



HAL
open science

Algorithme de Caractérisation des Services IoT: Évaluation des Performances

Nesrine Ammar, Michel Le Pallec, Ludovic Noirie

► **To cite this version:**

Nesrine Ammar, Michel Le Pallec, Ludovic Noirie. Algorithme de Caractérisation des Services IoT: Évaluation des Performances. ALGOTEL 2017 - 19èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications, May 2017, Quiberon, France. hal-01515597

HAL Id: hal-01515597

<https://hal.science/hal-01515597v1>

Submitted on 27 Apr 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Algorithme de Caractérisation des Services IoT: Évaluation des Performances

Nesrine Ammar¹, Michel le Pallec¹ et Ludovic Noirie¹ †

¹Nokia Bell Labs, Nokia Paris Saclay, route de Villejust, 91620 Nozay, France

Avec l'explosion en nombre et en variété des objets connectés, il est devenu primordial de définir un système de recommandation de services IoT aux usagers afin qu'ils utilisent mieux les objets connectés qui sont à leur disposition. Dans ce contexte, il est fondamental de pouvoir caractériser les services IoT déployés afin de construire de façon autonome et déterministe un catalogue de service IoT. Nous avons proposé précédemment un algorithme de caractérisation basé sur les interfaces physiques des objets connectés ainsi que leurs espaces physiques. Dans cet article, nous en évaluons les performances. Dans ce but, nous avons développé un outil de génération de données pour les services IoT que l'on a utilisé ensuite pour l'évaluation. Les résultats montrent que l'algorithme offre un excellent compromis entre complexité et performance : sur l'ensemble des types de services que nous avons caractérisés avec cet algorithme, 92% d'entre eux ont chacun une signature unique après regroupement et 92% des signatures obtenues correspondent chacune à un seul type de service. Toutefois, ces résultats nous montrent que des caractéristiques supplémentaires sur le contexte d'utilisation pourront être utiles pour essayer d'atteindre les 100%.

Mots-clés : Internet des objets (IoT), classification, caractérisation, identification de motif, évaluation.

1 Introduction

L'internet des objets (*Internet Of Things*, IoT) est un paradigme qui repose sur l'interconnexion d'objets connectés déployés dans différents espaces physiques. Ces objets communiquent entre eux tout en interagissant avec le monde extérieur afin d'offrir des services IoT aux usagers tels que le contrôle médical, le contrôle et la surveillance des maisons, le contrôle de la température, etc. Dans cet article nous considérons un service IoT comme un ensemble d'objets connectés déployés dans un ou plusieurs espaces qui interagissent avec le monde physique à travers leurs interfaces physiques et entre eux à travers leurs interfaces réseaux. Ces objets connectés sont de plus en plus nombreux et diversifiés et de nombreux nouveaux services IoT sont introduits [Wel16]. Dès lors, l'utilisateur n'a pas conscience de l'ensemble des objets connectés autour de lui ni de tous les services IoT possibles dont il pourrait profiter. Il est donc primordial de définir un système de recommandation proposant à l'utilisateur des services IoT personnalisés et l'aidant à choisir les objets connectés convenables pour la composition de ces services, en fonction de ceux dont il peut disposer.

Les systèmes de recommandation de services ont été largement utilisés dans de nombreux domaines. Ils se basent sur différentes techniques telles que le filtrage basé sur le contenu, le filtrage collaboratif et le filtrage hybride [BOHG13]. Le filtrage sur le contenu propose un service similaire aux services que l'utilisateur a consommés dans le passé. Celui-ci convient difficilement pour la proposition de nouveaux services. Les méthodes de filtrage collaboratif consistent à recommander des services à un utilisateur sur la base de ceux d'autres utilisateurs ayant un comportement similaire. Celles-ci sont lentes lorsque la taille des données devient importante. Le filtrage hybride combine les deux approches précédentes. Une nouvelle approche de recommandation de services IoT, basée sur une modélisation avec un graphe triparti liant objets, utilisateurs et services, est proposée dans [MCA15]. Inspirée de l'approche *FolkRank*, cette méthode permet de donner un rang aux services pour les recommander à l'utilisateur. Néanmoins, elle ne permet pas de résoudre le problème d'ambiguïté pour les services différents utilisant les mêmes types d'objets connectés.

† Ce travail a été partiellement réalisé dans le cadre du LINCS (*Laboratory of Information, Networking and Communication Science*, <http://www.lincs.fr/>).

