



HAL
open science

Simulation du déploiement de flottes de véhicules industriels autonomes à base d'agents flous

J Grosset, A.-J Fougères, M Djoko-Kouam, Jean-Marie Bonnin

► **To cite this version:**

J Grosset, A.-J Fougères, M Djoko-Kouam, Jean-Marie Bonnin. Simulation du déploiement de flottes de véhicules industriels autonomes à base d'agents flous. LFA 2023 - rencontres francophones sur la logique floue et ses applications, Nov 2023, Bourges, France. hal-04280435

HAL Id: hal-04280435

<https://hal.science/hal-04280435>

Submitted on 11 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Simulation du déploiement de flottes de véhicules industriels autonomes à base d'agents flous

J. Grosset^{1,2}

A.-J. Fougères¹

M. Djoko-Kouam^{1,3}

J.-M. Bonnin²

¹ ECAM Rennes Louis de Broglie, Bruz, France

² IMT Atlantique, IRISA, UMR 6074, Rennes, France

³ IETR, UMR CNRS 6164, CentraleSupélec, Rennes, France

{juliette.grosset, alain-gerome.fougeres, moise.djoko-kouam}@ecam-rennes.fr, jm.bonnin@imt-atlantique.fr

1 Résumé

L'Industrie 4.0 entraîne une forte digitalisation des processus industriels, mais aussi une augmentation significative de la communication et de la coopération entre les machines qui la composent. C'est le cas des véhicules industriels autonomes (VIA) et autres robots mobiles coopératifs qui se multiplient dans les usines, souvent sous forme de flottes de véhicules, et dont l'intelligence et l'autonomie augmentent.

Le déploiement de flottes de VIA soulèvent plusieurs enjeux, qui dépendent tous de leur niveau réel d'autonomie : acceptation par les salariés, localisation des véhicules, fluidité du trafic, détection des collisions ou encore perception des véhicules face à des environnements changeants. La simulation permet alors de rendre compte des contraintes et exigences formulées par les constructeurs et futurs utilisateurs de ces VIA.

Avant de tester à grande échelle des scénarios de circulation de VIA en situations industrielles parfois complexes, il est essentiel de simuler ces scénarios [1]. Les principaux avantages de la simulation des opérations des VIA sont largement présentés par Tsolakakis et al. [2] : la simulation réduit le temps de développement et le coût d'un VIA, minimise les risques opérationnels potentiels liés au VIA, permet d'évaluer la faisabilité de différents scénarios de VIA à un niveau stratégique ou opérationnel, permet une compréhension rapide des opérations du VIA (dans des conditions de disponibilité limitée des données) et identifie les améliorations dans des configurations d'aménagement d'installations accueillant des VIA.

Un autre avantage des simulations consiste à introduire des humains dans les scénarios afin de convaincre, avant le déploiement réel des robots mobiles autonomes, du caractère sécurisé de la coexistence et des interactions possibles entre ces futurs robots mobiles et les opérateurs humains dans l'industrie [3].

Des approches à base d'agents sont souvent proposées pour la simulation de véhicules autonomes [4], notamment la planification de chemin en contexte à grande échelle [5], ou l'attribution optimale de tâches avec évitement de collisions et d'obstacles [6].

Nos recherches actuelles portent sur l'utilisation d'agents flous pour gérer les niveaux d'imprécision et

d'incertitude impliqués dans la modélisation du comportement de véhicules simulés [7]. La théorie des ensembles flous est bien adaptée pour le traitement d'informations incertaines ou imprécises qui doivent conduire à une prise de décision des agents autonomes [8]. Le concept d'agent flou peut alors être proposé comme une implémentation partielle de cette théorie.

La plupart des tâches de contrôle effectuées par des robots mobiles autonomes (*perception, localisation, mapping, path and task planning, navigation and motion control, obstacle avoidance, communication, energy control*) ont fait l'objet d'une étude d'amélioration des performances avec l'utilisation de la logique floue [9] :

- 1) la navigation des robots mobiles selon des points de vue conceptuels, théoriques ou applicatifs [10], la navigation de plusieurs robots mobiles [11], la navigation et le contrôle d'un robot mobile en environnement inconnu et temps réel [12], ainsi que la comparaison des performances de navigation de robots mobiles obtenues à base de logique floue ou de réseaux neuronaux pour la [13] ;
- 2) l'évitement d'obstacles selon des points de vue conceptuels et systémiques, dans un environnement dynamique inconnu [14] ;
- 3) les stratégies de planification de chemin mettant l'accent sur l'évitement des obstacles [15] ou la navigation globale [16] ;
- 4) la planification de mouvement [17] ;
- 5) la localisation de robots mobiles [18] ;
- 6) la gestion intelligente de la consommation d'énergie [19].

