

Un traitement formel des Agents, des Buts et des Opérations à l'aide des Logiques Temporelles Multi-agents

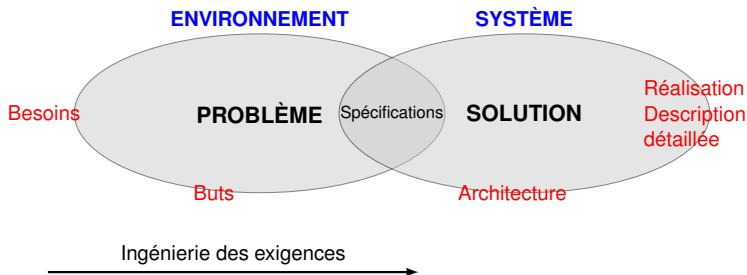
Christophe Chareton, Julien Brunel, David Chemouil

Onera, Toulouse

June 8, 2012

- 1 L'ingénierie des exigences et le langage K_{HI} (SBMF 2011)
 - KAOS et TROPOS-1*
 - Éléments du langage
 - Formalisation
- 2 Des modèles sémantiques pour K_{HI} : les $CGS_{K_{HI}}$ (AFADL 2012)
 - Les CGSs : des structures pour ATL*
 - Particularités des $CGS_{K_{HI}}$, description informelle
- 3 Conclusion : apports de l'approche et futurs travaux

- 1 L'ingénierie des exigences et le langage K_{HI} (SBMF 2011)
 - KAOS et TROPOS-1*
 - Éléments du langage
 - Formalisation
- 2 Des modèles sémantiques pour K_{HI} : les $CGS_{K_{HI}}$ (AFADL 2012)
 - Les CGSs : des structures pour ATL*
 - Particularités des $CGS_{K_{HI}}$, description informelle
- 3 Conclusion : apports de l'approche et futurs travaux

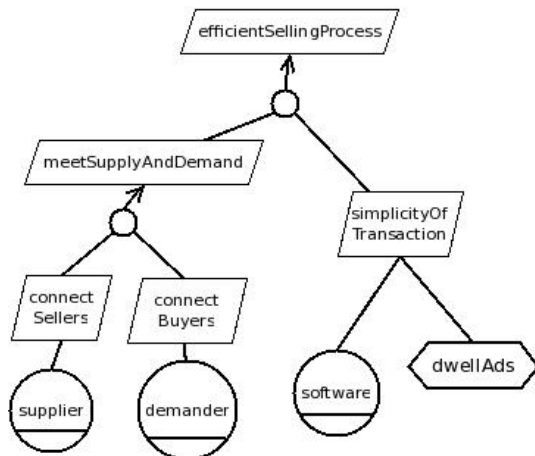


- Identifier les exigences
- Dériver des spécifications à partir des exigences fonctionnelles
- Nous nous concentrons sur des langages de modélisation

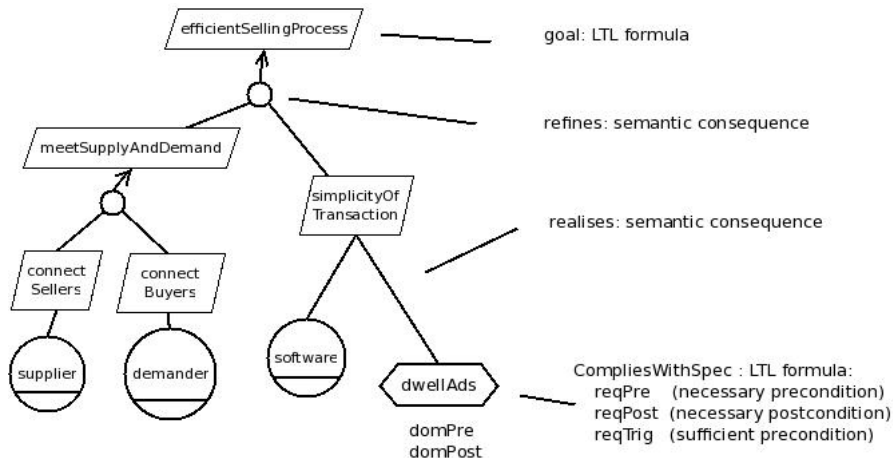
Décomposition des buts : KAoS

Definition

Un **but** est un énoncé qui décrit le comportement attendu du système.



