

Agents et Systèmes multi-agents

Claude Moulin

Université de Technologie de Compiègne

Sommaire

- 1 Introduction
 - Définitions
 - Intérêt
- 2 Principaux concepts
 - Types d'agents
 - SMA vs Agent isolé
 - Questions - solutions
 - Différentes approches distribuées
- 3 Conclusion : IA04

Sommaire

- 1 Introduction
Définitions
Intérêt
- 2 Principaux concepts
Types d'agents
SMA vs Agent isolé
Questions - solutions
Différentes approches distribuées
- 3 Conclusion : IA04

Intelligence Artificielle

- Définition de Marvin Minsky : science qui consiste à faire faire aux machines ce que l'homme ferait moyennant une certaine intelligence.
- Allan Newell et Herbert Simon : traitement complexe d'information.

Thèmes IA

- Algorithmes sur des graphes
 - parcours, A^* , élagage de branche, etc.
- Réseaux de neurones.
- Systèmes experts.
- Analyse du langage naturel et traduction.
- Analyse d'image et de vidéo.
- Jeux (échecs, backgammon, Go), Heuristiques.
- Data mining.
- Logiques (modale, floue).
- Théorie des jeux.
- IA symbolique : représentation des connaissances.

Agents et Intelligence Artificielle

- Controverse :
 - la théorie des agents partie de l'IA ?
 - IA partie de la théorie agents ?
 - Intersection non vide ?
- Certains agents peuvent utiliser des éléments d'IA.
- Des concepts utilisables dans les Systèmes Multi-agents sont des concepts d'IA (échange entre agents).

Agent : définition 1

- Un agent est une entité qui peut percevoir son environnement grâce à des capteurs et qui peut agir sur celui-ci grâce à des effecteurs.
- Cette définition englobe les humains comme agents.
 - Capteurs : organes des sens ;
 - Effecteurs : membres.
- La suite de l'exposé exclut cette catégorie.

Agent : définition 2

- Un agent est un système informatique :
 - situé dans un environnement,
 - qui agit d'une façon autonome et flexible pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu.

Situé

- Un agent peut recevoir des entrées sensorielles provenant de son environnement et peut effectuer des actions qui sont susceptibles de changer cet environnement.
- Le monde réel et Internet sont des exemples d'environnements où les agents peuvent être situés.

Autonome et flexible

- Système Autonome :
 - un agent est capable d'agir sans l'intervention directe d'un humain ou d'un autre agent et a le contrôle de ses actions et de son état interne.
- Système Flexible signifie que :
 - un agent peut répondre rapidement aux changements qui se produisent dans son environnement ;
 - un agent peut prendre des initiatives au moment approprié ; il n'agit pas seulement en réponse à son environnement ;
 - un agent peut interagir avec d'autres agents ou avec des humains pour collaborer à certaines tâches.

Agent artificiel

- Exemples :
 - Robots : situés dans le monde réel (caméras comme capteurs, roues comme effecteurs) ;
 - Agents logiciels : par exemple situés sur Internet (interface graphique, vocale comme capteurs et effecteurs).
 - On considérera plutôt un agent comme allant chercher l'information grâce à ses capteurs.
 - Un agent n'attendant que des sollicitations extérieures au moyen de ses capteurs est considéré comme un service. Les capteurs sont à ce moment les ports où le service attend les requêtes.
- Les robots contiennent une partie interne équivalente à celle d'un agent logiciel.

Agent personnel

- Les agents personnels sont destinés à aider une personne et interagissent avec elle grâce à une interface graphique et/ou vocale.
- Diverses fonctions : courrier, indexation de documents, veille technologique, etc.
- Les agents personnels peuvent avoir besoin d'agents d'interface pour aider l'interaction avec les utilisateurs.
 - interface vocale ;
 - interface graphique avec des champs renseignés librement par l'utilisateur.

Agent rationnel

- Un agent qui essaie d'optimiser une mesure de performance est appelé un agent rationnel.
 - L'agent envisage un espace d'états.
 - Il doit s'appuyer sur une manière d'évaluer les états pour reconnaître pour chacun d'eux son degré de satisfaction.
 - L'agent va préférer un état à un autre si son utilité est plus grande dans le premier état que dans le deuxième.

