
Approche hybride pour une mobilisation automatique de ressources hétérogènes distribuées. Application en eSanté.

Ebrahim Nageba *, Paul Rubel **, Jocelyne Fayn *

* Structure Fédérative de Recherche Santé Lyon Est, Université Lyon 1, INSERM US7, CNRS UMS3453

GHE Bât B13, 28 avenue Doyen Lépine, F-69677 Bron
{brahim.nageba, jocelyne.fayn}@insa-lyon.fr

** INSA-Lyon, Dépt. Informatique

Bât Blaise Pascal, 7 avenue Jean Capelle, F-69621 Villeurbanne
paul.rubel@insa-lyon.fr

RÉSUMÉ. Les systèmes d'information avancés utilisent de plus en plus des ressources variées de type services, sources de données, équipements, etc., spécifiques à un domaine donné. L'un des challenges actuels est d'automatiser la mobilisation de ressources hétérogènes et distribuées dans un environnement ubiquitaire, tout en tenant compte du changement permanent des conditions d'accès et d'utilisation des ressources requises par les différentes tâches utilisateurs. Dans cet article, nous proposons un modèle d'architecture hybride basée sur des modèles ontologiques et des composants orientés objet en vue de faciliter l'automatisation de ce processus de mobilisation de ressources. Nous fournissons aussi un exemple d'application dans le domaine de l'eSanté pour démontrer comment l'approche proposée peut rendre plus efficace le processus de mobilisation de ressources médicales en fonction du changement des conditions de mise en œuvre des ressources découvertes en cours d'utilisation, en termes de disponibilité, d'accessibilité et de capacité.

ABSTRACT. Advanced information systems increasingly use diverse domain-specific resources like services, data sources, devices, etc. One of the today's pervasive environment challenges is to automate the mobilization of heterogeneous and distributed resources, taking into account the continuously changing conditions of the resources required by the users' tasks. In this paper, we propose a hybrid architecture model based on ontological models and object oriented components to empower the resources mobilization automation. We also provide an application example from the eHealth domain to demonstrate how the proposed approach can support the access to the required medical resources according to the users' tasks specifications and to the discovered resources conditions in terms of availability, accessibility, and capability.

MOTS-CLÉS : Systèmes Pervasifs, Sensibilisation au Contexte, Modélisation des connaissances, Ontologie, Raisonnement à base de règles, eSanté.

KEYWORDS: Pervasive Systems, Context-awareness, Knowledge Modeling, Ontology, Rule-based Reasoning, eHealth.

1. Introduction

L'automatisation des tâches utilisateurs nécessite une mobilisation efficace des nombreuses ressources utilisées qui sont en général hétérogènes et distribuées et sont possédées ou gérées par des organisations différentes. Dans certains scénarios d'application, les conditions de ressources, en termes de disponibilité, accessibilité, et compétence, changent en permanence. Ce contexte dynamique de ressources constitue un obstacle majeur limitant la capacité des systèmes d'information à mobiliser les ressources nécessaires pour l'exécution d'un processus donné. Ce contexte devient extrêmement complexe à gérer lorsqu'un processus concerne un objet vital comme c'est le cas du domaine de l'eSanté où cet objet peut être le patient lui-même. Cela implique une nécessité absolue d'automatiser les processus de découverte, d'invocation et d'allocation de ressources requis pour effectuer les différentes tâches liées à la prise en charge de patients. Pour ouvrir la voie vers cet objectif d'automatisation des tâches utilisateurs, les systèmes d'information avancés devront intégrer des modèles de connaissances représentant les différents domaines d'utilisation, les acteurs des domaines, les tâches qu'ils effectuent, les ressources hétérogènes et distribuées requises par les tâches ainsi que les organisations disposant de ces ressources (Nageba, 2011a). En intégrant ces modèles, les systèmes d'information deviendront capables d'acquérir et d'organiser les connaissances sur les différentes entités (acteurs, tâches, ressources, objets, organisation, etc.) des domaines concernés. Ainsi, la problématique de l'automatisation de la mobilisation de ressources deviendra surmontable. Des outils pourront alors être développés afin d'automatiser l'attribution des ressources hétérogènes distribuées en fonction des conditions des objets traités par les tâches effectuées par les différents acteurs du domaine. Dans cet article, nous proposons un modèle d'architecture d'un mobilisateur intelligent de ressources basé sur des modèles ontologiques et des composants orientés objet. Ce mobilisateur a pour objectif d'attribuer, de façon efficace, les ressources hétérogènes découvertes dans un contexte dynamique de mise en œuvre d'applications basées sur le web et d'améliorer la qualité des informations fournies, quel que soit le type de scénario, simple ou complexe. Le modèle d'architecture que nous proposons est piloté par les tâches utilisateur et est basé sur des ontologies décrivant les différentes entités en environnement pervasif ainsi que les associations entre ces entités. Il comprend également une base de règles combinant un ensemble de formulations qui spécifient les relations entre chaque tâche et les ressources requises par cette tâche, et un moteur d'inférence pour effectuer un raisonnement à base de règles.