Un système à base d'agents est flou si les agents qui le composent ont des comportements flous ou si les connaissances qu'ils utilisent sont floues. Cela signifie que les agents peuvent avoir : 1) des connaissances floues (règles de décision floues, variables linguistiques floues et valeurs linguistiques floues) ; 2) des comportements flous ; 3) des interactions, des organisations ou des rôles flous [20].

Les agents flous peuvent suivre l'évolution des informations floues provenant de leur environnement et des agents [21]. Ainsi, un agent flou peut discriminer une valeur floue d'interaction pour évaluer son degré d'affinité (ou d'intérêt) avec un autre agent flou.

2 Annexe

Table 1 – Modèle d’agents flous utilisé dans nos simulations [26]

$\tilde{M}_\alpha = \langle \tilde{A}, \tilde{I}, \tilde{P}, \tilde{O} \rangle \quad (1)$ <p>où A est un ensemble d’agents, $A = \{a_1, \dots, a_n\}$; \tilde{A} est un ensemble d’agents flous, $\tilde{A} = \{\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_m\}$ avec $\tilde{A} \subseteq A$; \tilde{I} est un ensemble d’interactions floues entre agents flous; \tilde{P} est un ensemble de rôles flous remplis par des agents flous; et \tilde{O} est un ensemble d’organisations floues définies pour des agents flous (sous-ensembles d’agents flous fortement liés).</p>
$\tilde{\alpha}_i = \langle \Phi_{\Pi(\tilde{\alpha}_i)}, \Phi_{\Delta(\tilde{\alpha}_i)}, \Phi_{\Gamma(\tilde{\alpha}_i)}, K_{\tilde{\alpha}_i} \rangle \quad (2)$ <p>où, pour un agent flou $\tilde{\alpha}_i$, $\Phi_{\Pi(\tilde{\alpha}_i)}$ est sa fonction d’observation, $\Phi_{\Delta(\tilde{\alpha}_i)}$ sa fonction de décision, $\Phi_{\Gamma(\tilde{\alpha}_i)}$ sa fonction d’action et $K_{\tilde{\alpha}_i}$ son ensemble de connaissances.</p>
$\Phi_{\Pi(\tilde{\alpha}_i)} : (E_{\tilde{\alpha}_i} \cup I_{\tilde{\alpha}_i}) \times \Sigma_{\tilde{\alpha}_i} \rightarrow \Pi_{\tilde{\alpha}_i} \quad (3)$
$\Phi_{\Delta(\tilde{\alpha}_i)} : \Pi_{\tilde{\alpha}_i} \times \Sigma_{\tilde{\alpha}_i} \rightarrow \Delta_{\tilde{\alpha}_i} \quad (4)$
$\Phi_{\Gamma(\tilde{\alpha}_i)} : \Delta_{\tilde{\alpha}_i} \times \Sigma \rightarrow \Gamma_{\tilde{\alpha}_i} \quad (5)$ <p>Où, pour un agent flou $\tilde{\alpha}_i$, $E_{\tilde{\alpha}_i}$ est l’ensemble des événements flous observés, $I_{\tilde{\alpha}_i}$ l’ensemble de ses interactions floues, $\Sigma_{\tilde{\alpha}_i}$ l’ensemble de ses états flous, $\Pi_{\tilde{\alpha}_i}$ l’ensemble de ses perceptions floues, $\Delta_{\tilde{\alpha}_i}$ l’ensemble de ses décisions floues, $\Gamma_{\tilde{\alpha}_i}$ l’ensemble de ses actions floues, et Σ est l’état du système multiagents flou \tilde{M}_α</p>
$\tilde{I}_i = \langle \tilde{\alpha}_s, \tilde{\alpha}_r, \tilde{\gamma}_c \rangle \quad (6)$ <p>Où, pour une interaction floue \tilde{I}_i, $\tilde{\alpha}_s$ est l’agent flou source, $\tilde{\alpha}_r$ est l’agent flou destinataire, et $\tilde{\gamma}_c$ est un acte de communication flou (<i>inform, diffuse, ask, reply, confirm, ...</i>)</p>