Vocabulaire - 1 : Action

- On considère un agent implémenté dans un langage à objets.
- Action : un agent peut exécuter des actions
 - méthode avec éventuellement des prises en compte de problèmes d'exécution (try ... catch).
 - exemples : parser un fichier, avancer dans un espace, changer la fréquence d'acquisition d'un capteur, recevoir, envoyer un message, etc.

Vocabulaire - 2 : Tâche

- Tâches : un agent doit ou peut réaliser certaines tâches. Il a été programmé pour cela.
 - une tâche représente ce que l'agent est capable de faire.
 - une tâche peut avoir des préconditions et des effets.
 - une tâche implique une sélection d'actions.
 - une tâche peut être implémentée par une classe.
 - exemples : détecter les spam, jouer un prochain coup, arrêter le ballon, etc.

Vocabulaire - 3 : But

- Buts : un agent doit atteindre un but.
 - revient à maximiser une certaine fonction d'utilité.
 - peut être vu comme une situation désirable.
 - l'agent raisonne ou délibère pour réaliser un but.
 - cela peut prendre la forme d'un plan qui reflète la suite de tâches (ou d'actions) à effectuer en vue de réaliser son but.
 - plusieurs stratégies peuvent s'appliquer.
 - par exemple : implémenté par un system expert.

Vocabulaire - 4 : Monde

- Le monde est la représentation de l'environnement où l'agent est situé.
 - c'est une structure de donnée persistente (base de données).
 - l'agent peut se bâtir une représentation interne du monde, en général une vue incomplète du monde.
 - l'agent doit avoir aussi des informations sur la manière dont ses propres actions affectent le monde autour de lui.

SMA

- Dans beaucoup de situations les agents co-existent et interagissent avec d'autres agents de plusieurs façons. Exemples : agents logiciels sur Internet, robots footballeurs.
- Un système qui consiste en un groupe d'agents qui peuvent potentiellement interagir entre eux est appelé un système multi-agents (SMA).
- Le champ de l'IA qui traite des principes et de la conception des SMA s'appelle l'IA distribuée.

Sommaire

- 1 Introduction
 - Définitions
 - Intérêt**
- 2 Principaux concepts
 - Types d'agents
 - SMA vs Agent isolé
 - Questions - solutions
 - Différentes approches distribuées
- 3 Conclusion : IA04

Domaines d'application - 1

- Énergie : achat de puissance d'une manière intelligente, gestion des réseaux, support d'un centre de crise.
- Industrie : automatisation des processus et de la production, logistique, robots coopératifs, maison intelligente, smart cartes.
- Communication (y compris télécommunication) : gestion de réseaux, commerce électronique, maison intelligente, services du réseau personnel, calcul mobile.
- Information : assistance personnelle, recherche d'Information, gestion de workflow, maison intelligente.
- Santé : supervision des malades, systèmes d'aide.
- Transport : logistique, aide à la mobilité, information des voyageurs, contrôle de trafic.

Domaines d'application - 2

- Militaire
- Internet.
- Sciences sociales.
- Réalité virtuelle, jeux.
- Simulation.

Robotique

- Les agents (logiciels ou robots)
 - sont situés dans des endroits différents, parfois inaccessibles à des humains,
 - reçoivent des informations sur des capteurs qui sont géographiquement distribués,
 - doivent coordonner leurs actions pour assurer un comportement optimal (le meilleur possible) du système.
- Exemples :
 - véhicules conçus pour découvrir des environnements hostiles : lune, mars ;
 - automobile : pilotage automatique, actions à la place du conducteur, conseils au conducteur (alertes de somnolence, de dangers) ;
 - compétitions de robots : équipes de robots footballeurs, combats de robots

Internet

- La technologie SMA peut être utilisée pour développer des agents (personnels) qui agissent pour le compte d'utilisateurs et qui sont capables de négocier avec d'autres agents pour atteindre des buts :
 - Vente aux enchères, commerce électronique ;
 - Fouille de données distribuée, recherche d'information et veille technologique.

Réalité virtuelle

- Dans le domaine de la réalité virtuelle, des jeux, et même des jeux sérieux, le challenge est de construire des agents :
 - qui présentent un comportement intelligent ;
 - qui sont les avatars d'autres participants ;
 - qui simulent des personnages vivants.
 - utilisation des sciences cognitives pour déterminer des traits de caractères et des comportements (joie, tristesse, panique, etc.).

