

Ontologie modulaire pour la fabrication et l'exploitation de vêtements intelligents dédiés au sport

Samya Sagar¹, Issam Rebai¹, Maha Khemaja² et Jamel Feki³

¹Lab-STICC, IMT-Atlantique, Bretagne Loire, F-29238 Brest,
{samya.sagar, issam.rebai}@imt-atlantique.fr

²Prince, Istic, Université de Sousse, Tunisie,
maha_khemaja@yahoo.fr

³MIRACL, Université de Sfax, Tunisie,
Jamel.feki@fsegs.rnu.tn

Résumé : Les vêtements intelligents sont des vêtements dotés de capteurs. Dans le domaine du sport, ils permettent de collecter des informations sur l'état de forme des sportifs. Dans cet article et dans le cadre des ontologies modulaires, nous présentons l'ontologie modulaire SMS conçue pour l'exploitation et la fabrication des vêtements intelligents dédiés au sport. Nous décrivons le cadre méthodologique pour la construction des différents modules. Nous donnons un aperçu des modules requis dans la phase d'exploitation et leurs relations sémantiques dans la structure de l'ontologie SMS.

Mots-clés : Ontologie modulaire, modules, réutilisation d'ontologies, vêtements intelligents de sport.

1 Introduction

Les Vêtements Intelligents (VI) sont des vêtements ordinaires augmentés par des capteurs (Rantanen & al. 2002) mesurant des grandeurs physiologiques ou actimétriques. Dans cet article, nous traitons l'usage des VI pour le sport, définis dans le cadre du projet SmartSensing¹. Ce dernier a pour objectif de concevoir des vêtements intelligents et communicants pour le monitoring et le coaching sportifs. Plus particulièrement, notre travail s'intéresse à la modélisation sémantique de la fabrication et de l'exploitation des VI. L'intérêt de cette modélisation est de (i) monitorer les sportifs ; (ii) réutiliser un VI dans plusieurs activités sportives ; (iii) apporter de l'aide à la conception d'un VI.

L'objectif de cet article est de présenter l'ontologie modulaire SMS créée dans le cadre de ce projet. SMS répond aux différents besoins des phases de fabrication et d'exploitation d'un VI de sport. Elle est constituée de différents domaines de connaissances décrivant un tel vêtement (capteur, vêtement, sport, etc.). Chaque domaine est décrit par un module de l'ontologie. SMS réutilise l'ontologie de haut niveau DOLCE Ultra Lite (UL) ainsi que l'ontologie de capteurs SSN (*Semantic Sensor Network*) (Compton et al., 2012) recommandée par le W3C pour les projets IoT (*Internet of Things*). SSN est aussi alignée à DOLCE UL. Il s'agit ainsi de favoriser la réutilisation de l'ontologie SMS et son interopérabilité notamment dans le cadre de l'IoT. Nous esquissons, dans la section 2, le cadre méthodologique adopté pour la construction de SMS. Nous décrivons, dans la section 3, la modélisation d'un VI. La section 4 porte sur le rôle des modules identifiés de SMS. Nous présentons, dans la section 5, trois de ces modules utilisés durant la phase d'exploitation et leur structuration.

¹ <http://www.smartsensing.fr/> : projet financé par Bpifrance et assuré par un consortium d'entreprises et de laboratoires de recherche.

2 Principe et méthodologie de construction de l'ontologie modulaire SMS

L'analyse des besoins du projet SmartSensing a mis en exergue la diversité des connaissances associées aux différents domaines intervenant dans le projet. Cette diversité entraîne une complexité au niveau conceptuel et organisationnel de ces connaissances. Adopter la « modularisation » comme principe de construction de l'ontologie SMS, consiste à découper les connaissances du domaine en modules, contenant différents types de connaissances (Borst, 1997). Selon (D'Aquin et al., 2007) la « modularisation » est un moyen de structurer et d'organiser des ontologies et permet de construire de larges ontologies, fondées sur la combinaison de composantes de connaissances autonomes, indépendantes et réutilisables. Dans notre travail, nous considérons que ces composantes sont elles-mêmes des ontologies, dites « modules », et que l'ontologie résultante de cette composition est une « ontologie modulaire ». Chaque module couvre un domaine d'expertise particulier pour la fabrication et l'exploitation d'un VI de sport (capteurs, vêtements, etc.). Ainsi, il est possible de réutiliser les différents modules indépendamment les uns des autres. En changeant le domaine de sport, par exemple, nous réutilisons le VI pour d'autres domaines d'application, comme le militaire, la santé, etc.