2. Positionnement par rapport à l'état de l'art

Par définition, un processus est composé d'un ensemble de tâches pouvant invoquer des services lors de leurs exécutions (White *et al.*, 2009). Une tâche peut

être définie comme un ensemble d'activités, par exemple la recherche de données, l'accès aux données, l'échange de messages, etc., organisées en étapes successives. Les systèmes basés sur le web exécutent de multiples tâches pour fournir à l'utilisateur des informations pertinentes à sa requête (Bardram, 2005) (Jiang *et al.*, 2008). Habituellement, les processus et les tâches sont hétérogènes et leurs descriptions diffèrent d'un domaine à l'autre. De plus, l'exécution des tâches exige de découvrir et de mobiliser diverses ressources (Naseer *et al.*, 2010). Le challenge de la découverte dynamique de ressources hétérogènes, distribuées, et en changement permanent, a été introduit par (Liu, 2005). Les systèmes de gestion de ressources effectuent un processus de découverte des ressources pour obtenir des informations sur les ressources disponibles.

La découverte des ressources est un processus critique pour une allocation efficace des ressources. Plusieurs approches ont été proposées pour obtenir une découverte des ressources plus efficace et plus fiable (Sharma *et al.*, 2008) (Murugan *et al.*, 2011). Concernant l'Architecture Orientée Services (SOA), une approche intéressante a été proposée par (Di Modica *et al.*, 2011) pour la découverte des services. Le modèle d'architecture proposé est basé sur une approche P2P et sur des technologies du Web sémantique. Dans cette approche, les pairs sont organisés en plusieurs groupes sémantiques où chaque groupe est spécialisé pour répondre aux requêtes concernant un domaine d'application spécifique. Une méthode pour l'optimisation de la décentralisation au niveau de la sélection des services affectés aux activités a été présenté par (Fdhila *et al.*, 2011). La méthode proposée prend en considération la charge de la communication entre les pairs proposant des services et la quantité de données que ces derniers vont échanger.

Peu d'efforts de recherche ont été faits pour aborder le problème de l'allocation automatisée des ressources et le support du processus décisionnel, en particulier en informatique médicale, sensible au contexte (Hsieh, 2007) (Anya *et al.*, 2010). Un Framework architectural orienté services et basé sur des ontologies ainsi que sur la technologie agent ont été proposés par (Sasa *et al.*, 2008) pour supporter l'exécution des tâches. En outre, un modèle ontologique qui couvre plusieurs domaines de santé a été présenté par (Dang *et al.*, 2008) pour représenter les connaissances nécessaires pour la personnalisation des scénarios concernant les soins des patients, les politiques d'assurance, et les prescriptions des médicaments.

Malheureusement, dans les systèmes d'information avancés, la question de la découverte et de la mobilisation des ressources en termes de disponibilité, accessibilité et compétence n'a pas été convenablement traitée par les travaux cités. Aucune méthodologie bien définie n'a été établie pour lier les spécifications des tâches avec les ressources. Dans notre modèle d'architecture proposé ce problème a été traité en profondeur pour fournir une solution plus générale qui met en relation, d'une part les caractéristiques, les spécificités et les diversités des tâches et, d'autre part, les ressources découvertes.