Dans nos travaux précédents [LPMN16, NLPA17], nous avons proposé un système de recommandation constitué de deux briques de base algorithmiques, reposant sur des méthodes très différentes. La première brique concerne un algorithme de caractérisation des services IoT basé sur les interfaces physiques utilisées sur les objets. Il a pour but d'identifier chaque classe de service IoT en attribuant à chaque instance de service une signature caractérisant sa classe, afin d'automatiser la construction d'un catalogue de services. La deuxième brique de notre système est un algorithme de reconnaissance de motif. Il satisfait chaque requête d'un usager cherchant à savoir quels services pourraient utiliser un ensemble donné d'objets à sa disposition, en trouvant le bon appariement entre la requête et les classes de service du catalogue déjà constitué. Le résultat permet de compléter la composition des services recommandés selon les objets proposés.

L'algorithme de caractérisation des services IoT est essentiel pour notre système de recommandation. N'ayant été évalué que qualitativement, nous nous intéressons dans cet article à son évaluation quantitative. Après avoir rappelé le fonctionnement de l'algorithme, nous décrivons l'outil de génération de services IoT que nous avons développé pour construire un jeu de données pour l'évaluation. Ensuite, nous évaluons l'algorithme sur ce jeu de données, avant de conclure et présenter des pistes pour les travaux futurs.

2 Algorithme de caractérisation des services IoT

Définitions. Pour décrire notre algorithme de caractérisation et de classification des services IoT, certains termes doivent être précisément définis. Une *classe de service* décrit un type de service unique tel que la vidéosurveillance, le contrôle du rythme cardiaque, le contrôle de la température. Une *instance de service* est un exemple de déploiement de service. Plusieurs instances peuvent appartenir à la même classe. Pour chaque instance de service, une *signature* est générée par l'algorithme de caractérisation pour permettre d'identifier la classe de service. Enfin, le *catalogue de services* contient la description de l'ensemble des classes de services obtenues avec l'algorithme de caractérisation. Il est enrichi à chaque fois qu'un usager compose une nouvelle instance de service et contient donc aussi la description des instances.

Algorithme de caractérisation et de classification. Décrit dans [LPMN16], cet algorithme permet d'identifier les classes de services IoT afin de constituer automatiquement le catalogue de services, le but étant d'attribuer une signature unique par classe. Ses étapes sont :

1. La focalisation sur les interfaces physiques impliquées dans le service et les espaces [‡] les incluant, ce qui constitue le point essentiel de notre algorithme ;
2. L'attribution d'un *profil* à chaque espace, défini par l'ensemble des types d'interface présents ;
3. Le calcul du nombre d'espaces ayant le même profil et réduction du décompte à "plusieurs" (noté n) lorsque ce nombre est supérieur ou égal à deux ;
4. L'établissement de la *signature* qui est définie par la liste des profils présents dans le service et de celle des nombres d'espaces associés à chacun d'eux.

Prenons comme exemple une instance de service de visioconférence entre trois utilisateurs dans trois espaces différents. Chaque espace a le profil suivant, correspondant à l'ensemble des interfaces physique impliqué dans chaque espace (étapes 1 et 2) : {microphone, haut parleur, caméra, écran, contrôle}. Le profil est compté 3 fois donnant la signature $n \times \{\text{microphone, haut parleur, caméra, écran, contrôle}\}$ correspondant à la classe de service "visioconférence" (étapes 3 et 4). Si nous avons choisi un service de vidéosurveillance, la signature aurait été $1 \times \{\text{écran, haut-parleur, contrôle}\} + n \times \{\text{caméra, microphone}\}$.

3 Générateur de services IoT

Afin d'évaluer quantitativement l'algorithme de caractérisation, nous avons développé un outil de génération d'instances de services IoT que nous présentons dans cette section, en décrivant les entrées, les sorties et le principe de fonctionnement du générateur.

Entrées du générateur. Le générateur prend en entrée des listes d'objets connectés, de modèles de services et d'espaces. Nous avons collecté une liste de 80 objets avec leurs caractéristiques telles que les

[‡]. La notion d'espace est générique : cela peut être de manière classique une pièce d'un bâtiment, mais cela peut être aussi un être humain pour les objets portés par l'être humain tels qu'une montre ou un capteur médical.

