Coordination et résilience optimales d'objets intelligents

Gauthier Picard, Pierre Rust, Fano Ramparany

Coordination et résilience optimales d'objets intelligents

Une approche par raisonnement sous-contraintes

Parties prenantes

Institut Mines-Télécom

MINES Saint-Étienne

Une école de l'IMT

Auteurs

Gauthier Picard

Henri Fayol Institute
Laboratoire Hubert Curien
CNRS UMR 5516

picard@emse.fr

Pierre Rust

Orange Labs
Laboratoire Hubert Curien
CNRS UMR 5516

pierre.rust@orange.com

Fano Ramparany

Orange Labs

fano.ramparany@orange.com

Partenaires

orange™

CONNECTED INTELLIGENCE

LABORATOIRE HUBERT CURIEN
UMR • CNRS • 5516 • SAINT-ETIENNE

UNIVERSITÉ DE LYON

Coordination distribuée et autonome pour l'IoT

Motivations

- 25 milliards d'objets en 2020
- Appareils bon marché mais contraints
- Aujourd'hui : coordination centralisée au niveau du cloud

Coordination décentralisée

- Montée à l'échelle, interactions locales
- Pas de point d'échec central (SPOF)
- Pas de goulet d'étranglement pour les communications

DCOP : Problème d'optimisation distribuée sous contraintes

Un tuple $\langle \mathcal{A}, \mathcal{X}, \mathcal{D}, \mathcal{C}, \mu \rangle$

- $\mathcal{A} = \{a_1, \ldots, a_{|A|}\}$, est un ensemble d'agents
- $\mathcal{X} = \{x_1, \ldots, x_n\}$, est un ensemble de variables
- $\mathcal{D} = \{\mathcal{D}_{x_1}, \ldots, \mathcal{D}_{x_n}\}$, les domaines de variables, $\mathcal{D}_{x_i} = \{v_1, \ldots, v_k\}$
- $\mathcal{C} = \{c_1, \ldots, c_m\}$, est un ensemble de contraintes souples , c_i est une fonction de coût $\in \mathbb{R} \cup \{\infty\}$ pour toutes affectations aux variables dans sa portée
- $\mu : \mathcal{X} \to \mathcal{A}$, une fonction assignant chaque variable à un calcul

Solution : une affectation à toutes les variables qui minimise la somme des coûts $\sum_i c_i$

Algorithmes par envoi de messages

- **Complets** ADOPT, DPOP, etc.
- **Approchés** MGM, DSA, Max-Sum, etc.

pyDCOP une librairie d'étude DCOP

Fonctionnalités

- Implémentation des algorithmes majeurs : DSA, DPOP, MGM, Max-Sum, etc.
- Utilitaires pour le développement de nouveaux algorithmes
- Fournis toute l'infrastructure logicielle pour l'étude des algorithmes DCOP: instanciation des agents, déploiement de l'algorithme, contexte d'exécution, envoi des messages, etc.
- Générateur de problèmes de benchmark
- Monitoring et production de métriques: temps de résolution, nombre de cycles, charge réseau, coût et qualité de la solution, etc.

pyDCOP pour l'IoT

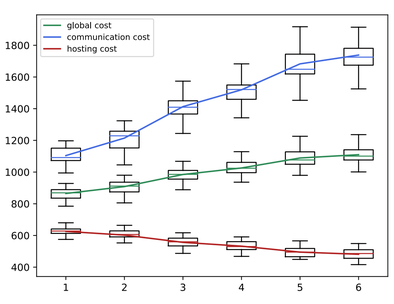
- Prise en compte de la problématique de la distribution des décisions sur l'infrastructure : optimisation du placement en fonction des coûts de communication, d'hébergement, etc.
- Résilience du système

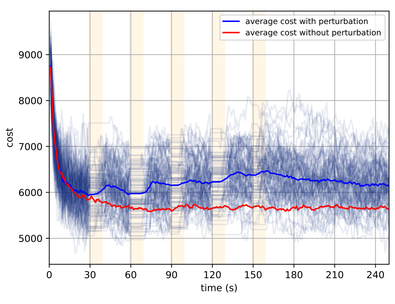
Prototypage avec pyDCOP

- Multi-plateforme
- Permet un déploiement *réel*: PC, Machine virtuelle, Raspberry Pi
- Interface graphique de monitoring