3. Processus de mobilisation des ressources

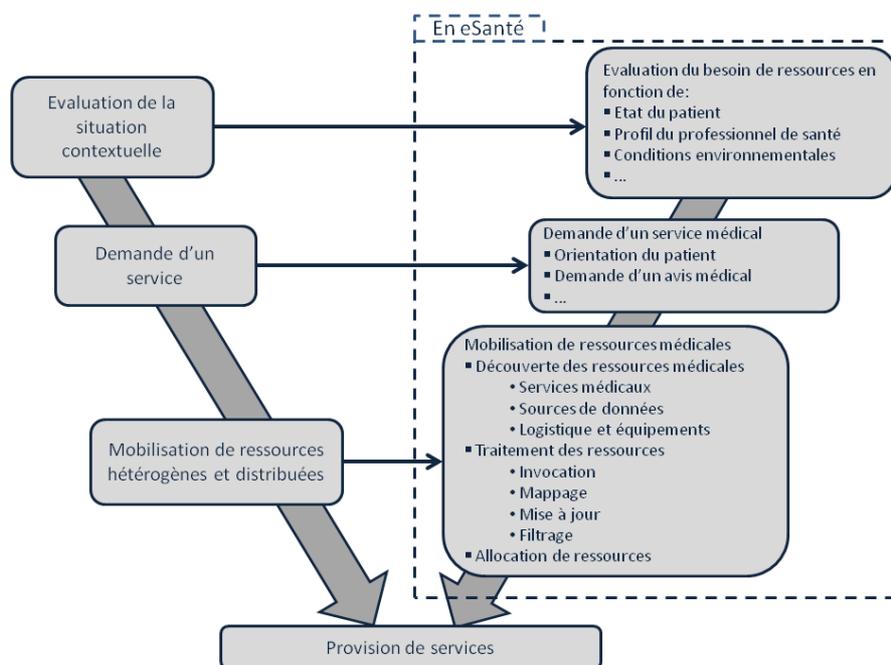


Figure 1. Vue globale de la mobilisation de ressources

Des informations exactes sur la disponibilité actuelle et la localisation de chaque ressource dans un domaine donné sont vitales pour le processus de mobilisation de ressources. Ce processus consiste en trois phases principales (Figure 1) : la première phase concerne la découverte de ressources ; la deuxième phase concerne le traitement des données relatives aux ressources en termes d'invocation, de mise à jour, de mappage, et de filtrage ; la dernière phase est liée à l'allocation de ressources. Dans cet article, nous nous focalisons sur les phases 2 et 3. Plus particulièrement, nous nous intéressons à l'allocation de ressources à la tâche utilisateur en fonction de l'état de l'objet traité par la tâche et des conditions de l'environnement dans lequel le scénario se déroule. Dans le domaine de l'eSanté, du fait de la sensibilité des données médicales, le challenge de la mobilisation de ressources est double. En effet, les informations contenues dans un système d'information médical devraient être traitées de sorte à respecter les contraintes de confidentialité des patients (Nageba *et al.*, 2011b). D'autres problématiques telles que la compatibilité, l'interopérabilité sémantique, la fiabilité, la compétence, et la disponibilité devront être également prises en compte dans le processus de mobilisation de ressources. Le contexte précité nous a incité à proposer un modèle d'architecture d'un mobilisateur de ressources qui permet d'allouer des ressources hétérogènes à chaque tâche utilisateur en fonction de l'état de l'objet traité par la

d'application et il permet de gérer les instances en termes d'insertion, modification, etc., en utilisant le moteur de requête SPARQL qui permet d'interroger les instances décrites en format RDF et stockées dans les ontologies. Pour attribuer les ressources à une tâche, le gestionnaire de tâches appelle le moteur d'inférence qui à son tour effectue le raisonnement à base de règles pour déduire les ressources requises par la tâche en exécution. Les instances de ressources inférées peuvent être obtenues par des requêtes SPARQL. Pour décrire les règles, nous avons utilisé le langage SWRL (Semantic Web Rule Language). La table 1 présente un exemple de règle abstraite SWRL d'allocation de ressources, ainsi qu'un exemple de règle en eSanté. La règle abstraite peut être interprétée comme suit : *Lorsqu'une tâche ?T concerne un objet ?O ayant un état ?E et lorsqu'il existe dans la base de connaissances des ressources de type ?R1, ?R2, et ?R3, alors la conséquence de cette règle c'est que la tâche ?T exige les ressources ?R1, ?R2, et ?R3.*

Table 1. Exemple de règles SWRL mettant en relation une tâche et des ressources

Règle	Description
Exemple de règle abstraite	<i>T</i> âche(?T) \wedge <i>O</i> bjet(?O) \wedge <i>E</i> tat(?E) \wedge <i>aUnEtat</i> (?O, ?E) \wedge <i>R</i> essource(?R1) \wedge <i>R</i> essource(?R2) \wedge <i>R</i> essource(?R3) <i>concerne</i> (?T, ?O) \rightarrow <i>exige</i> (?T, ?R1) \wedge <i>exige</i> (?T, ?R2) \wedge <i>exige</i> (?T, ?R3)
Exemple de règle en eSanté	<i>T</i> âche_Téléme \acute decine(?Tele-Task) \wedge <i>P</i> atient(?P) \wedge <i>D</i> ouleur_Poitrine(?DP) \wedge <i>aUnEtat</i> (?P, ?DP) \wedge <i>T</i> âche_Concerne_Patient(?Tele-Task, ?P) \wedge <i>Unité_Soin_Intensif</i> (?USI) \rightarrow <i>Requ</i> érir(?Tele-Task, ?USI)

