Formalisation et résolution de problèmes d'acquisition d'informations par des systèmes autonomes

M. Godichaud ¹, E. Chanthery ¹, O. Buffet ², M. Contat ³

¹ CNRS; LAAS; 7 avenue du colonel Roche, F-31077 Toulouse, France Université de Toulouse; UPS, INSA, INP, ISAE; LAAS; F-31077 Toulouse France {matthieu.godichaud, elodie.chanthery}@laas.fr ² INRIA, Nancy Université, CNRS;LORIA – Campus Scientifique, Nancy, France olivier.buffet@loria.fr ³ Cassidian, 1 Bd Jean Moulin, CS 40001, 78996 Elancourt cedex, France marc.contat@cassidian.com

Mots-clés : Algorithme de recherche, systèmes autonomes, graphe

1 Introduction

La problématique abordée dans cette communication concerne un ensemble d'informations produit par un ensemble fini de systèmes autonomes hétérogènes qu'on appelle Systèmes Capteurs (SC). La gestion de la recherche et de l'acquisition d'informations vise à trouver un équilibre entre la qualité et la quantité d'informations mises à disposition des opérateurs des SC pour guider leur choix et les coûts nécessaires pour les obtenir. Ceci implique de rationaliser et optimiser l'emploi de ces systèmes en réponse aux demandes d'informations (DI) formulées. La problématique de planification de mission de SC a été abordée dans [1] dans un contexte militaire. L'auteur propose de représenter le problème comme un problème de tournée de véhicules. Cette approche permet de définir un plan d'emploi macroscopique de l'ensemble des SC. Le travail présenté ici vise à aborder cette problématique avec une vue globale du processus de gestion de l'information : depuis la formalisation des données d'entrée, exprimées par les demandeurs sous forme de texte libre jusqu'à l'optimisation des missions des SC sélectionnés pour répondre aux DI. Une formalisation sous forme de graphe du problème de planification de mission suffisamment générique pour être appliquée à différents types de SC a été proposée par [2]. Elle s'applique à des missions d'observation pour un seul SC et nous proposons ici de l'étendre à un contexte multi-SC pour répondre à un ensemble de demandes d'informations. Cette approche nécessite aussi des DI formalisées et élémentaires comme données d'entrée. Une décomposition des DI en DI élémentaires est proposée.

2 Décomposition des demandes d'informations

Les données d'entrée du problème correspondent aux DI exprimées sous forme littérale par un ou plusieurs opérateurs. Une première étape du processus consiste à formaliser ces DI en demandes d'information formalisées (DIF) qui fixent les objectifs de mission des systèmes capteurs en précisant une fenêtre temporelle de validité, une zone d'intérêt ou une cible et un niveau de priorité. Une DIF est suffisamment détaillée pour être décomposée en un ensemble fini de demandes d'information élémentaires (DIE). Les DIE sont des éléments « atomiques » formalisés et peuvent être reliées par des formules logiques connectant les actions réalisables par les SC. Une DIE hérite

de tous les attributs de la DIF. Elle est de plus définie par son type (détection, reconnaissance, identification, ...), des entrées/propriétés (paramètres, dont une cible éventuelle ou zone d'intérêt), et des sorties (informations retournées). La satisfaction d'une DIF est vérifiée par la satisfaction de l'ensemble des DIE qui lui est associé ainsi que par la satisfaction des relations logiques et temporelles entre ces DIE. Le problème d'optimisation sous contraintes est défini à partir des DIE. Il couvre l'affectation des DIE aux différents SC et l'optimisation des plans d'actions des SC pour répondre aux DIE traitées. Les contraintes sont liées aux relations logiques et temporelles entre les DIE, à l'utilisation de chaque SC, à l'environnement et aux cibles. Le critère à optimiser prend en compte différents coûts (consommation, utilisation, survie) et des gains associés à la satisfaction des DIF. L'intervention de l'opérateur dans le processus d'optimisation est prévue au moyen de données de contrôle qui correspondent aux paramètres des critères ou aux contraintes. Il peut ainsi comparer plusieurs solutions ou revoir une solution fournie par l'optimisation en jouant sur ces données.

3 Modélisation et optimisation de l'emploi des systèmes capteurs

Le problème est modélisé sous forme de graphe et un algorithme de type A* a été développé. Vue la complexité du problème (affectation, ordonnancement, sélection et optimisation des actions des SC), sa modélisation est décomposée en plusieurs niveaux hiérarchiques de description. Un graphe de bas niveau est associé à chaque SC. Un nœud de bas niveau représente une action réalisable par un SC en décrivant une suite de comportements dans le temps et en utilisant des ressources. Un graphe de niveau intermédiaire décrit la réponse aux DIE d'un SC. Pour un SC donné, le graphe intermédiaire est construit à partir d'une partition du graphe de bas niveau. Le graphe de haut niveau gère la coordination entre les SC en vérifiant les relations logiques entre DIE lors de la construction de séquences de nœuds intermédiaires de chaque SC. Un graphe constitué de supernœuds est utilisé pour cela. Un supernœud est défini par un ensemble de nœuds intermédiaires : chaque nœud décrit l'état d'avancement de la mission d'un SC. Les transitions possibles à partir d'un supernœud sont caractérisées par la modification d'un nœud intermédiaire (modification de l'état d'un SC). La résolution du problème est réalisée au moyen d'un algorithme de type A* sur le graphe de supernœuds et permet de gérer la coordination entre les SC et la construction de leur plan optimisé. L'algorithme a été testé sur des scénarios de gestion d'incendie. L'algorithme anytime permet d'obtenir une solution rapidement (0.4s pour 5 DIE et 3 SC), le temps d'exécution total variant selon les méthodes d'élagage et d'estimation choisies.

4 Conclusions et perspectives

Cet article propose donc une formalisation d'un problème d'acquisition d'informations, dont l'objectif est d'optimiser l'emploi d'un ensemble de SC en réponse à un ensemble de demandes d'informations. Un modèle sous forme de graphe permet une résolution au moyen d'un algorithme de type A*. Différentes heuristiques sont envisagées pour améliorer les performances de l'algorithme selon le scénario. L'approche proposée apporte une solution globale avec une unique méthode de résolution. Elle sera comparée avec une approche consistant à décomposer le problème en sous-problèmes résolus au moyen de méthodes d'optimisation sous contraintes courantes.

Références

- [1] Janez, F. Optimization for sensor planning, Aerospace Sc. and Tech.ST, 11, 310–316, 2007
- [2] Chanthery, E., Barbier M., Farges, J-L. Planning Algorithms for Autonomous Aerial Vehicle. 6th IFAC World Congress, 2005