Opérationnalisation: KAOS



LTL formulas: $\varphi ::= p \mid \neg\varphi \mid \varphi_1 \wedge \varphi_2 \mid \circ\varphi \mid \varphi_1 \mathbf{U}\varphi_2$

- Intentionnalité (Tropos-1*): les buts sont identifiés relativement aux acteurs qui les poursuivent.
- Deux notions d'agents:
 - Des agents décrits, intentionnels : les acteurs. Décrits avec leurs buts et leurs capacités à agir sur le système.
 - des agents prescrits : les rôles. Des descriptions du comportement requis des agents.

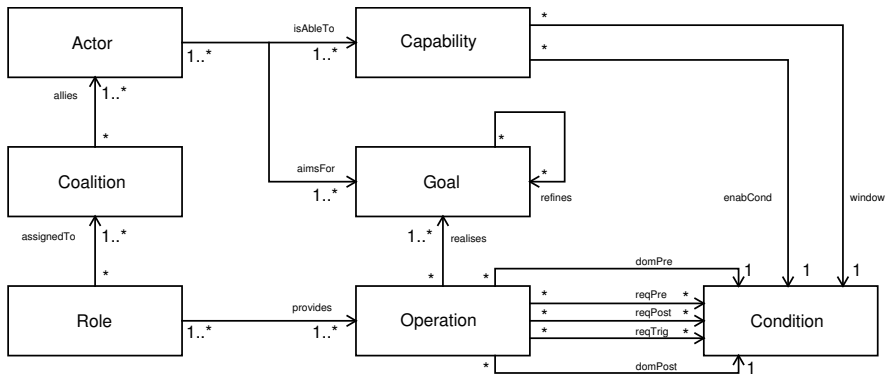
L'assignation relie ces deux notions.

- Deux sortes de relations entre les acteurs et les buts :
 - Les acteurs poursuivent leurs buts.
 - A travers les rôles qui leur sont assignés, ils peuvent être responsables pour (d'autres) buts.

Motivations pour K_{HI} :

- Unifier dans un même langage :
 - La relation buts poursuivis-opérations à réaliser et ses aspects dynamiques (K_{AOS})
 - Des agents intentionnels et l'idée de confrontation entre agents disponibles (les acteurs) et agents requis (les rôles) ($T_{ROPOS-I^*}$)
- Traiter sémantiquement les capacités des acteurs et pouvoir discuter leur aptitude à jouer les rôles : le problème de l'assignation

Metamodèle



On construit ATL_{KHI} en trois étapes successives :

- $Cond_{KHI}$: un ensemble de comparaisons de valeurs entre des variables et des constantes
- Le langage LTL dont les atomes sont dans $Cond_{KHI}$: LTL_{KHI}
- Introduction d'un opérateur de capacités des agents : ATL_{KHI}

$$\langle\langle a_1, \dots, a_k \rangle\rangle\varphi$$

où $\varphi \in LTL_{KHI}$: a_1, \dots, a_k peuvent forcer la satisfaction de φ

On obtient un fragment de ATL^* (Alur, Henzinger, Kupferman) :

$ATL_{KHI} \subset ATL^*$, $ATL_{KHI} \not\subseteq ATL$, $ATL \not\subseteq ATL_{KHI}$.

Expression de K_{HI} dans la logique $ATL_{K_{HI}}$

- $\llbracket op \rrbracket := domPre \wedge \circ domPost$
- $CompliesWithSpec(op) :=$
 - $\bigwedge_{r \in op.reqPre} \square(\llbracket Op \rrbracket \rightarrow op.reqPre) \wedge$
 - $\bigwedge_{r \in op.reqPost} \square(\llbracket Op \rrbracket \rightarrow \circ op.reqPost) \wedge$
 - $\bigwedge_{r \in op.reqTrig} \square((op.domPre \wedge op.reqTrig) \rightarrow \llbracket op \rrbracket)$
- $\llbracket role \rrbracket := \bigwedge_{op \in role.provides} CompliesWithSpec(op)$

Definition (Sémantique de l'assignation, aperçu)

$$\zeta_{capacitésDeLaCoalition} \models_{ATL_{K_{HI}}} \langle\langle coalition \rangle\rangle \llbracket role \rrbracket$$

avec

- $\llbracket role \rrbracket \in LTL_{K_{HI}}$.
- $\zeta_{capacitésDeLaCoalition}$ est une structure issue de la description des capacités.