Le moteur d'inférence exécute le raisonnement sur l'ensemble des connaissances représenté par les ontologies OWL en appliquant les règles décrites en SWRL. Les résultats de ces raisonnements sont des instances inférées représentant les ressources requises pour l'exécution d'une tâche. Ces instances de ressources peuvent être des services à invoquer, des sources de données à interroger, des équipements à utiliser, des acteurs humains, etc.

La figure 3 montre le processus d'allocation de ressources à une tâche donnée. Les différentes phases du processus d'allocation décrivent les instructions à exécuter pour fournir à l'utilisateur les multiples solutions qui correspondent à sa requête et à ses besoins. Durant la phase de raisonnement, le moteur d'inférence applique les règles qui mettent en relation la tâche en question et les ressources qu'elle exige en fonction de l'état de l'objet traité par la tâche (par exemple le patient) pour déduire de nouvelles connaissances liées à la tâche en cours d'exécution. Plus précisément, le moteur d'inférence infère les connaissances relatives aux ressources requises par la tâche d'orientation du patient. Les ressources matérielles et logistiques requises peuvent être, à titre d'exemple, la disponibilité d'un lit dans une unité de soins intensifs, ou un équipement spécialisé de pointe nécessaire pour effectuer des traitements spécifiques au patient. Dans le monde réel, les ressources sont gérées par différentes organisations. De plus, le contexte de ces ressources change en permanence. Pour cette raison les données décrivant les ressources inférées par le moteur d'inférence devront être mises à jour pour que le mobilisateur de ressources

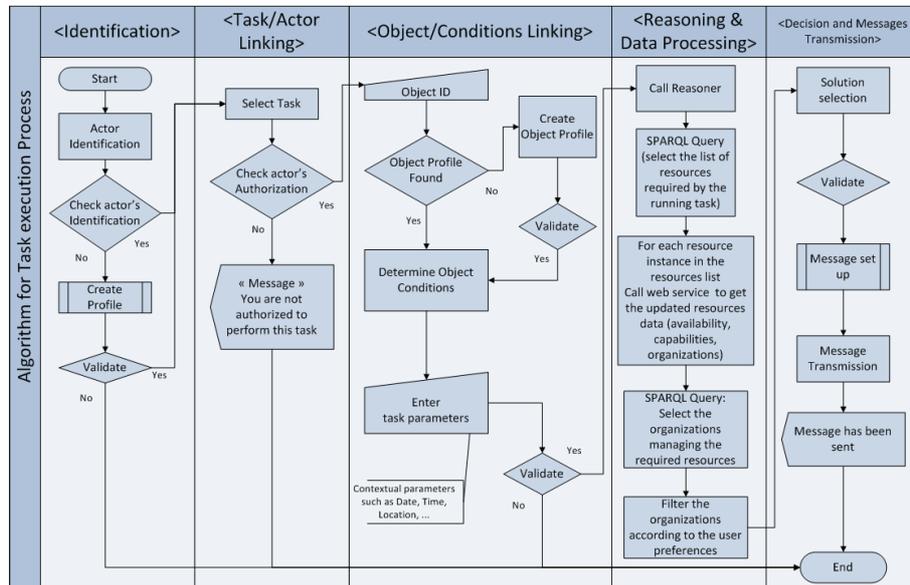


Figure 3. *Le processus d'allocation de ressources*

puisse allouer à la tâche seulement les ressources disponibles. Le rôle du composant de mise à jour consistera alors à invoquer et exécuter les services web de mise à jour fournis par les organisations (hôpitaux, cliniques, centres médicaux, etc.) qui possèdent ou gèrent les ressources. En eSanté, chaque institution aura ses propres ontologies de ressources décrivant les ressources hétérogènes dont elle dispose, que ce soit des ressources matérielles, humaines ou des ressources de communication. Ces ontologies pourront être importées, mappées et stockées dans la base de connaissances de notre mobilisateur. Les services de mise à jour des données des ressources devront être fournis par les institutions de santé. Les services invoqués par notre mobilisateur seront mappés et stockés comme des instances dans l'ontologie de ressources de la base de connaissances de notre mobilisateur pour une future utilisation.