Simulation

- Gestion d'un éco-système
- Modèle écologique
- Comportement de population
- Phénomène physique : houle
- Etude comparative de plusieurs stratégies

Avantages de la technologie des SMA

- Rapidité et efficacité à cause de processus asynchrones et parallèles.
- Robustesse et fiabilité : le système peut continuer même si un agent tombe.
- Extensibilité : il est possible (facile ?) d'ajouter de nouveaux agents à un système.
- Développement, coût et réutilisation : il est plus simple, donc moins onéreux, de développer et maintenir un système modulaire qu'un système monolithique.

Sommaire

- 1 Introduction
 - Définitions
 - Intérêt
- 2 Principaux concepts
 - Types d'agents
 - SMA vs Agent isolé
 - Questions - solutions
 - Différentes approches distribuées
- 3 Conclusion : IA04

Trois types

- Agents réactifs
- Agents délibératifs
- Agents hybrides

Agent réactif

- ne fait que réagir aux changements qui surviennent dans l'environnement ;
- se contente d'acquérir des informations et d'y réagir en appliquant certaines règles prédéfinies ;
- destinés à réagir très rapidement.

Agent délibératif

- effectuent une certaine délibération pour choisir leurs actions.
 - elle peut se faire en se basant sur les buts de l'agent ;
 - sur une certaine fonction d'utilité ;
 - elle peut prendre la forme d'un plan : suite d'actions que l'agent doit effectuer.

Agent hybride

- Pour la majorité des problèmes cependant, ni une architecture complètement réactive, ni une architecture complètement délibérative n'est appropriée.
- Les agents doivent pouvoir réagir très rapidement dans certaines situations (comportement réflexe),
- et dans d'autres, ils doivent avoir un comportement plus réfléchi.

Architecture hybride

- Généralement plusieurs couches logicielles :
 - une couche purement réactive : prend ses décisions en se basant sur des données brutes en provenance des capteurs ;
 - une couche intermédiaire : travaille plutôt avec une vision qui se situe au niveau des connaissances de l'environnement ;
 - une couche supérieure : se charge des aspects sociaux de l'environnement, contact avec d'autres agents.

Sommaire

- 1 Introduction
 - Définitions
 - Intérêt
- 2 Principaux concepts
 - Types d'agents
 - SMA vs Agent isolé**
 - Questions - solutions
 - Différentes approches distribuées
- 3 Conclusion : IA04

Plusieurs situations

- Un agents isolé.
- Plusieurs agents cohabitants.
- Système multi-agents.
- Système multi-agents confronté à des agents ou un autre système multi-agent.

Caractéristiques

- Conception
- Environnement
- Perception
- Contrôle
- Connaissance
- Communication

Conception des agents

- Agents hétérogènes : agents conçus de différentes façons et implémentés par différentes personnes. Les différences peuvent provenir du matériel mais aussi du logiciel.
- Agents homogènes : agents conçus de façon identique qui ont des capacités similaires.
- Système multi-agents ; agents homogènes ou hétérogènes mais conçus par la même équipe.
- Le problème n'existe pas lorsqu'on ne considère qu'un agent.

Environnement

- Les environnements statiques (invariants dans le temps) sont plus faciles à appréhender. La plupart des techniques d'IA développées pour des agents isolés considèrent des environnements statiques.
- Souvent l'environnement apparaît dynamique lorsque plusieurs agents agissent sur l'environnement. Les agents peuvent :
 - agir sur une partie seulement ;
 - avoir une représentation interne de l'environnement, ou d'une partie.

Perception - 1

- L'information qui atteint les capteurs d'un agent dans un SMA est typiquement distribuée :
- les agents peuvent observer des données :
 - spatialement différentes (qui apparaissent à des endroits différents),
 - temporellement différentes (qui arrivent à des moments différents),
 - et même sémantiquement différentes (qui ont des interprétations différentes).

Perception - 2

- Pour chaque agent l'état du monde est partiellement observable ce qui a de multiples conséquences sur les décisions des agents.
- Parfois les agents doivent collaborer pour augmenter leur connaissance collective de l'état du monde à partir des observations partielles.

