

# Modèle de supervision d'interactions non-intrusif basé sur les ontologies

Willy Allègre\*, Thomas Burger\*, Pascal Berruet\*, Jean-Yves Antoine\* \*\*

\*Université de Bretagne-Sud, Lab-STICC  
Centre de recherche - BP 92116 56321 Lorient Cedex, France  
contact : willy.allegre@univ-ubs.fr

\*\*Université François-Rabelais de Tours, Laboratoire d'Informatique  
3, place Jean-Jaurès - F-41000 Blois Cedex, France

**Résumé.** L'automatisation et la supervision des systèmes pervasifs est à l'heure actuelle principalement basée sur l'utilisation massive de capteurs distribués dans l'environnement. Dans cet article, nous proposons un modèle de supervision d'interactions basé sur l'analyse sémantique des logs domotiques (commandes émises par l'utilisateur), visant à limiter l'utilisation de ces capteurs : le principe est d'utiliser des outils d'inférences avancés, afin de déduire les informations habituellement captées. Pour cela, une ontologie, automatiquement dérivée d'un processus dirigé par les modèles, définit les interactions utilisateur-système. L'utilisation d'un système de règles permet ensuite d'inférer des informations sur la localisation et l'intention de l'utilisateur, dans le but de réaliser du monitoring et de proposer des services domotiques adaptés.

## 1 Introduction

La course à la miniaturisation des équipements électroniques et à leur diffusion dans le milieu ambiant fait que la domotique ne se cantonne plus au simple contrôle d'équipements domestiques. Ce domaine d'application évolue de plus en plus vers les *systèmes pervasifs* (Weiser, 1993). Dans ce contexte, savoir *qui fait quoi* et *où* est essentiel pour adapter le système aux besoins de l'utilisateur, spécialement dans le domaine de l'assistance à la personne.

L'utilisation de capteurs distribués dans l'environnement est actuellement la solution la plus répandue pour recueillir ces informations contextuelles. On peut distinguer principalement deux méthodes qui peuvent être couplées (Yu et al., 2006; Nourizadeh et al., 2009) : l'utilisation de caméras qui présente une solution intrusive et le déploiement massif de capteurs dans l'environnement qui représente un investissement financier important.

Les travaux issus de (Truong et al., 2009) ont pu mettre en avant l'intérêt d'analyser les logs domotiques enregistrés à l'exécution pour limiter l'utilisation de ces capteurs. Ils proposent un modèle de supervision qui repose sur la caractérisation de services sur une base statistique : les services étant interprétés comme des motifs d'activités récurrentes dans le temps.

Pour répondre à la problématique d'extraction de connaissances à partir de logs domotiques, cet article présente un modèle de supervision d'interactions basé sur une ontologie.

L'utilisation de ce modèle de représentation logique pour l'analyse sémantique des logs est discutée dans la section 2. L'ontologie définie pour modéliser les interactions utilisateur-système ainsi que les règles d'inférences associées sont ensuite détaillées dans la section 3. Un cas d'étude (section 4) présente finalement une application possible de ces travaux.

## 2 Analyse sémantique des logs domotiques

Le modèle de (Truong et al., 2009) repose sur le postulat d'existence d'activités très régulières, ce qui n'est pas toujours vérifié en pratique. Par exemple, l'utilisateur a besoin d'allumer ou d'éteindre les lumières dans les pièces qu'il traverse la nuit. Ces interactions peuvent être réalisées ponctuellement à n'importe quelle heure de la nuit, à n'importe quelle journée de la semaine, etc. À l'inverse d'une étude statistique, seule une analyse logique des logs permet d'inférer l'intention de l'utilisateur à un instant  $t$  et de lui proposer ce genre de services.