La conception modulaire poursuit deux autres objectifs : (1) favoriser leur réutilisation par d'autres ; (2) réutiliser des ontologies de référence (SSN, DOLCE Ultra Lite, etc.). La réutilisation d'ontologies est une pratique fortement recommandée dans la communauté du Web sémantique² (Bizer et al., 2009). Elle offre la possibilité de : (1) réduire le coût de création d'ontologies, (2) améliorer la qualité des ontologies résultantes et (3) faciliter l'interaction ultérieure entre les systèmes (Stecher et al., 2008). La réutilisation ontologique peut avoir plusieurs formes ; les ontologies peuvent être référencées, importées, prises comme point de départ pour des extensions, des révisions, etc. (Stecher et al., 2008) distinguent trois types de réutilisation d'ontologies : (1) réutilisation conservatrice, (2) réutilisation adaptative et (3) réutilisation de la bonne pratique. Pour créer des ontologies modulaires basées sur la réutilisation, le projet Neon³ propose un ensemble de méthodologies (Suarez-Figueroa et al., 2012), définies à travers neuf scénarios. Dans notre travail, nous avons appliqué les 4 scénarios suivants :

Le scénario 1 (De la spécification à l'implémentation), présentant le processus classique de construction d'ontologies, que nous avons respecté pour la construction de chaque module.

Le scénario 2 (Réutilisation et réingénierie des ressources non-ontologiques), où l'analyse des ressources disponibles, fournies par les différents experts du projet, nous a permis de modéliser les connaissances relatives aux différents modules de l'ontologie SMS.

Le scénario 3 (Réutilisation des ressources ontologiques), a été appliqué pour une réutilisation conservatrice d'ontologies de référence. Au niveau d'abstraction le plus élevé de l'ontologie SMS, nous avons réutilisé l'ontologie DOLCE UL. La conception des modules a été fondée sur la spécialisation de cette ontologie. L'ontologie SSN a été réutilisée pour la description des capteurs. Nous envisageons de plus de réutiliser l'ontologie modulaire du textile Vetivoc (Aimé et al., 2016), qui fournit un vocabulaire riche pour l'habillement.

Le scénario 8 (Restructuration des ressources ontologiques), a été appliqué pour l'organisation des modules. L'articulation entre ces modules dépend des scénarios d'exploitation et de fabrication d'un VI.

3 Exigences de modélisation et description du contexte

Nous considérons un VI comme « *un vêtement ordinaire, augmenté de composants électroniques capables de détecter des stimuli et d'adapter leur fonctionnement au contexte d'usage en changeant les traitements qu'ils embarquent* ». Ainsi, un VI remplit sa fonction principale en tant que vêtement et apporte une valeur ajoutée à l'utilisateur, comme par exemple

² <https://www.w3.org/TR/ld-bp/>

³ <http://www.neon-project.org/>

capturer les postures et les gestes d'un utilisateur ou monitorer ses signes vitaux, etc. Ainsi, la fabrication et l'exploitation d'un VI sont dirigées par l'utilisation faite du vêtement et les besoins exprimés par les utilisateurs finaux (militaire, pompier, sportif, etc.). Pour cela, nous avons déterminé trois entités : « Vêtement », « Composant électronique » et « Domaine d'application », affectant la modélisation d'un VI (cf. Figure 1).

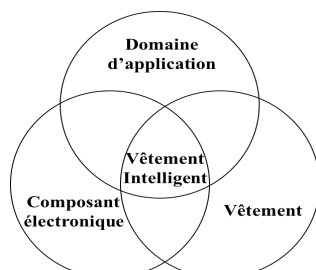


FIGURE 1 – Modèle d'un Vêtement Intelligent

« **Vêtement** », présente les caractéristiques des vêtements ordinaires (taille, genre, etc.) et définit une classification des vêtements (veste, cuissard, etc.).

« **Composant électronique** », modélise l'électronique embarquée dans le vêtement. Un composant électronique est lui-même constitué d'autres composants électroniques de niveaux de granularité différents (capteurs, microcontrôleur, etc.).

« **Domaine d'application** », définit le contexte d'utilisation pour lequel le vêtement sera fabriqué et exploité. Il peut être lui-même découpé selon la description du domaine.

