

Compte-Rendu Séminaire

RobIA 2012

Laëtitia Matignon

1 Introduction

Cette journée commune « IA et Robotique » a été organisée par l'AFIA et le GDR Robotique. L'objectif est de traiter des problématiques robotiques à proposer à l'IA et des besoins en robotique qui pourraient être couverts par l'IA, ainsi que des apports possibles de l'IA et des spécificités de la robotique pour l'IA. Cette journée s'est composée d'interventions se situant dans l'intersection de l'IA et de la Robotique, et relatives à l'apprentissage, la planification d'actions et de mouvements, au lien entre planification et exécution, aux systèmes multi-robots, à l'interaction homme-robot ...

Cette journée commence par une présentation de l'AFIA par Yves Demazeau, et notamment la **Plate-forme IA 2013** qui sera organisée à Lille du 1er au 5 juillet 2013 (Président du CO est Philippe Mathieu) et qui accueillera les conférences JFSMA (présidente du CP Salima) et JFPDA entre autres. Aussi un appel à candidatures pour l'organisation de IJ-CAI/ECAI 2018.

Suit une présentation du GDR Robotique par Philippe Bidaud.

2 Présentations

Robotique et action incorporée (Jean-Paul Laumond (LAAS, Toulouse))

Le terme incorporé est un biologisme introduit par JP Laumond qui traduit *embodiment*. L'objectif de l'exposé est d'étudier le rapport entre la forme et la fonction en robotique. En particulier de s'interroger sur les liens qu'entretiennent la conception mécanique et le traitement de l'information.

L'exposé commence par un historique de la robotique, avec l'objectif de départ qui était de rendre service aux systèmes de production ; puis les années 70 avec le robot Shakey. Ces années se caractérisent par le syndrome Shakey : l'important est de raisonner sur l'IA (apparition de STRIPS, inférence, logique). On utilise la robotique comme support de recherche à l'IA et on ne s'intéresse pas vraiment aux applications IA en robotique. Le robot n'est pas un objet de considération. Enfin l'explosion dans les années 90 de la robotique et IA et les succès en recherche.

Ensuite, JP Laumond propose une définition de la robotique : « la robotique traite du rapport que peut entretenir avec le monde réel une machine qui bouge et dont les

mouvements sont commandés par ordinateur ». Un robot se distingue donc des automates et des ordinateurs. L'orateur s'attarde ensuite sur les différents concepts clés de sa définition. Tout d'abord le mouvement, fonction continue du temps dans l'espace. Bouger, pour quoi faire? On a deux fonctions du mouvement : le déplacement et la manipulation qu'il faut combiner dans la robotique anthropomorphe.

L'orateur s'intéresse ensuite aux robots compagnons, notamment avec le projet Robot Companion for Citizens (RoboCom), flagship à l'initiative de l'Europe, programme de recherche très large sur les robots compagnons. En effet, aujourd'hui, il y a en robotique un changement de paradigme qui est celui de s'inspirer des sciences du vivant et des neurosciences. L'auteur cite alors la livre d'Alain Berthoz « la simplicité » qui identifie 6 des grands principes de résolution appliqués par la nature. Il aborde ensuite les problématiques de complexité.

Enfin, l'auteur rend hommage à la roue, inventée par un ingénieur et dans laquelle est important le rapport entre la forme et la fonction. Il illustre comment une fonction en apparence très complexe peut être réalisée très simplement grâce à des conceptions mécaniques astucieuses. Ce type d'approche, développée depuis la fin des années quatre-vingt-dix, prône ce qu'il est convenu d'appeler le minimalisme en robotique, et dont les principaux succès se trouvent en robotique manufacturière. Une tendance similaire, issue de la robotique bio-inspirée, promeut le calcul morphologique, une approche qui place le corps du robot comme facteur essentiel de son autonomie. Ce champ pluridisciplinaire est extrêmement actif et des premières tentatives de théorisation apparaissent.

Outil d'apprentissage machine pour la commande des robots humanoïdes (Olivier Sigaud (ISIR, Paris))

Olivier Sigaud adopte une approche bottom-up pour appliquer l'IA à la robotique (contrairement au syndrome Shakey) : son point de départ est la robotique, et en particulier, la robotique de service. En premier lieu, il fait la distinction entre Industrial Robotics où les robots n'ont pas d'incertitudes et pas d'interactions; et Service Robotics, où à l'inverse, il faut gérer les incertitudes et être *compliant*. Dans ce cas, une planification exhaustive est impossible. Olivier Sigaud part de ce cadre pour essayer de construire des capacités robotiques. Il se réfère à Emanuel Todorov et sa vision des mécanismes de contrôle du mouvement humain.