Une fois que les données des ressources sont mises à jour, un processus de filtrage des données des ressources est effectué par le composant Filtre de ressources afin d'obtenir les ressources qui correspondent aux besoins de l'utilisateur. Le processus du filtrage de données sera réalisé en intégrant une ou plusieurs contraintes dans la requête SPARQL en utilisant le mot clé « FILTER ». Dans l'ontologie des ressources, nous avons défini plusieurs « dataTypeProperty » tels que « id, étiquette, description, domaine d'utilisation, quantité, disponibilité, ... ». Les données des ressources pourront être filtrées en fonction de ces « dataTypeProperties » ainsi qu'en fonction de la localisation géographique de l'organisation qui possède les ressources recherchées.

5. Conclusion

Nous proposons une solution de mobilisation intelligente de ressources hétérogènes et distribuées optimisant le processus d'allocation dynamique de ces ressources aux tâches utilisateur en fonction des changements de contexte et de spécifications requises par les tâches en environnement pervasif. Le modèle d'architecture correspondant a été implémenté, sous l'environnement Protégé, dans le domaine de l'eSanté pour résoudre un problème sociétal majeur : le transfert ou l'orientation des patients victimes d'un incident de santé.

Remerciements : Ce travail a eu le support du projet ANR-09-SEGI-008.

6. Bibliographie

- Anya, O. et al., "Context-aware knowledge modelling for decision support in e-health", *In The 2010 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 2010, p.1-7.
- Bardram, E., "Activity-based computing: support for mobility and collaboration in ubiquitous computing", *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 9, n° 5, 2005, p. 312-322.
- Dang, J. et al., "An ontological knowledge framework for adaptive medical workflow", *Journal of Biomedical Informatics* Vol. 41, n° 5, 2008, p. 829-836.
- Di Modica, G., Tomarchio, O. & Vita, L., "Resource and service discovery in SOAs: A P2P oriented semantic approach", *Int. J. Appl. Math. Comput. Sci.* Vol. 21, n° 2, 2011, p. 285-294.
- Fdhila, W., Godart, C. & Dumas, M., "Décentralisation Optimisée de Services Web Composés", *INFORSID 2011 29ème Edition*, p. 1-18
- Hsieh, F.S., "Context-aware Workflow Driven Resource Allocation for e-Healthcare", *In the 9th International Conference on e-Health Networking, Application and Services*, 2007, p. 34-39.
- Jiang, F., Li, J. & Zhu, Z., "A User-centric Task Computing Architecture for Pervasive Computing", *In Third International Conference on Pervasive Computing and Applications, IEEE Computer Society*, 2008, p. 491-469.
- Liu, J., "World Wide Wisdom Web (W4) and Autonomy Oriented Computing (AOC): What, When, and How?", *Lecture Notes in Computer Science, Pattern Recognition and Machine Intelligence*, Vol. 3776/2005, 2005, p. 157-159.
- Murugan, B.S. & Lopez, D., "A Survey of Resource Discovery Approaches in Distributed Computing Environment", *International Journal of Computer Applications*, 2011, Vol. 22, n° 9, p. 44-46.
- Nageba, E., "Personalizable Architecture Model for Optimizing the Access to Pervasive Resources and Services. Application in Telemedicine", *PhD Thesis, 2011-ISAL-0128*, INSA-Lyon, 2011a.
- Nageba, E. et al., "Data Privacy Preservation in Telemedicine: The PAIRSE Project", *Studies in Health Technology and Informatics*, Vol. 169, 2011b, p. 661-665.
- Naseer, A. & Stergioulas, L.K., "Web-Services-Based Resource Discovery Model and Service Deployment on HealthGrids", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 14, n° 3, 2010, p. 838-845.
- Sasa, A., Juric, M.B. & Krisper, M., "Service-Oriented Framework for Human Task Support and Automation", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 4, n° 4, 2008, p. 292-302.
- Sharma, A. & Bawa, S., "Comparative Analysis of Resource Discovery Approaches in Grid Computing", *Journal of Computers*, Vol. 3, n° 5, 2008, p. 60-64.
- White, S. & Miers, D., "BPMN Information Home", <http://www.bpmn.org/>, 2009.