Dans le cas du projet SmartSensing, les capteurs intégrés dans les vêtements sont des capteurs intelligents. Contrairement aux capteurs traditionnels, dits basiques, ils sont multifonctionnels (Akyildiz et al., 2012) et sont conçus pour être exploités dans plusieurs activités sportives. Un capteur intelligent intègre un ensemble de capteurs basiques et un microcontrôleur. Ce dernier peut exécuter différents algorithmes produisant des données calculées (indicateurs) à partir de mesures obtenues par les capteurs basiques. On peut adapter le capteur intelligent aux besoins des utilisateurs en changeant les algorithmes qui s'y exécutent. Ces besoins sont spécifiés selon le sport et ses pratiques ; chaque sport a un ensemble de pratiques et à chaque pratique est associé un ensemble d'indicateurs. Le tableau 1 montre un exemple pour le sport « Football ». D'un autre côté, nous associons, pour chaque sport, une panoplie vestimentaire (vêtements et optionnellement des accessoires).

TABLE 1 – Exemple d'informations à retenir pour le sport « Football ».

Pratique	Indicateurs	Panoplie
Compétition (exp. Match)	Température du corps, Niveau de stress, Géolocalisation	Maillot, cuissard, chaussettes
Musculation	Température du corps, Puissance	

4 Les modules de l'ontologie SMS

SMS comporte 6 modules relatifs aux différents regroupements de connaissances définis ci-dessus. Chaque module est associé à un domaine. Ces modules sont :

Module « 3SN » (*Semantic Smart Sensor Network*). Ce module décrit les différents capteurs intelligents déployés dans un vêtement de sport. Il est fondé sur une spécialisation de l'ontologie SSN. Il permet la découverte de capteurs et leur configuration pendant l'exploitation d'un VI. Il aide, aussi, pour la conception de capteurs intelligents lors de la fabrication d'un VI.

Module « Datasheet ». Ce module est une spécification des fiches techniques des capteurs basiques et offre une classification de ces derniers. Lors de la conception d'un nouveau capteur intelligent, ce module sert à sélectionner les meilleurs capteurs basiques.

Module « Measurement and Indicator ». Ce module décrit les algorithmes à coder et à déployer sur les capteurs intelligents en fonction du sport choisi. Il décrit principalement les

dépendances fonctionnelles et temporelles des données (dataflow) de ces algorithmes. Ces dépendances déterminent pour chaque indicateur les entrées nécessaires à son calcul.

Module « Sports & Activity ». Ce module définit les activités sportives. Il relie, pour chaque sport, l'ensemble de ses indicateurs et associe, à chaque type de sport, le vêtement adéquat.

Module « Clothing ». Ce module décrit les différentes panoplies de vêtements et d'accessoires de sport. Le lien de cette ontologie avec l'ontologie 3SN permet de spécifier les capteurs intelligents déployés et leur position.

Module « Sportsperson Profile ». Ce module concerne les caractéristiques des sportifs (taille, poids, âge, etc.) et permet d'associer à chaque sportif sa (ou ses) panoplie(s). De plus, il fournit la synthèse de ses données actimétriques pour chaque sport pratiqué.

5 Construction et structuration des modules pour la phase d'exploitation

L'exploitation d'un VI de sport, nécessite l'utilisation d'un ensemble de connaissances permettant de spécifier, selon la pratique du sport sélectionné, les indicateurs à calculer et ainsi les capteurs intelligents à configurer. La conceptualisation des modules mis en œuvre est fondée sur la spécialisation de l'ontologie Dolce UL qui se situe au niveau d'abstraction le plus élevé dans ces modules. Nous ne traitons, ici, que trois modules sur les six, sollicités dans la phase d'exploitation.

5.1 Modules spécifiques pour l'exploitation

«3SN». Pour représenter les capteurs intelligents en termes d'algorithmes, de microcontrôleur et de spécifications des capteurs basiques embarqués, nous réutilisons l'ontologie SSN, tout en respectant sa structure générique et son alignement avec DOLCE UL (cf. Figure 2 ; le préfixe «ssn» dénote les concepts de SSN et «sms3sn» ceux de 3SN). Le concept «sms3sn:SmartSensor» représente un capteur intelligent ; c'est une spécialisation de «ssn:SensingDevice». Il est composé de «sms3sn:BasicSensor» et de «sms3sn:Microcontroller». Il possède des caractéristiques telles que sa dimension et son poids. Le microcontrôleur, représenté par le concept «sms3sn:Microcontroller», exécute un ensemble d'algorithmes («sms3sn:Algorithm»), et dispose de capacités de traitement.