Dans cet exposé, Olivier Sigaud montre comment divers algorithmes d'apprentissage supervisé et par renforcement peuvent contribuer à la mise au point de contrôleurs efficaces pour la commande de robots humanoïdes. Il se concentre dans un premier temps sur des aspects liés à la commande bas niveau avant d'aborder les questions relatives à la prise de décision pour l'IA des robots. Les grandes questions et solutions du discours sont :

- Comment apprendre des modèles directs qui anticipent l'interaction? (identification des roboticiens)
- La commande optimale en temps réel est impossible dans des grands espaces; une solution serait d'accélérer la réalisation de la commande optimale avec des outils d'apprentissage et en particulier des méthodes de régression incrémentale capables de fournir rapidement une solution dans des espaces possédant entre 10 et 100 dimensions
- Généraliser

- Catégoriser sur les effets d'une action
- Choisir la bonne tâche dans un bon contexte (apprentissage de récompenses)

Tout d'abord, l'orateur s'intéresse à l'apprentissage du modèle mécanique (cinématique ici) d'un robot (modèle qui peut être considéré comme une fonction) qui peut-être vu comme un problème d'approximation de fonction continue, ce qui constitue en apprentissage supervisé un problème de régression. Les outils de Machine Learning peuvent faire une approximation de fonction, et par rapport à l'identification classique utilisée en par les roboticiens, les outils de ML peuvent permettre d'apprendre la fonction du modèle mécanique du robot alors que celui-ci est en interaction avec le monde. Deux principes de ML pour l'approximation de fonctions sont cités : la combinaison gaussienne de modèles linéaires avec les méthodes LWPR (Locally Weighted Projection Regression) et XSCF, et la combinaison linéaire de noyaux gaussiens avec la méthode ISSGPR. Ces algorithmes ont été testés et comparés sur le robot iCub, avec une identification en ligne efficace et l'algorithme ISSGRP qui surpasse les deux autres. De plus, LWPR est beaucoup utilisé mais uniquement car code source disponible ; son défaut majeur est qu'il est très difficile à régler. A l'inverse, ISSGPR est plus simple à régler.

Pour la commande optimale en temps réel, les outils de ML permettent aussi d'apprendre un contrôleur et non pas un modèle direct. Olivier Sigaud a des travaux récents concernant l'optimisation de ce contrôleur avec des outils d'optimisation stochastique. L'objectif est d'utiliser la capacité de généralisation des méthodes de ML pour « compiler » le contrôleur et généraliser ses bons résultats dans certaines zones d'action aux autres zones. Ces travaux sont à confirmer sur le robot iCub.

Olivier Sigaud s'est aussi intéressé aux méthodes d'AR passant à l'échelle sur des problèmes à états et actions continus. Ces méthodes font de la recherche directe sur les politiques, fondées sur des échantillonnages de trajectoires. Ces méthodes visent à déterminer les paramètres d'une politique qui minimisent une fonction de coût. Elles sont dérivées des principes mathématiques de la commande optimale stochastique et surpassent les algo d'AR classique car elles reposent sur un contexte particulier du aux DMPs (Dynamic Movement Primitives).

Les DMPs « primitives dynamiques de mouvement » représentent la politique par un système dynamique doté de 2 termes : un point attracteur et un terme de forçage. Diverses tâches robotiques ont été apprises avec une recherche directe sur les politiques et des DMP, tel que le swing du baseball ou le tennis de table. Olivier Sigaud a fait le lien dans un article récent entre ces algorithmes et les algorithmes d'optimisation boîte noire.

En perspectives, Olivier Sigaud suppose qu'une fois que l'on saura apprendre des modèles et réaliser une commande optimale en temps réel, on aura des robots qui sauront réaliser des tâches élémentaires. L'IA devra alors se poser la question de ce qu'elle doit alors faire et de choisir la bonne tâche dans un bon contexte. Le cadre formel de l'IA non continu sera alors parfaitement adapté. Cependant, il faudra gérer l'ensemble des contextes très variés. Pour cela, l'orateur pense alors que la recherche s'orientera vers une catégorisation de la représentation de l'environnement structuré .

Ref :

Alain Droniou, Serena Ivaldi et Olivier Sigaud, *Comparaison expérimentale d'algorithmes de régression pour l'apprentissage de modèles cinématiques du robot humanoïde iCub*, CAP, 2012.

Freek Stulp, Olivier Sigaud, *Adaptation de la matrice de covariance pour l'apprentissage par renforcement direct*, JFPDA, 2012.

