldauf, M., Dustdar, S., and Rosenberg, F. (2007). A survey on context-aware systems. International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, 2(4), 263-277.

Cabri, G., Ferrari, L., Leonardi, L., and Zambonelli, F. (2005). The LAICA project: Supporting ambient intelligence via agents and ad-hoc middleware. Proceedings of WETICE 2005, 14th IEEE International Workshops on Enabling Technologies, 13-15 June 2005, Linkoping, Sweden, 39 - 46.

Cardelli, L. and Gordon, A.D. (2000). Mobile ambients. Theor. Comput. Sci., 240(1), 177 - 213. Chen, G. and Kotz, D. (2000). A survey of context-aware mobile computing research. Technical Report TR2000- 381, Dartmouth College.

Chen, H., Finin, T., Joshi, A., Kagal, L., Perich, F., and Chakraborty, D. (2004). Intelligent agents meet the semantic web in smart spaces. Internet Computing, IEEE, 8(6), 69 - 79.

Costantini, S., Mostarda, L., Tocchio, A., and Tsintza, P. (2008). DALICA: Agent-based ambient intelligence for cultural-heritage scenarios. IEEE Intelligent Systems, 23(2), 34 - 41.

Dey, A., Abowd, G., and Salber, D. (1999). A contextbased infrastructure for smart environments. Proceedings of the 1st International Workshop on Managing Interactions in Smart Environments (MANSE'99), 114 - 128.

Ducatel, K., Bogdanowicz, M., Scapolo, F., Leijten, J., and Burgelman, J. (2001). Scenarios for ambient intelligence in 2010. Technical report, Publications of the European Communities.

El Fallah Seghrouchni, A. (2008). Intelligence ambiante, les de\_s scienti\_ques. presentation, Colloque Intelligence Ambiante, Forum Atena.

El Fallah Seghrouchni, A., Florea, A.M., and Olaru, A. (2010a). Multi-agent systems: a paradigm to design ambient intelligent applications. In M. Essaaidi, M. Malgeri, and C. Badica (eds.), Proceedings of IDC'2010, the 4th International Symposium on Intelligent Distributed Computing, volume 315 of Studies in Computational Intelligence, 3 - 9. Springer. Invited paper.

El Fallah Seghrouchni, A., Olaru, A., Nguyen, T.T.N., and Salomone, D. (2010b). Ao dai: Agent oriented design for ambient intelligence. In Proceedings of PRIMA 2010, the 13th International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems.

Feng, L., Apers, P.M.G., and Jonker, W. (2004). Towards context-aware data management for ambient intelligence. In F. Galindo, M. Takizawa, and R. Traunmuller (eds.), Proceedings of DEXA 2004, 15th International Conference on Database and Expert Systems Applications, Zaragoza, Spain, August 30 - September 3, volume 3180 of Lecture Notes in Computer Science, 422 - 431. Springer.

Hagras, H., Callaghan, V., Colley, M., Clarke, G., Pounds-Cornish, A., and Duman, H. (2004). Creating an ambient-intelligence environment using embedded agents. IEEE Intelligent Systems, 12 - 20.

Harter, A., Hopper, A., Steggles, P., Ward, A., and Webster, P. (2002). The anatomy of a context-aware application. Wireless Networks, 8(2), 187 - 197. Hellenschmidt, M. (2005). Distributed implementation of a self-organizing appliance middleware. In N. Davies, T. Kirste, and H. Schumann (eds.), Mobile Computing and Ambient Intelligence, volume 05181 of Dagstuhl Seminar Proceedings, 201 - 206. ACM, IBFI, Schloss Dagstuhl, Germany.

Henricksen, K. and Indulska, J. (2006). Developing context-aware pervasive computing applications: Models and approach. Pervasive and Mobile Computing, 2(1), 37 - 64.