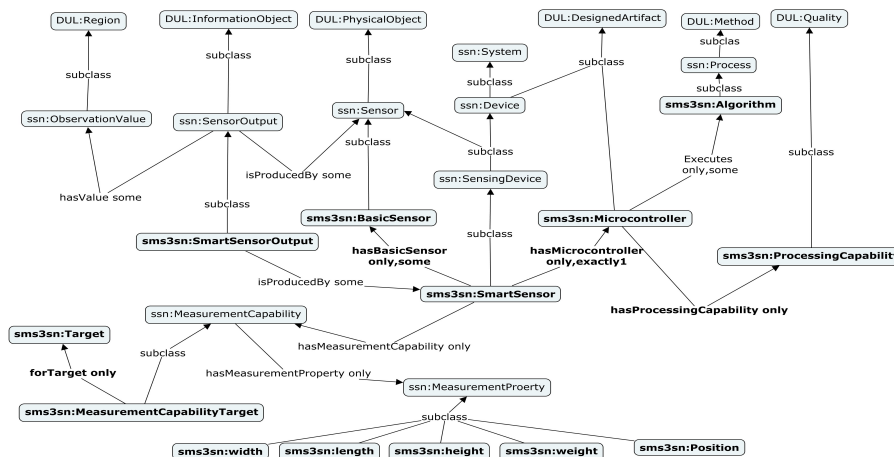


FIGURE 2 – Module 3SN

« Measurement and Indicator ». Ce module est représenté par la Figure 3. Les mesures et les indicateurs sont décrits comme des sous concepts de «smsmi:Data». Une classification des mesures et des indicateurs peut être créée comme une spécialisation de «smsmi:Measurement» et de «smsmi:Indicator». Pour créer le lien entre une instance d'une Data et une instance du

capteur qui la produit, une relation d'équivalence est établie entre «*smsmi:Data*» de ce module et «*sms3sn:SmartSensorOutput*» du module 3SN. Les dépendances fonctionnelles des données sont définies par les relations entre les inputs et les outputs des algorithmes.

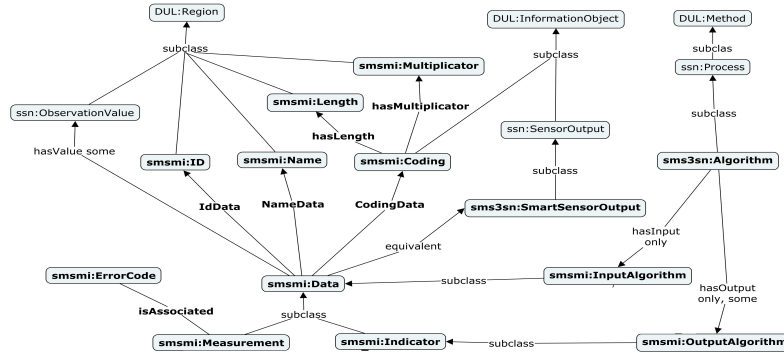


FIGURE 3 – Module « Measurement and Indicator »

« **Sport and Activity** ». Ce module (représenté dans la Figure 4) spécifie, de façon générique, les connaissances relatives aux activités sportives. Il permet de relier pour chaque sport l'ensemble de ses pratiques et de ses indicateurs. Il offre un modèle pour référencer les sports et décrit les contraintes qui leurs sont associées. Une classification des sports peut étendre ce module par l'ajout des différentes catégories de sports (Running, Tennis, Football, etc.). Nous ne présentons pas dans la Figure 4 ces catégories de sports. Ces dernières peuvent être ajoutées comme une spécialisation des concepts « *smssa:CollectiveSport* » ou « *smssa:IndividualSport* ». Elles peuvent être également ajoutées comme des instances d'un de ces concepts.

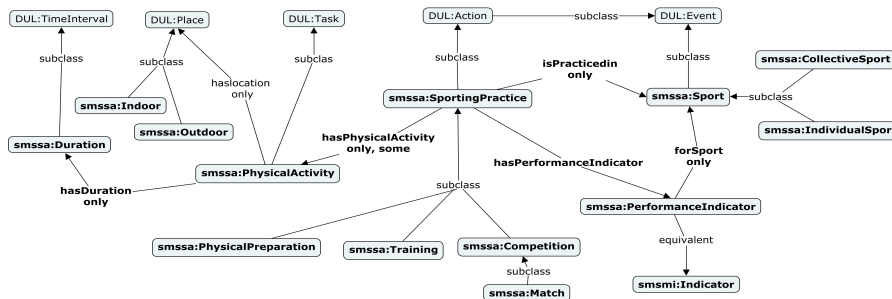


FIGURE 4 – Module « Sport and Activity »