Coordination of temporal plans in Dynamic Environments for Mobile Agents (Amal El Fallah Seghrouchni (LIP6, Paris))

Handling and the coordination of plans for the achievement of different goals is an important issue of temporal planning, in particular when several agents (robots) are mobile within a shared and dynamic environment. This talk presents two approaches we have developed for the coordination of temporal (multi-agent) plans. We present a first framework based on hybrid automata to represent and handle temporal plans of agents. The coordination of such plans and their synchronization within a multi-agent plan will be discussed and illustrated in the context of aircraft simulation. Then, we introduce our second framework where coordination mechanisms have been established to deal with temporal plans of different priorities. This framework will be illustrated on two scenarios : a Proactive-Reactive Coordination Problem (PRCP) where an agent has to modify its temporal plan in order to remove any conflicts with the plan of another agent having higher priority ; and a Coordinated Planning Problem (CPP), where an agent has to compute a plan for the achievement of its own goals, but without violating the constraints of another agent's higher priority plan and utilizing where possible the cooperative opportunities offered by the latter.

Deliberation and Planning in Robotics (Félix Ingrand et Malik Ghallab (LAAS, Toulouse))

Robotics is a very rich inspiration paradigm for AI research, frequently referred to its technical literature, in particular in topics dealing with autonomy, embodied intelligence and experimental investigation. Robotics is essentially an interdisciplinary field, requiring integration over a broad spectrum, ranging from mechanical and electrical engineering, to control theory and computer science, with more recent extensions toward material physics, bioengineering or cognitive sciences. The intersection of robotics and AI, revolving around the closed loop of perception-decision-action, covers in particular the following problems :

- interpretation of sensing data and semantic modeling of open and diverse environments,
- deliberate action, planning, acting and monitoring for the achievement of diverse tasks, - interaction with human and other robots, - learning models required by the above functions,
- integrating these functions in an adaptable and resilient architecture. This overview focuses mainly on the second item. It advocates for a broad understanding of the notion of deliberate action, that is a purposeful, intentional, planned action, pursued and carried out in order to achieve some objectives for the accomplishment of the robot's mission.

Planification et exécution parallèle sous incertitudes probabilistes et contraintes temporelles : application à des missions de robotique aérienne autonome en environnement inconnu (Florent Teichteil-Königsbuch (ONERA, Toulouse))

L'Onera développe depuis une dizaine d'années des algorithmes de synthèse de politiques en environnements probabilistes et éventuellement partiellement observables. Les modèles mathématiques sous-jacents, les Processus Décisionnels Markoviens (Partiellement Observables), induisent une complexité de calcul qui a longtemps freiné leur utilisation en robotique. En effet, lorsque la politique doit être synthétisée en ligne, par exemple lorsque le problème à résoudre n'est pas connu à l'avance, la mémoire et le temps nécessaires au calcul d'une stratégie complète sont rarement disponibles. Dans cet exposé, l'orateur s'intéresse à l'utilisation de ces modèles en situation réelle. Il présente deux cas réels d'application sur des hélicoptères autonomes de l'Onera en environnement inconnu : recherche d'une zone d'atterrissage d'une part, puis détection, reconnaissance et arraisonnement de cibles d'autre part.

Par exemple, dans les situations réelles présentées, il faut extraire des sous-zones et identifier les cibles potentielles dans chaque sous-zone la cible. Les actions sont déterministes mais il y a une incertitude sur la fonction d'observation (on ne sait pas si on va détecter/reconnaître). Pour construire la fonction d'observation O , des vols tests sont effectués avec des images taggées avec les infos puis une analyse statistique pour apprendre O (apprentissage supervisé et algorithme Margot pour la détection d'images).

Dans ces situations de résolution en vol, il est difficile d'attendre d'avoir résolu la politique optimale avant de l'exécuter. L'auteur propose donc de mettre en oeuvre une architecture réactive applicable à toutes les méthodes de planif (MDP, POMDP, A*).

Cette architecture va générer une politique partielle en ligne, qui est optimisée localement à partir de différents états d'exécution futurs possibles. Le temps d'optimisation est parfaitement contrôlé, et réparti sur ces différents états d'exécution futurs en fonction de la probabilité estimée de leur occurrence. La politique courante est exécutée sur l'état d'exécution courant en parallèle de l'optimisation sur les états futurs.

Ref :

Caroline Ponzoni Carvalho Chanel, Florent Teichteil-Königsbuch, Charles Lesire : *POMDP-based online target detection and recognition for autonomous UAVs*. ECAI 2012 : 955-960

Florent Teichteil-Königsbuch, Charles Lesire, Guillaume Infantes : *A generic framework for anytime execution-driven planning in robotics*. ICRA 2011 : 299-304

Modèles d'interaction dans les processus décisionnels décentralisés : applications robotiques (Abdel-illah Mouaddib (GREYC, Caen))

Al Mouaddib commence son exposé par une vidéo sur une circulation désorganisée afin d'illustrer des prises de décision séparée, locales, prenant en compte d'autres entités locales.