- 1 L'ingénierie des exigences et le langage K_{HI} (SBMF 2011)
 - KAOS et TROPOS-I*
 - Éléments du langage
 - Formalisation
- 2 Des modèles sémantiques pour K_{HI} : les $CGS_{K_{HI}}$ (AFADL 2012)
 - Les CGSs : des structures pour ATL*
 - Particularités des $CGS_{K_{HI}}$, description informelle
- 3 Conclusion : apports de l'approche et futurs travaux

Concurrent Game Structures:

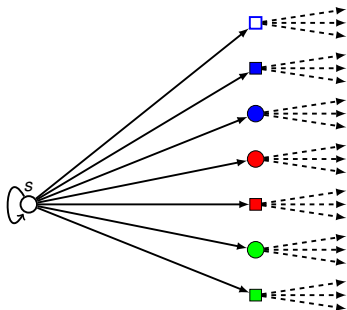
- Des éléments d'une structure de Kripke classique :
 - un ensemble d'états Q
 - un ensemble de propositions atomiques Π
 - une fonction de valuation, de Q dans $\mathcal{P}(\Pi)$
- Les transitions:
 - Un ensemble d'agents Σ
 - En chaque état s un ensemble de choix possibles pour chaque agent $a : c(a, s)$, exprimés par des entiers
 - Chaque agent joue en chaque état un choix possible et les transitions sont déterminées par les choix exprimés : δ est une fonction partielle de $Q \times \mathbb{N}^\Sigma$ dans Q .

Objectif : adapter la notion de CGS pour le fragment $ATL_{K_{HI}}$ et la représentation des capacités des acteurs dans K_{HI} .

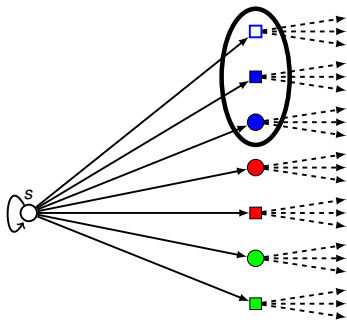
- Le domaine : l'ensemble des états possibles des variables

Ici, symboliquement trois variables :

- couleur
- forme
- remplissage



Particularités des CGS_{KHI}

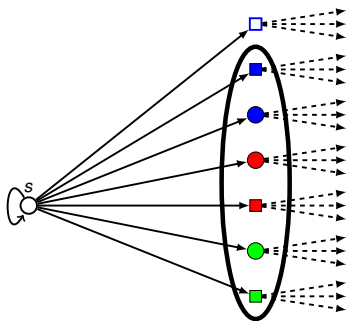


- $s \models \text{shape} = \text{circle}$

- $[\text{colour} = \text{blue}] \in c(a_1, s)$

- Le domaine : l'ensemble des états possibles des variables
- Les choix des agents :
 - sélectionnent l'ensemble des états compatibles
 - sont clos par intersection

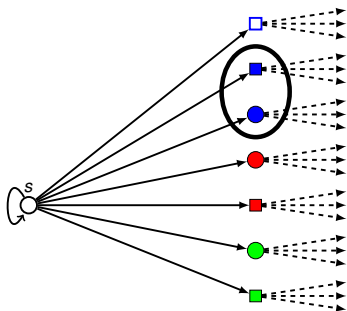
Particularités des CGS_{KHI}



- $s \models \text{colour} = \text{black}$
- $[\text{filling} = \text{full}] \in c(a_1, s)$

- Le domaine : l'ensemble des états possibles des variables
- Les choix des agents :
 - sélectionnent l'ensemble des états compatibles
 - sont clos par intersection

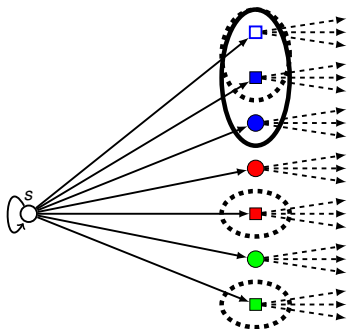
Particularités des CGS_{KHI}



- $s \models \text{shape} = \text{circle}$
- $s \models \text{colour} = \text{black}$
- $[\text{colour} = \text{blue}] \cap [\text{filling} = \text{full}] \in c(a_1, s)$

- Le domaine : l'ensemble des états possibles des variables
- Les choix des agents :
 - sélectionnent l'ensemble des états compatibles
 - sont clos par intersection