Contrôle

- Le contrôle dans un SMA est typiquement distribué et donc décentralisé.
- Il n'y a pas de processus central qui collecte toute l'information à partir de chaque agent et qui décide ensuite des actions à entreprendre.
- La prise de décision reste au niveau de chaque agent.
- Le cas d'un agent maître et d'agents services peut exister.

Connaissance

- Pour un agent isolé, on considère que l'agent connaît ses propres actions mais pas nécessairement comment le monde est affecté par elles.
- Dans un SMA le niveau de connaissance de chaque agent sur l'état du monde peut être très différent.
- En général, dans un SMA chaque agent doit aussi considérer la connaissance des autres agents dans sa prise de décision.
- Un concept crucial est celui de la connaissance commune :
 - lorsqu'un agent connaît un fait, il sait que les autres agents le connaissent aussi.

Communication

- La communication dans un SMA est basée sur un échange de messages et chaque agent peut être émetteur et récepteur.
- La communication peut avoir plusieurs objectifs :
coordination entre agents coopératifs, négociation entre des agents à intérêt propre.
- Problèmes dus à la communication
 - protocoles réseaux à utiliser pour que l'information échangée arrive en temps et sécurisée,
 - langage de contenu que les agents doivent utiliser pour se comprendre (spécialement accru s'ils sont hétérogènes).
- Sans objet pour un agent isolé.

Sommaire

- 1 Introduction
 - Définitions
 - Intérêt
- 2 Principaux concepts
 - Types d'agents
 - SMA vs Agent isolé
 - Questions - solutions**
 - Différentes approches distribuées
- 3 Conclusion : IA04

Conception d'un SMA

- Comment décomposer un problème ?
- Comment permettre à des agents de former des structures organisées comme des équipes ou des coalitions ?
- Comment assigner des rôles à des agents ?
- Comment allouer des tâches, sous-tâches, des buts, des rôles à des agents, et synthétiser des résultats partiels.
- Comment assurer un comportement stable et cohérent.
- Quelques méthodes ont été proposées mais qui restent empiriques.

Environnement

- Comment permettre à des agents de maintenir un modèle du monde partagé, consistant et persistant ?
- Comment permettre à des agents d'avoir un modèle du monde personnel ?
- Solution :
 - Systèmes à tableaux noirs, base de données (relationnelles, objets)

Perception

- Comment traiter une information distribuée ? Trois problèmes :
 - Hétérogénéité des sources : comment gérer différents types de sources ayant des modèles de données et des types de requêtes différents ?
 - Description des sources : comment décrire les données gérées par un agent et comment localiser l'agent gérant une source de données particulière ?
 - Intégration des données : comment un agent intègre les données provenant de différentes localisations pour répondre à ses besoins ?

Perception : solutions

- Hétérogénéité des sources :
 - chaque type de sources peut être géré par un agent ayant ses propres modèles de données ; ses messages réfèrent à des actions portant sur ces données.
- Description des sources :
 - avoir une description commune de toutes les données manipulées par le système et une identification des agents les traitant.
- Intégration des données :
 - système de règles qui détermine l'action à entreprendre en fonction des valeurs des données.

Contrôle

- Comment implémenter un contrôle décentralisé et un mécanisme de coordination efficace entre les agents ?
- Comment concevoir un planning multi-agents et un algorithme d'apprentissage efficaces ?
- Apprentissage (Apprentissage par renforcement) :
 - L'agent apprend à l'aide de ses expériences dans son environnement.
 - Pour chaque action, l'agent reçoit une récompense ou une pénalité.
 - Un but de l'agent est d'apprendre la suite d'actions qui lui procure la plus grande somme de récompenses.

Connaissances

- Comment représenter de la connaissance ?
- Comment permettre à des agents de raisonner sur cette connaissance ?
- Comment permettre à des agents de raisonner à partir des actions, des plans, et de la connaissance d'autres agents ?
- Solutions : langages de contenu, standards du web sémantique.

Communication

- Comment permettre à des agents de communiquer ?
- Quels types de langages et de protocoles ?
- Que, quand, et avec qui communiquer ?
- Comment permettre à des agents de négocier et de résoudre des conflits.
- Solution : norme basée sur des actes de langage.