Ensuite, l'orateur introduit que la dernière décennie a connu un foisonnement sur l'extension des processus décisionnels dans les systèmes composés de plusieurs agents. Les jeux stochastiques offrent un modèle général pour la formalisation de tels processus décisionnels mais au début des années 2000, les processus décisionnels de Markov partiellement observables décentralisés (DEC-POMDP) ont été introduits pour les systèmes coopératifs à récompense unique à optimiser. Cependant, très vite leur mise en oeuvre en pratique s'est confrontée à la complexité doublement exponentielle qui les caractérise. Plusieurs méthodes de résolution mais aussi des modèles approximatifs ont été proposés. Une voie prometteuse consiste en l'introduction des modèles d'interaction entre agents du système pour simplifier la résolution et qui donne des résultats très satisfaisants et offre des perspectives d'applications intéressantes. Dans cette présentation est passée en revue quelques modèles et algorithmes fondés sur des modèles d'interaction pour une meilleure résolution des DEC-POMDP et leurs applications dans le cadre de l'interaction robot-robot mais aussi l'interaction homme-robot. Des illustrations de robots sont présentées pour la coopération multi-robots, autonomie ajustable et interaction homme-robot.

Dynamique de la communication homme-robot (Mohamed Chetouani (ISIR, Paris))

Exposé intéressant avec des résultats d'études. La communication face-à-face est un processus dynamique basé sur l'échange et l'interprétation de signaux sociaux. La maîtrise de cette dynamique impacte les tours de parole, l'engagement, l'attention conjointe... Sa modélisation est identifiée comme un verrou majeur du traitement du signal social et de la robotique personnelle. Dans cet exposé sont présentés quelques méthodes et modèles appliqués à l'interaction homme-robot pour l'introduction de l'intelligence sociale.

Mohamed Chetouani définit la cognition sociale comme *spontaneously and correctly interpret verbal and non verbal emotional cues*. La dynamique de communication est définie comme une dynamique de comportement (geste), individuelle, interpersonnelle (speech turns), sociétale (groupe). L'orateur s'intéresse à l'*interactional synchrony* qui comprend des effets de mimétismes, d'imitations, l'effet caméléon, ... Cette interaction permet d'évaluer l'impact d'un partenaire sur l'autre et l'**indicateur d'engagement de l'autre** pendant l'interaction. C'est un concept issu de la psychologie, qui prend en compte la dimension temporelle des actions. [Dumas et. al, 2011] ont montré la corrélation de l'activité cérébrale entre 2 personnes qui s'imitent. Pour mesurer ces phénomènes d'engagement, l'orateur a réalisé de nombreuses vidéos et utilisé l'annotation et le traitement d'images.

La dynamique sociale dans l'interaction est importante. Il faut mesurer les paramètres de proximité de l'interlocuteur pour reconnaître les rôles de chacun. Pour cela, l'orateur étudie le traitement du signal social avec des capteurs simples et une analyse basse résolution du comportement.

Enfin, il cherche aussi à modéliser l'interactional synchrony en évaluant le comportement non-verbal produit par les partenaires et en l'intégrant dans le modèle. C'est une intégration multi-modale. Mohamed Chetouani présente des résultats pour les effets précoces de l'autisme utilisant des HMM.

Gestion du partage de l'autorité dans un système opérateur-robot (Catherine Tessier (ONERA, Toulouse))

Catherine Tessier montre quels problèmes se posent lorsqu'une décision peut être prise à la fois par l'IA embarquée sur un robot et par l'opérateur de ce robot. Quelques exemples de conflits d'autorité sont proposés (actions concurrentes), ainsi que des approches pour les modéliser, les détecter et y remédier au sein du système intégré opérateur-robot.

Elle définit l'**autonomie adaptative** : la machine a l'initiative de prendre l'autorité, l'opérateur intervient sur demande de la machine. Mais problème si une situation imprévue intervient. Elle définit l'**autonomie ajustable** : l'opérateur a l'initiative de prendre l'autorité, mais cela entraîne souvent des reprises en main intempestives. De manière générale, on peut dire qu'il y a une mauvaise compréhension réciproque (*automation surprise*).

Qui a / peut / doit prendre l'autorité? Qui décide de cela? Sur quels critères?

Dans la bibliographie, très souvent, l'autonomie ajustable et les défaillances humaines sont ignorées. L'idée de l'oratrice est de gérer dynamiquement le partage d'autorité en fonction de certains critères. Il faut pour cela détecter automatiquement le conflit, donc le modéliser. Pour cela, l'oratrice formalise les conflits par des réseaux de petri. Ref :

Catherine Tessier, Frédéric Dehais, *Authority management and conflict solving in human-machine systems*, AerospaceLab, The Onera Journal, Vol. 4, 2012

L'intelligence sensori-motrice et la robotique (Philippe Bidaud (ONERA - Directeur du GDR Robotique))

Objectifs : challenge DARPA !