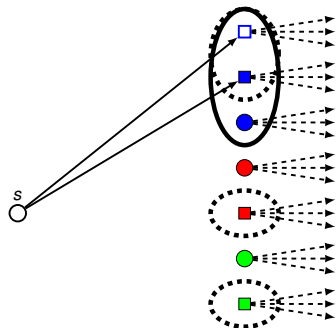
Particularités des CGS_{KHI}



- $EC(a_1) = [colour = blue]$
- $EC(a_2) = [shape = square]$

- Le domaine : l'ensemble des états possibles des variables
- Les choix des agents :
 - sélectionnent l'ensemble des états compatibles
 - sont clos par intersection
- La fonction de transition, deux critères :
 - dans l'intersection

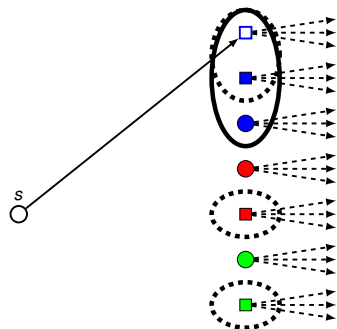
Particularités des CGS_{KHI}



- $EC(a_1) = [colour = blue]$
- $EC(a_2) = [shape = square]$
- $succ(s, \{EC(a_1), EC(a_2)\}) \in EC(a_1) \cap EC(a_2)$

- Le domaine : l'ensemble des états possibles des variables
- Les choix des agents :
 - sélectionnent l'ensemble des états compatibles
 - sont clos par intersection
- La fonction de transition, deux critères :
 - dans l'intersection

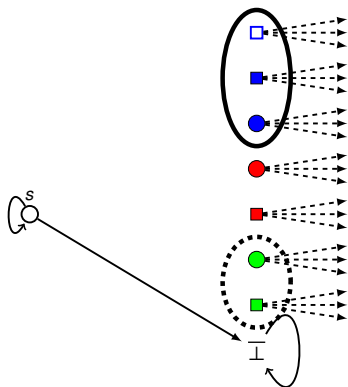
Particularités des CGS_{KHI}



- $EC(a_1) = [colour = blue]$
- $EC(a_2) = [shape = square]$
- $succ(s, \{EC(a_1), EC(a_2)\}) \in EC(a_1) \cap EC(a_2)$
- $s \models filling = empty$ alors $succ(s, \{EC(a_1), EC(a_2)\}) \models filling = empty$

- Le domaine : l'ensemble des états possibles des variables
- Les choix des agents :
 - sélectionnent l'ensemble des états compatibles
 - sont clos par intersection
- La fonction de transition, deux critères :
 - dans l'intersection
 - puis, état le plus "conservatif"

Particularités des CGS_{KHI}



- $EC(a_1) = [colour = blue]$
- $EC(a_2) = [colour = green]$
- $succ(s, \{EC(a_1), EC(a_2)\}) = \perp$

- Le domaine : l'ensemble des états possibles des variables
- Les choix des agents :
 - sélectionnent l'ensemble des états compatibles
 - sont clos par intersection
- La fonction de transition, deux critères :
 - dans l'intersection
 - puis, état le plus "conservatif"
 - si l'intersection est vide?
 - cas de choix contradictoires
 - présence d'un état de blocage \perp
 - pas de sortie possible de l'état \perp

- Un choix pour un acteur \longrightarrow un ensemble compatible d'états
- Une stratégie (un choix pour chaque suite finie d'états possibles) pour un acteur \longrightarrow un ensemble compatible d'exécutions

$\mathcal{C}apacitésDeLaCoalition \models_{\text{ATL}_{\text{KHI}}} \langle\langle \text{coalition} \rangle\rangle \llbracket \text{role} \rrbracket$

ssi

coalition a une stratégie dans la CGS_{KHI} $\mathcal{C}apacitésDeLaCoalition$ telle que toute exécution compatible est modèle ($\models_{\text{LTL}_{\text{KHI}}}$) de $\llbracket \text{role} \rrbracket$

- Description formelle de ces CGS_{KHI}
- Domaine : (produit cartésien des) domaines des variables
- Cas général : une infinité d'état
 - On finitise la structure par un quotient
 - Théorème d'équivalence
- Model-checking fini car $\text{ATL}_{\text{KHI}} \subset \text{ATL}^*$
- Objectif : optimiser la procédure