Hong, J. and Landay, J. (2001). An infrastructure approach to context-aware computing. *Human-Computer Interaction*, 16(2), 287 - 303. Lech, T.C. and Wienhofen, L.W.M. (2005). AmbieAgents: a scalable infrastructure for mobile and context-aware information services. Proceedings of the 4th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2005), July 25-29, 2005, Utrecht, The Netherlands, 625 - 631.

Olaru, A. and Gratie, C. (2010). Agent-based information sharing for ambient intelligence. In M. Essaaidi, M. Malgeri, and C. Badica (eds.), *Proceedings of IDC2010, the 4th International Symposium on Intelligent Distributed Computing, MASTS 2010, the The 2nd International Workshop on Multi-Agent Systems Technology and Semantics*, volume 315 of *Studies in Computational Intelligence*, 285 - 294. Springer.

Olaru, A., Gratie, C., and Florea, A.M. (2010). Contextaware emergent behaviour in a MAS for information exchange. *Scalable Computing: Practice and Experience - Scienti\_c International Journal for Parallel and Distributed Computing*, 11(1), 33 - 42. ISSN 1895-1767.

Ramos, C., Augusto, J., and Shapiro, D. (2008). Ambient intelligence - the next step for artificial intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 23(2), 15 - 18. Sadeh, N., Gandon, F., and Kwon, O. (2005). Ambient intelligence: The MyCampus experience. Technical Report CMU-ISRI-05-123, School of Computer Science, Carnegie Mellon University.

Satoh, I. (2004). Mobile agents for ambient intelligence. *Proceedings of MMAS*, 187 - 201. Satyanarayanan, M. (2001). Pervasive computing: Vision and challenges. *IEEE Personal communications*, 8(4), 10 - 17.

Seghrouchni, A., Breitman, K., Sabouret, N., Endler, M., Charif, Y., and Briot, J. (2008). Ambient intelligence applications: Introducing the campus framework. *13th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS'2008)*, 165 - 174.

Spanoudakis, N. and Moraitis, P. (2006). Agent based architecture in an ambient intelligence context. *Proceedings of the 4th European Workshop on Multi-Agent Systems (EUMAS'06)*, Lisbon, Portugal, 1 - 12.

P. Baroni and M. Giacomin. On principle-based evaluation of extension-based argumentation semantics. *Arti\_cial Intelligence*, 171(10-15):675 - 700, July-October 2009.

P. Baroni, M. Giacomin, and G. Guida. Scc-recursiveness: a general schema for argumentation semantics. *Arti\_cial Intelligence*, 168(1-2):162 - 210, October 2005.

T. Bench-Capon and K. Atkinson. Abstract argumentation and values. *Argumentation in Arti\_cial Intelligence*, pages 45 - 64, 2009.

M. Caminada. Semi-stable semantics. Computational models of argument. Proc of 1st International Conference of Computational Models of Argument (COMMA 2006), pages 121 - 130, September 2006.

C. Cayrol and M.-C. Lagasquie-Schiex. Bipolar abstract argumentation systems. *Argumentation in Arti\_cial Intelligence*, pages 65 - 84, 2009.

S. Coste-Marquis, C. Devred, and P. Marquis. Prudent semantics for argumentation frameworks. Proc. of 17th IEEE International Conference on Tools with Arti\_cial Intelligence (ICTAI 2005), pages 568 - 572, November 2005.

P. M. Dung. On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games. *Arti\_cial Intelligence*, 77(2):321 - 358, November 1995.

P. M. Dung, P. Mancarella, and F. Toni. A dialectic procedure for sceptical, assumption-based argumentation. Computational models of argument. Proc of 1st International Conference of Computational Models of Argument (COMMA 2006), pages 145 - 156, September 2006.

S. Modgil. An abstract theory of argumentation that accommodates defeasible reasoning about preferences. Proc. of 9th ECSQARU Conference, pages 648 - 659, November 2007.

B. Verheij. Two approaches to dialectical argumentation: admissible sets and argumentation stages. Proc. of 8th Dutch Conference on Arti\_cial Intelligence (NAIC)'96, pages 357 - 368, June 1996.