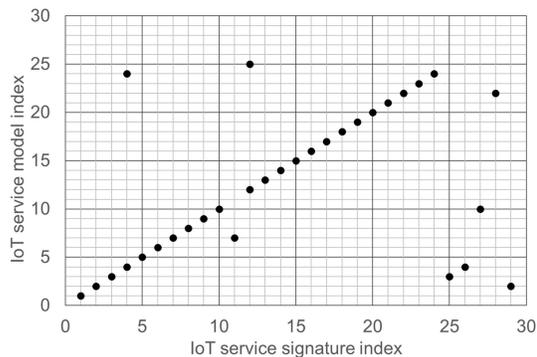


FIGURE 1: Résultats de l'évaluation de l'algorithme de caractérisation des services avant regroupement

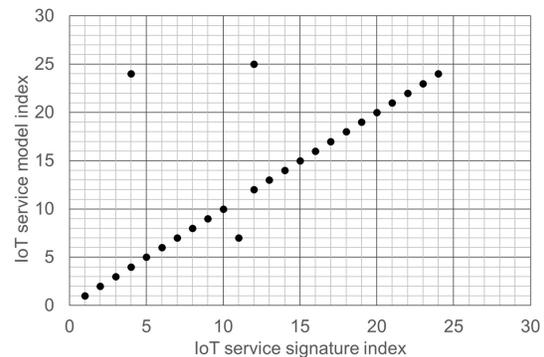


FIGURE 2: Résultats de l'évaluation de l'algorithme de caractérisation des services après regroupement

interfaces physiques que chaque objet possède ainsi que les types d'espaces dans lesquels ils peuvent être déployés. Par exemple, un type de montre connectée possède un écran, un capteur de rythme cardiaque et un accéléromètre, et l'espace de la montre est l'être humain. Nous avons spécifié un modèle générique en XML pour générer des instances de service IoT. Un modèle décrit un type de service donné : il comprend la liste des types des espaces physiques dans lesquels les objets connectés participant au service sont déployés, et, pour chaque type d'espace, la liste des types d'interfaces physiques nécessaires. Cela permet, lors de la création des instances, de choisir les objets impliqués et leurs localisations. Pour nos simulations, nous avons défini les types d'espaces suivants : *maison*, *travail*, *humain*, *ville* et *hôpital*.

Sorties du générateur. La sortie du générateur est la liste des instances de services IoT. A partir de toutes les entrées, nous avons généré 500 instances de services déployés dans différents espaces. Par exemple, à partir du modèle du service vidéoconférence, nous pouvons générer une première vidéoconférence établie entre deux usagers, le premier étant à la maison et utilisant l'écran de sa télé avec une caméra, le second étant au travail et utilisant un ordinateur avec une caméra intégrée, une seconde vidéoconférence entre trois usagers, le premier étant à la maison et utilisant son téléphone portable, le second étant dans une autre maison et utilisant sa tablette et le dernier étant à l'hôpital utilisant aussi son téléphone portable.

Principe de génération instances de services IoT. Pour chaque modèle de service, nous générons toutes les instances possibles en fixant des limites sur le nombre d'utilisateurs et le nombre d'espaces impliqués. Par exemple pour notre évaluation, nous avons fixé arbitrairement le nombre maximum d'utilisateurs à 5 pour le service de visioconférence, et celui de pièces surveillées à 10 pour le service de vidéosurveillance.

Pour la création de chaque instance, l'algorithme de génération parcourt les types d'espaces décrits dans le modèle XML. Pour chaque type d'espace sont définies les interfaces physiques nécessaires pour le bon déploiement du service (par exemple, un modèle de service de vidéosurveillance possède deux types d'espace, le premier contenant l'interface écran et le second l'interface caméra). Ensuite, le générateur associe à chaque type d'espace, de manière aléatoire, un ou plusieurs espaces physiques de la liste d'espaces et ayant le bon type. Puis, selon les interfaces physiques et le type d'espace décrits dans le modèle, le générateur sélectionne les objets connectés nécessaires. S'il y a plusieurs objets ayant les mêmes caractéristiques dans la liste, alors le choix est fait de manière aléatoire.

4 Évaluation de l'algorithme de caractérisation

Nous avons implémenté l'algorithme de caractérisation des services IoT utilisant les instances de services générées. L'algorithme ayant été défini avec l'objectif d'avoir une signature unique identifiant une classe de service unique, cette évaluation se fait sur deux critères :

1. La proportion de classes de service qui sont identifiées par une signature unique ;
2. La proportion de signatures caractérisant un seul service.

On a évalué l'algorithme sur 500 instances générées à partir de 25 modèles de services IoT tels que la surveillance et le contrôle des maisons à distance, la vidéosurveillance, le contrôle de l'activité physique, le contrôle de l'environnement, etc. Nous avons obtenu 29 signatures.