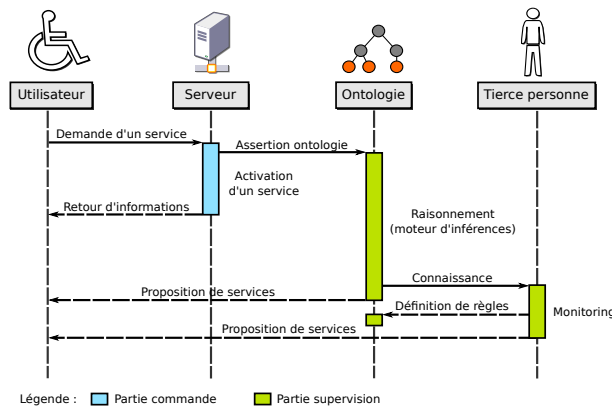


FIG. 1 – Intégration d'ontologies pour la supervision d'interactions non-intrusives.

Pour modéliser et interpréter la sémantique associée aux logs domotiques, nous proposons d'utiliser une ontologie (Gruber et al., 1995), dont l'intégration pour la supervision d'interactions domotiques est illustrée dans la figure 1. Lorsque l'utilisateur sollicite un service, la commande émise est traitée par un serveur, puis le résultat d'exécution est retourné à l'utilisateur. La requête de l'utilisateur est également traduite en assertion dans l'ontologie chargée de représenter et partager les informations de contexte issues de différentes plateformes domotiques. Un moteur d'inférences interprète ensuite cette assertion pour enrichir la base de connaissances i) d'une ou plusieurs informations de monitoring et ii) d'une proposition de services basée sur les informations précédemment inférées.

Dans nos travaux, l'ontologie n'est pas développée de manière ad hoc, mais est dérivée d'éléments issus de modèles métier dédiés à la conception de systèmes domotiques d'assistance. À partir d'un flot de conception dirigé par les modèles permettant de générer le code de commande de ces systèmes (Allègre et al., 2011), un modèle de supervision d'interactions basé sur une ontologie est généré. Si cette partie dépasse le cadre de cet article, la section suivante détaille en revanche l'ontologie retenue, dont les individus sont automatiquement générés.

### 3 Supervision d'interactions non-intrusive

#### 3.1 Présentation générale

La modélisation des interactions utilisateur-système sans utiliser de capteurs physiques a pour but de réaliser du monitoring d'activités non-intrusif, et d'aboutir à la proposition de services. Pour cela, quelques hypothèses doivent être préalablement formulées :

1. L'utilisateur est **seul** dans son habitat : les informations de contexte sont inférées pour déterminer cette situation, et activer l'application en conséquence
2. L'utilisateur fait une **utilisation logique** de son système domotique : l'ontologie, basée sur les logiques de description, a été définie en considérant ce fait

L'ontologie développée comprend 6 concepts fondamentaux qui se déclinent par la suite. Un utilisateur (*User*) peut utiliser un système domotique (*System*), faisant intervenir à la fois des équipements (*Device*) et des services élémentaires (*BasicService*). Ces derniers concepts peuvent être classés en deux types d'activation : locale ou à distance. À partir d'une description du contexte utilisant ces informations, il est possible d'inférer l'emplacement (*Location*) dans lequel se trouve l'utilisateur, et son intention associée à la propriété d'effet (*Effect*).

#### 3.2 Localisation de l'utilisateur

La localisation est une information de contexte importante à partir de laquelle des activités peuvent être inférées. La figure 2 montre une partie de la terminologie (*TBox*) avec les concepts et les liens sémantiques associés pour la localisation de l'utilisateur. Les ressources d'activation locale **LocalDevice** et les ressources d'activation à distance **RemoteDevice** (concepts mutuellement exclusifs et inverses) sont définies pour représenter respectivement i) les ressources qui sont activées lorsque l'utilisateur se trouve dans la même pièce et ii) les ressources qui sont activées à distance (e.g. à partir d'une pièce voisine). Le concept porte (**Door**) est défini avec deux liens **isBetween** vers exactement deux concepts **Room**. À partir de cette représentation logique, des règles sont exprimées dans le but d'inférer des propriétés comme **isLocatedIn**, **isEntering**, et **isLeaving** suivant l'activation de services élémentaires. Considérons par exemple la propriété 1 du tableau 1 : un utilisateur  $?u$  qui utilise une ressource d'activation locale  $?d$  se trouvant dans une pièce  $?r$ , se trouve lui-même dans cette pièce.