Conclusions

- Les problèmes évoqués sont interdépendants et une solution partielle peut rejaillir sur les autres problèmes :
 - Un algorithme de planning distribué peut requérir un mécanisme de coordination particulier ;
 - L'apprentissage peut être guidé par l'organisation des agents.

Sommaire

- 1 Introduction
 - Définitions
 - Intérêt
- 2 Principaux concepts
 - Types d'agents
 - SMA vs Agent isolé
 - Questions - solutions
 - Différentes approches distribuées**
- 3 Conclusion : IA04

Quelques approches

- Client-Serveur
- Web Service
- Réseaux pairs à pairs
- Systèmes multi-agents.

Client-Serveur

- Une application cliente (navigateur) requiert une information à une application serveur.
- Client et serveur en général sur deux stations distinctes.
- Connection faite par une adresse.
- Information (document) demandée à l'aide de paramètres.
- La forme de la réponse est connue.
- L'utilisateur de l'application cliente qui comprend les informations présentées.

Service Web

- Une application cliente requiert une information à un service (application).
- Client et service en général sur deux stations distinctes.
- Connection faite par une adresse.
- Information (donnée, objet) demandée à l'aide de l'appel à une méthode distante.
- La forme et la signification de la méthode et des paramètres est connue du programmeur de l'application cliente.
- Le programmeur de l'application cliente doit comprendre les informations reçues.

Réseaux pairs à pairs

- Ensemble d'applications identiques (partage de fichiers) tournant sur des stations distinctes (pairs).
- Connection effectuée à partir d'adresses de pairs dits-voisins puis propagation de proche en proche.
- Chaque pair est tour à tour client et serveur.
- Communication de ressources. Le contenu à un sens pour l'utilisateur.
- Existence de technologies (JXTA : librairies (Java) + ensemble de protocoles) pour développer des applications pour les pairs.

Approche SMA - 1

- Les agents d'un SMA peuvent être situés sur une même station ou sur des stations différentes d'un réseau Intranet.
- Selon les modèles un ou plusieurs SMA peuvent exister sur un même Intranet.
- Un SMA peut communiquer via Internet avec un autre SMA mais on doit considérer deux SMA distincts.
- Un SMA est conçu dans un but qui dépasse l'intérêt de chaque agent (ex : simulation).
- Problème : comment un agent a connaissance des autres agents à qui s'adresser ?
- La communication entre agents se fait par envoi de messages.

Approche SMA - 2

- La création d'un SMA nécessite ce qu'on appelle une plate-forme de développement de SMA.
- Exemples :
 - JADE (Java Agent DEvelopment) : <http://jade.tilab.com/> ; open-source et basé sur le langage Java.
 - OMAS (Open Multi-Agent Asynchronous Systems) : plate-forme de recherche développée par l'équipe d'IA de l'UTC (Jean-Paul Barthès).

Plate-forme multi-agents

- Plate-forme permettant de développer des systèmes multi-agents.
- Une infrastructure de logiciels utilisée comme environnement pour le déploiement et l'exécution d'un ensemble d'agents.
- Un SMA est un ensemble d'agents développé à partir de ces outils.
- Une plate-forme fournit une manière confortable de créer et tester des agents :
 - elle prend en charge la gestion des agents (cycle de vie) et l'échange des messages ;
 - elle est basé sur un modèle particulier d'agents.

Objectifs

- Introduire la technologie multi-agent, comme nouveau paradigme d'architecture de système informatique.
- Développer certains concepts évoqués ici.
 - architecture d'un agent.
- Insister sur la notion d'agent intelligent.
 - base de connaissance d'un agent.
 - signification de messages.
- Présenter les différences entre Agent et Service.
- Mettre en application une méthode de conception.
- Faire prendre en main une plate-forme de développement.

Outils

- FIPA : protocole de communication.
- Standards du Web sémantique : XML, RDF, OWL, SPARQL.
- Plate-forme JADE.

TP

- Hello World
- Chat
- Base de connaissance
- Mise en place d'une stratégie pour résoudre un problème.

TD

- Etude plus approfondie de certains points théoriques.
- Applications directe du cours.
- Mise en commun des difficultés rencontrées dans les TP.
- Suivi et avancement du dernier TP.

Pré-requis

- Programmation objets et Langage JAVA.
- Programmation par événements (Interface graphique).
- Notions de réseaux.
- Notions de processus.
- Connaissance d'XML.