La figure 1 présente les classes de services en fonction des signatures. Comme attendu, les points sont essentiellement sur la diagonale, ce qui correspond à une association de un pour un entre classes de service et signatures. Seuls quelques points s'en écartent. Notamment, 7 services parmi les 25 possèdent plus qu'une signature. Par exemple, le service de contrôle du rythme cardiaque (7) possède deux signatures : (7) $1 \times \{\text{capteur de pulsations cardiaque, écran, contrôle}\}$ et (11) $1 \times \{\text{capteur de pulsations cardiaque}\} + 1 \times \{\text{écran, contrôle}\}$. La première signature correspond à un contrôle local du rythme cardiaque alors que la deuxième correspond à un contrôle à distance, ce qui correspond à deux variantes d'un même service[§]. Deux services parmi les 7 mentionnés souffrent de cette limitation. Pour les 5 autres, c'est pour une autre raison. Par exemple, le service de vidéosurveillance (3) a deux signatures (3) $1 \times \{\text{écran, haut-parleur, contrôle}\} + 1 \times \{\text{caméra, microphone}\}$ et (25) $1 \times \{\text{écran, haut-parleur, contrôle}\} + n \times \{\text{caméra, microphone}\}$. La différence détectée par notre algorithme est sur l'aspect mono-espace ou multi-espace, le service restant le même. Pour régler ce problème, il suffit d'associer la même classe à quelques signatures différentes. La figure 2 montre le résultat après ce regroupement : l'algorithme de caractérisation décrit dans la section 2 attribue une signature unique à 92% des services IoT.

Nous remarquons aussi que 2 signatures correspondent à plus qu'un service. Par exemple, le service de contrôle de la température du corps de l'être humain et le service de contrôle de la température de l'environnement ont la même signature : (4) $1 \times \{\text{capteur température, écran, contrôle}\}$. Ce résultat concerne les services basés sur les réseaux de capteurs : le même type d'infrastructure peut satisfaire différents services. D'autres éléments comme la connaissance des applications utilisées permettraient de mieux discriminer ces services. Finalement, l'algorithme montre que 92% des signatures correspondent à un service unique.

Nos analyses préliminaires, non détaillées dans cet article, nous ont aussi montré que l'intégration de l'interface contrôle dans les modèles des services permet de réduire l'ambiguïté dans la caractérisation des services IoT. Cette interface de contrôle, qui fait référence à un écran tactile pour le contrôle, un contrôle gestuel ou vocal, etc., a été intégrée dans les modèles de services utilisés dans cet article.

5 Conclusion

Nous avons montré que l'algorithme de caractérisation de services IoT proposé dans [LPMN16, NLPA17] et basé sur les interfaces physiques et les espaces a un comportement très satisfaisant sur les modèles de services que nous avons considérés, en offrant un bon compromis entre complexité et performance.

Dans des travaux futurs, il faudrait d'abord évaluer l'algorithme sur un nombre plus important de modèles de service, notamment en essayant de mieux automatiser la création de ces modèles dans le générateur de services IoT. Ensuite, on pourrait évaluer l'incorporation de nouvelles caractéristiques afin de résoudre le problème d'ambiguïté résiduel sur la classe de service, telles que des informations sur les applications utilisées ou sur le contexte. Pour ce dernier point, une idée est d'exploiter les données générées par les objets afin d'extraire des informations qui reflètent le contexte tel que le temps, la localisation, la température, etc.

Références

- [BOHG13] J. Bobadilla, F. Ortega, A. Hernando, and A. Gutiérrez. Recommender systems survey. *Knowledge-Based Systems*, 46 :109 – 132, 2013.
- [LPMN16] Michel Le Pallec, Mohamed Omar Mazouz, and Ludovic Noirie. Physical-Interface-Based IoT Service Characterization. In *6th International Conference on the Internet of Things (IoT'16)*, pages 63–71, Stuttgart, Germany, November 2016.
- [MCA15] Ibrahim Masha, Tein-Yaw Chung, and Osama Alsaryrah. Toward service recommendation in Internet of Things. In *2015 Seventh International Conference on Ubiquitous and Future Networks*, pages 328–331, July 2015.
- [NLPA17] Ludovic Noirie, Michel Le Pallec, and Nesrine Ammar. Towards Automated IoT Service Recommendation. In *20th ICIN Conference Innovations in Clouds, Internet and Networks (ICIN'17)*, Paris, France, March 2017.
- [Wel16] Marcus Weldon. *The Future X Network : A Bell Labs Perspective*. CRC press, 2016.

§. La séparation entre deux classes de services est subjective dans certains cas, ici nous considérons que c'est le même service.