#### 3.3 Proposition de services

À partir des informations présentées dans la section précédente, il est possible d'aboutir à la proposition de services : nous introduisons pour cela la propriété d'effets. Lorsque l'utilisateur demande l'activation d'un service, il le fait dans le but d'obtenir un certain effet sur son environnement. Ainsi, tous les services élémentaires (**BasicService**) ont une propriété d'effet principal (**Luminosity**, **Darkness**, **Heat**, **Quietness**, etc.) qui leur est associée à travers la relation **hasEffect** (cf figure 2). L'intention de l'utilisateur peut ainsi être inférée à partir de cette propriété. Considérons par exemple la propriété 5 du tableau 1 : un utilisateur  $?u$  qui demande l'activation d'un service élémentaire  $?b$ , veut en réalité l'effet  $?e$  associé à ce service.

En couplant l'intention de l'utilisateur avec les informations de localisation (cf section 3.2), il est possible de proposer des services. Par exemple, un utilisateur qui veut de la lumière (e.g. **wants(User1, Luminosity)**), qui entre ensuite dans une pièce se verra proposer

Modèle de supervision d'interactions non-intrusif basé sur les ontologies

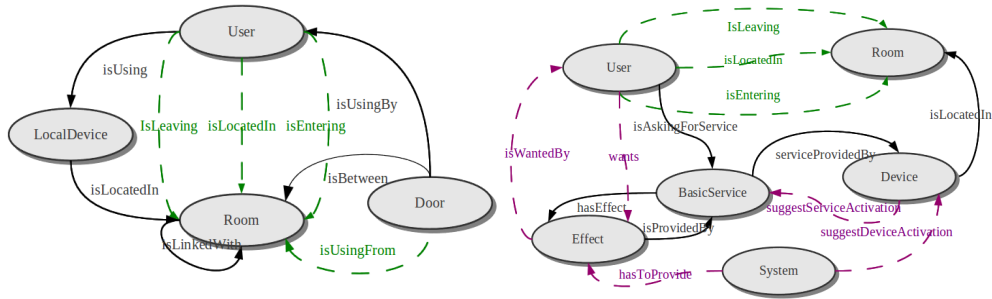


FIG. 2 – *Ontologie (extraits) : localisation (gauche) et proposition de services (droite) (noir : liens modélisés / vert : liens inférés itération n / magenta : liens inférés itération n+1).*

N°	Nom	Expression SWRL ( <i>Semantic Web Rule Language</i> )
1	isLocatedIn	LocalDevice(?d), Room(?r), User(?u), isLocatedIn(?d, ?r), isUsing(?u, ?d) → isLocatedIn(?u, ?r)
2	isUsingFrom	Door(?d), Room(?r), User(?u), isLocatedIn(?u, ?r), isUsingBy(?d, ?u) → isUsingFrom(?d, ?r)
3	isLeaving	Door(?d), Room(?r), User(?u), isUsing(?u, ?d), isUsingFrom(?d, ?r) → isLeaving(?u, ?r)
4	isEntering	Door(?d), Room(?r1), Room(?r2), User(?u), isBetween(?d, ?r1), isBetween(?d, ?r2), isLeaving(?u, ?r1), isLinkedWith(?r1, ?r2) → isEntering(?u, ?r2)
5	wants	BasicService(?s), Effect(?e), User(?u), hasEffect(?s, ?e), isAskingForService(?u, ?s) → wants(?u, ?e)
6	isUsingFrom	Door(?d), Room(?r), User(?u), isLocatedIn(?u, ?r), isUsingBy(?d, ?u) → isUsingFrom(?d, ?r)
7	isWantedIn	Effect(?e), Room(?r), User(?u), isEntering(?u, ?r), isWantedBy(?e, ?u) → isWantedIn(?e, ?r)
8	suggestDevice	BasicService(?b), Device(?d), Effect(?e), Room(?r), System(?s), hasToProvide(?s, ?e), isLocatedIn(?d, ?r), isProvidedBy(?e, ?b), isWantedIn(?e, ?r), serviceProvidedBy(?b, ?d) → suggestDeviceActivation(?s, ?d)
9	suggestService	BasicService(?b), Device(?d), Effect(?e), Room(?r), System(?s), hasToProvide(?s, ?e), isLocatedIn(?d, ?r), isProvidedBy(?e, ?b), isWantedIn(?e, ?r), serviceProvidedBy(?b, ?d) → suggestServiceActivation(?d, ?b)