Références

- [1] Hu X, Zeigler BP. A Simulation-based Virtual Environment to Study Cooperative Robotic Systems. ICAE. 2005; 12(4): 353 – 367.
- [2] Tsolakis N, Bechtis D, Srari JS. Intelligent autonomous vehicles in digital supply chains: From conceptualisation, to simulation modelling, to real-world operations, Business Process Management J. 2019; 25(3): 414-437.
- [3] Hentout A, Aouache M, Maoudj A, Akli I. Human–robot interaction in industrial collaborative robotics: a literature review of the decade 2008–2017. Advanced Robotics. 2019; 33(15–16): 764–799.
- [4] Jing P, Hu H, Zhan F, Chen Y, Shi Y. Agent-based simulation of autonomous vehicles: A systematic literature review. IEEE Access. 2020; 8: 79089-79103.
- [5] Kou NM, Peng C, Yan X, Yang Z, Liu H, Zhou K, ..., Xu Y. Multi-agent path planning with non-constant velocity motion. In Proc. of the 18th Int. Conf. on Autonomous Agents and MultiAgent Systems, pp. 2069-2071, 2019.
- [6] Grosset J., Ndao A, Fougères A.-J., Djoko-Kouam M., Couturier C. and Bonnin J.-M., (2023). A cooperative approach to avoiding obstacles and collisions between autonomous industrial vehicles in a simulation platform. Integrated Computer-Aided Engineering, 30(1): 19–40.
- [7] Fougères A.-J. A Modelling Approach Based on Fuzzy Agent. Int. J. of Comp. Science Issues. 2013; 9(6): 19-28.
- [8] Fougères A.-J., Ostrosi E. Fuzzy agent-based approach for consensus design synthesis in product configuration. ICAE. 2013; 20(3): 259-274.
- [9] De Ryck M, Versteijne M, Debrouwere F. Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques, J. of Manufacturing Systems. 2020; 54: 152-173.
- [10] Hong TS, Nakhaeini D, Karasfi B. Application of Fuzzy Logic in Mobile Robot Navigation, in Fuzzy Logic: Controls, Concepts, Theories and Applications, Edited by Elmer P. Dadios, United Kingdom: IntechOpen, 2012.
- [11] Pradhan SK, Parhi DR, Panda AK. Fuzzy logic techniques for navigation of several mobile robots. Applied soft computing. 2009; 9(1): 290-304.
- [12] Yerubandi V, Reddy YM, Kumar MV. Navigation system for an autonomous robot using fuzzy logic. Int. j. of scientific and research publications. 2015; 5(2): 5-8.
- [13] Yudha HM, Dewi T, Hasana N, Risma P, Oktarini Y, Kartini S. Performance comparison of fuzzy logic and neural network design for mobile robot navigation. Int. Conf. on Electrical Eng. and Comp. Sc., pp. 79-84, 2019.
- [14] Meylani A, Handayani AS, Carlos RS, Husni NL, Nurmaini S, Yani I. Different Types of Fuzzy Logic in Obstacles Avoidance of Mobile Robot. Int. Conf. on Electrical. Eng. and Computer Sc., pp. 93-100, 2018.
- [15] Shitsukane A, Cheriuyot W, et al.. A survey on obstacles avoidance mobile robot in static unknown environment. Int J Comput. 2018; 28(1): 160-173.
- [16] Patle BK, Pandey A, Parhi DRK, Jagadeesh A. A review: On path planning strategies for navigation of mobile robot. Defence Technology. 2019; 15(4): 582-606.
- [17] Nasrinahar A, Chuah JH. Intelligent motion planning of a mobile robot with dynamic obstacle avoidance. Journal on Vehicle Routing Algorithms. 2018; 1(2): 89-104.
- [18] Alakhras M, Oussalah M, Hussein M. A survey of fuzzy logic in wireless localization. EURASIP J. on Wireless Communications and Networking. 2020; 1: 1-45.
- [19] Lee MFR, Nugroho A. Intelligent Energy Management System for Mobile Robot. Sustainability. 2022; 14(16): 10056.
- [20] Ostrosi E, Fougères A.-J., Ferney M. Fuzzy Agents for Product Configuration in Collaborative and Distributed Design Process. Applied Soft Computing. 2012; 8(12): 2091–2105.
- [21] Ghasem-Aghaee N, Ören TI. Towards Fuzzy Agents with Dynamic Personality for Human Behavior Simulation. Proceedings of SCSC 2003, Montreal, Canada, pp. 3–10, 2003.