Utilisation

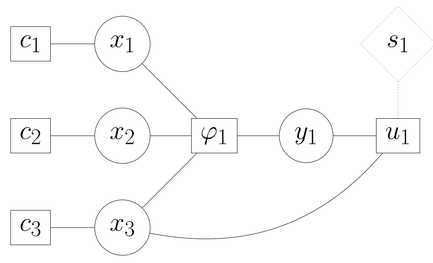
- Source: `https://github.com/Orange-OpenSource/pyDcop`
- Documentation: `https://pydcop.readthedocs.io`
- en python





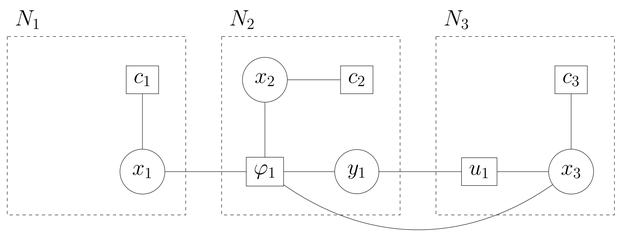
Distribution et résolution d'un DCOP

Représentation en graphe de calculs



- Graphe de facteurs
- Graphe de contraintes

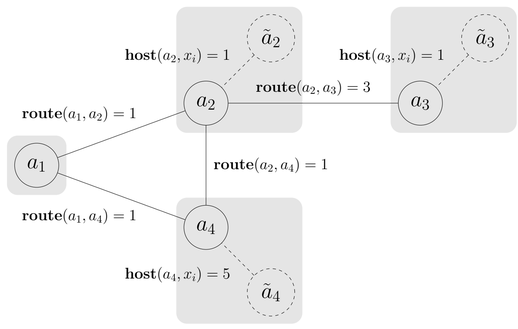
Distribution du graphe de calculs



Un problème de partitionnement de graphe

- Heuristiques: garder les calculs proches des variables impactées
- Programmation Linéaire : minimiser les coûts de communication, d'hébergement, en respectant les capacités matérielles des agents
- etc.

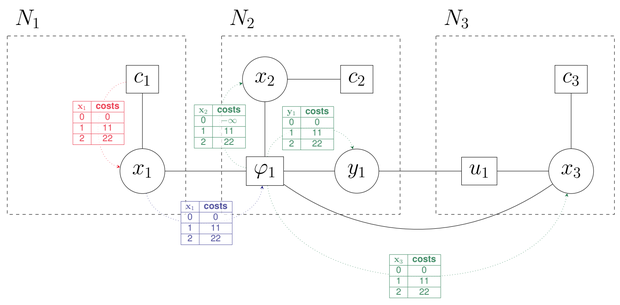
K-Résilience



Survivre à la disparition d'éléments de l'infrastructure

- Réplication des calculs
- Réparation en ligne du déploiement

Résolution



Avec des algorithmes DCOP asynchrones supportant la perte de messages.

- MaxSum, A-DSA pour le problème initial
- MGM2 pour la réparation du déploiement

Références

[1] P. Rust, G. Picard, and F. Ramparany. "Installing Resilience in Distributed Constraint Optimization Operated by Physical Multi-Agent Systems". In: *Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS)*. 2019.

[2] P. Rust, G. Picard, and F. Ramparany. "On the Deployment of Factor Graph Elements to Operate Max-Sum in Dynamic Ambient Environments". In: *Autonomous Agents and Multiagent Systems – AAMAS 2017 Workshops, Best Papers, Sao Paulo, Brazil, May 8-12, 2017, Revised Selected Papers*. Vol. 10642. LNAI. Springer, 2017, pp. 116–137.

[3] P. Rust, G. Picard, and F. Ramparany. "Using Message-passing DCOP Algorithms to Solve Energy-efficient Smart Environment Configuration Problems". In: *Proceedings of the Twenty-Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-16)*. AAAI Press, 2016, pp. 468–474.

Avril 2019 Colloque de l'Institut Mines Télécom Paris