TAB. 1 – *Règles SWRL pour la localisation (1,2,3,4) et la proposition de services (5,6,7,8,9)*

des services permettant d'augmenter la luminosité de la pièce où il entre (à travers l'utilisation des propriétés **suggestDevice** et **SuggestService** qui s'appliquent respectivement aux concepts *System* et *Device* (cf tableau 1)).

Le cas d'étude de la section suivante présente une instantiation possible de cette ontologie dont les individus sont automatiquement générés par transformations de modèles.

## 4 Cas d'étude

Afin de valider notre approche, nous avons modélisé une application de suivi de personnes qui se base sur les services d'aide à la personne installés dans les appartements témoins du centre de rééducation de Kerpape<sup>1</sup>. Notre objectif était d'étudier la proposition dynamique de services à l'aide de notre modèle sur un cas d'étude proche de la réalité.

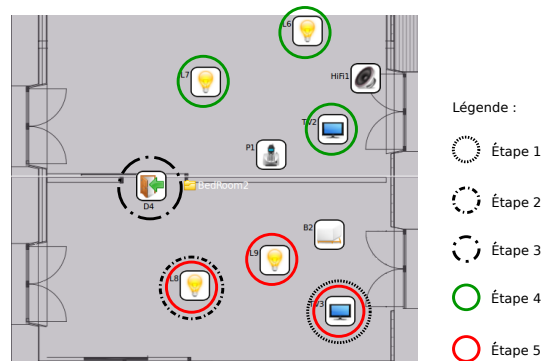


FIG. 3 – Scénario de vie dans les appartements témoins du centre de Kerpape.

**1. L'utilisateur (User1) regarde la TV** (chaîne 1) de sa chambre, après en avoir demandé l'activation "[Log] : TV3.Ch1". Ce log est traduit par les assertions suivantes<sup>2</sup> : "[Assertion 1] : User1 isAskingForService Ch1" et "[Assertion 2] : User1 isUsing TV3".

Sachant que TV3 est une ressource d'activation locale localisée dans la pièce *BedRoom2*, que cette ressource a comme service *Ch1* ayant comme effet *WatchCh1*, les règles 1 et 5 du tableau 1 peuvent s'appliquer. L'exécution du moteur d'inférences permet d'aboutir aux inférences suivantes : [Inf. 1] : User1 isLocatedIn *BedRoom2* et [Inf. 2] : User1 wants *WatchCh1*.

**2. L'utilisateur veut à présent se rendre dans le salon : il allume tout d'abord la lumière** de sa chambre : "[Log] : L8.SwitchON". De la même manière, sachant qu'une lampe est considérée comme une ressource d'activation locale, les inférences suivantes sont réalisées : [Inf. 3] : User1 isLocatedIn *BedRoom2* et [Inf. 4] : User1 wants *Luminosity*.