- 1 L'ingénierie des exigences et le langage K_{HI} (SBMF 2011)
 - KAOS et TROPOS-I*
 - Éléments du langage
 - Formalisation
- 2 Des modèles sémantiques pour K_{HI} : les $CGS_{K_{HI}}$ (AFADL 2012)
 - Les CGSs : des structures pour ATL*
 - Particularités des $CGS_{K_{HI}}$, description informelle
- 3 Conclusion : apports de l'approche et futurs travaux

Intérêts de cette approche :

Notre langage offre une sémantique pour :

- La dynamique des opérations héritée de KAOS
- Un concept d'acteurs intentionnels : chacun poursuit ses propres buts
- Un concept distinct de rôles : les agents comme des entités requises
- L'expression du problème de l'assignation comme un problème de model-checking : la relation de satisfaction entre
 - une formule exprimant l'assignation correcte des rôles à des (coalitions d') acteurs
 - une structure représentant les capacités des acteurs

- Développer des outils algorithmiques pour traiter des problèmes comme la correction ou l'existence d'une assignation
 - Identifier les acteurs manquants : dans le cas où aucune assignation des rôles aux acteurs présents n'est possible, les rôles non-assignable sont les acteurs à introduire par la machine.
- Introduire un concept de comportement effectif dans la sémantique.
 - Généraliser le problème de l'assignation à un ensemble de rôles
 - S'assurer qu'un rôle r_l assigné à un acteur a ne contredit pas les buts qu'il poursuit
 - Comparer en efficacité différentes stratégies

Assignment de plusieurs rôles

- Formellement on a traité le cas de l'assignation d'un rôle à une coalition :

$$\mathcal{C} \models_{ATL_{KHI}}^? \langle\langle A \rangle\rangle[\text{role}]$$

- Problème : s'il s'agit de vérifier une assignation de plusieurs rôles :

$$\mathcal{C} \models_{ATL_{KHI}}^? \langle\langle A_1 \rangle\rangle[\text{role}_1] \wedge \langle\langle A_2 \rangle\rangle[\text{role}_2]$$

et si $A_1 \cap A_2 \neq \emptyset$. On ne peut pas passer de

$$\mathcal{C} \models_{ATL_{KHI}} \langle\langle A_1 \rangle\rangle[\text{role}_1]$$

et

$$\mathcal{C} \models_{ATL_{KHI}} \langle\langle A_2 \rangle\rangle[\text{role}_2]$$

à

$$\mathcal{C} \models_{ATL_{KHI}} \langle\langle A_1 \cup A_2 \rangle\rangle[\text{role}_1 \wedge \text{role}_2]$$



$$\mathcal{C} \models_{ATL_{K_{HI}}} \langle\langle A_1 \cup A_2 \rangle\rangle (\llbracket \text{role}_1 \wedge \text{role}_2 \rrbracket \wedge)$$

Mais si on généralise à l'ensemble des rôles :

$$\mathcal{C} \models_{ATL_{K_{HI}}} \langle\langle \bigcup A \rangle\rangle (\llbracket \bigwedge \text{role} \rrbracket)$$

- Pas de distinction entre les coalitions : actions mêlées
- Perte de la dimension multi-agents



$$\mathcal{C} \stackrel{?}{\models}_{ATL_{K_{HI}}} \langle\langle A_1 \rangle\rangle \llbracket \text{role}_1 \rrbracket \wedge \langle\langle A_2 \rangle\rangle \llbracket \text{role}_2 \rrbracket$$

- Exprimer le lien entre la stratégie requise pour A_1 et celle requise pour A_2
- Distinguer la quantification d'une stratégie et sa prise en charge par un acteur

- Les stratégies comme des fonctions des séquences d'états dans les actions
- $\langle\langle A \rangle\rangle\varphi \rightarrow \langle\langle x \rangle\rangle(a, x)\bar{\varphi}$
-

$$\begin{aligned} \langle\langle x \rangle\rangle\langle\langle y \rangle\rangle(((A_1, x)\llbracket \text{role}_1 \rrbracket) \wedge \\ ((A_2, y)\llbracket \text{role}_2 \rrbracket) \wedge \\ ((A_1, x)(A_2, y)\llbracket \text{role}_1 \rrbracket \wedge \llbracket \text{role}_2 \rrbracket)) \end{aligned}$$

- Travail actuel :
 - Extension de SL
 - Adaptation du SL étendu à $\text{K}\Pi$
 - Puis :
 - Optimiser le *model-checking*
 - Approfondir la question du *deadlock*

Merci pour votre attention

Des questions?