**3. Pour entrer dans le salon, il commande l'ouverture de la porte D4** : "[Log] : D4.Open". Une porte est définie comme étant liée à exactement deux pièces par la propriété *isBetween*. Les règles 3 et 4 du tableau 1 peuvent être appliquées : [Inf. 5] : User1 isEntering *LivingRoom2* et [Inf. 6] : User1 isLeaving *BedRoom2*.

**4. Le système propose d'allumer les lumières et la TV du salon**, d'après les intentions et la localisation de l'utilisateur inférées précédemment. Ces inférences sont rendues possibles grâce aux règles 8 et 9 du tableau 1.

**5. Le système propose également d'éteindre la lumière et la TV de la chambre**, en se basant sur la propriété inverse des effets (e.g. *Luminosity isInverseOf Darkness*).

1. Centre Mutualiste de Rééducation et de Réadaptation Fonctionnelle de Kerpape : [www.kerpape.mutualite56.fr](http://www.kerpape.mutualite56.fr)

2. Chaque log domotique est décomposé de la même manière avec les propriétés *isAskingForService* et *isUsing*

## 5 Conclusion

Cet article présente un modèle de supervision d'interactions non-intrusif basé sur une ontologie pour les systèmes domotiques d'assistance. La supervision de tels systèmes se base non pas sur l'utilisation de capteurs, mais sur l'analyse sémantique des logs enregistrés à chaque demande de services de l'utilisateur. L'ontologie, couplée à un système de règles, permet à un moteur d'inférences d'extraire des informations habituellement captées. Un cas d'étude permet enfin d'illustrer le suivi de personnes et la proposition dynamique de services.

L'approche proposée dans cet article n'a volontairement recours à l'utilisation d'aucun capteurs physiques. Un mécanisme d'inférences logiques permet par exemple de déduire la localisation de l'utilisateur, se substituant ainsi à l'utilisation de capteurs de présence. Cependant, pour aboutir à un système de monitoring complet, cette approche doit logiquement être combinée avec l'utilisation de capteurs dont les informations ne peuvent être inférées à partir de logs domotiques. Les informations véhiculées par des capteurs bio-médicaux (e.g. pression, tension, chute, etc.) ou encore des informations précises de mesure (e.g. température, luminosité, etc.) peuvent également être traduites en assertions dans le modèle de supervision. Néanmoins, cette approche permet de limiter l'utilisation de capteurs, et de ce fait, permet d'offrir une solution moins intrusive et moins chère, susceptible d'être mieux acceptée.

## Références

- Allègre, W., P. Berruet, et T. Burger (2011). Model driven flow for assistive home automation system design. In *Proceedings of the 18th IFAC World Congress*.
- Gruber, T. et al. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal of Human Computer Studies* 43(5), 907–928.
- Nourizadeh, S., C. Deroussent, Y. Song, et J. Thomesse (2009). Medical and home automation sensor networks for senior citizens telehomecare.
- Truong, T., F. de Lamotte, J. Diguët, et al. (2009). Proactive remote healthcare based on multimedia and home automation services. In *Proceedings of the 5th IEEE CASE*.
- Weiser, M. (1993). Some computer science issues in ubiquitous computing. *Communications of the ACM* 36, 75–84.
- Yu, C., C. Wu, C. Lu, et L. Fu (2006). Human localization via multi-cameras and floor sensors in smart home. In *Proceedings of IEEE SMC'06*, Volume 5, pp. 3822–3827. IEEE.

## Summary

Automation and supervision of pervasive systems is mainly based on a widespread use of sensors in current solutions. In this paper, we propose an interaction supervision model based on the semantic analysis of home automation logs. Our goal is to replace as many sensors as possible by using advanced tools to infer information usually sensed. First, an ontology, automatically derived by a model-driven process, defines interactions between user and system. Then, the use of rules allows to infer information about location and user's intention, in order to monitor activities and to propose adapted home automation services.