« *smssa:SportingPractice* » modélise des instances de pratique. Il en existe plusieurs comme l'entraînement, la compétition, la récupération, etc. Dans la Figure 4, nous ne présentons que certaines pratiques. Pour les enrichir, il est possible de spécialiser le concept « *smssa:SportingPractice* ». Une même pratique, par exemple l'entraînement, peut-être associée à plusieurs sports mais elle aura des indicateurs de performance spécifiques à chaque sport. Ainsi, les indicateurs de performance sont associés à une pratique dans le cadre d'un sport spécifique (via l'utilisation de l'axiome OWL « *propertyChainAxiom* » caractérisant la propriété « *isPracticedin* »). Ce module est associé au module « Measurement and Indicator » par le lien d'équivalence entre « *smssa:PerformanceIndicator* » et « *smsmi:Indicator* ».

5.2 Caractéristiques des modules

La Figure 5 montre la structure globale de SMS, créée à partir de liens, définis manuellement, entre les différents modules. Ces liens représentent les interconnexions permettant d'interroger et de raisonner sur l'ontologie SMS. Les modules publiés en ligne⁴,

⁴ <http://3s-web.enstb.org/ontologies/SMS/>

présentés dans la sous-section 5.1 sont une modélisation générique de chaque domaine en décrivant le fonctionnement et les contraintes associées. Leur extension, par spécialisation (dans le but de classification : d'indicateurs, de capteurs, de pratique ou de sport) peut être réalisée. Une synthèse métrique (nombre de concepts 'C' et de relations 'R') est donnée pour ces modules (triangle).

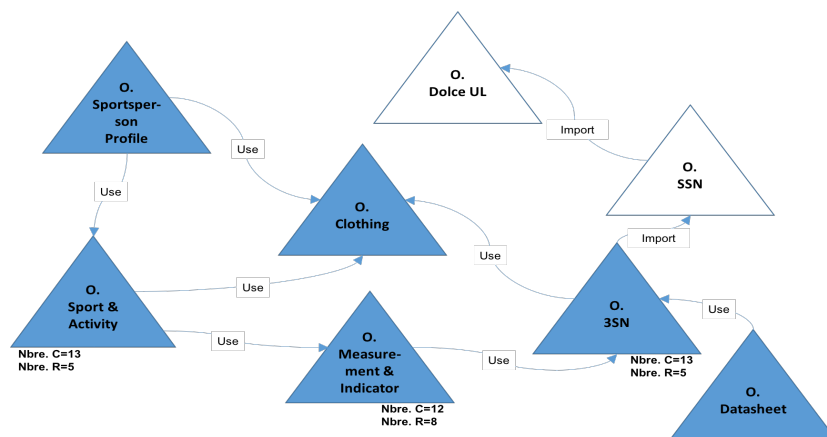


FIGURE 5 – Structuration des modules

6 Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté l'ontologie modulaire SMS pour l'exploitation et la fabrication de vêtements intelligents. Ses modules décrivent les différents domaines d'un vêtement intelligent de sport. Ils sont fondés sur la réutilisation de ressources ontologiques de références. Basé sur un cadre méthodologique, décrit dans cet article, nous avons présenté les modules mis en œuvre à l'exploitation des vêtements intelligents et leur structuration en termes de relations sémantiques dans l'ontologie SMS. La validation de ces modules est en cours de réalisation par le développement d'un prototype du système visé.

Références

- AIMÉ X., GEORGE S., HORNUNG J. (2016). VETIVOC : A modular ontology for the Fashion, Textile, and Clothing domain. In *Applied Ontology*, 11(1), pp.1-28.
- AKYILDIZ, I. F., SU W., SANKARASUBRAMANIAM Y. & CAYIRCI, E. (2012). A Survey on Sensor Networks.
- BIZER C., HEATH T & BERNERS-LEE T. (2009). Linked Data - The Story So Far. In *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 5(3), pp. 1-22.
- BORST, W. N. (1997). Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse. These in University of Twente.
- COMPTON, M., BARNAGHI, P., CORCHO, O., COX, S., HAUSWIRTH, M., HENSON, C., JANOWICZ, K., LEFORT, L., SHETH, A. & TAYLOR, K. (2012). The SSN Ontology of the W3C Semantic Sensor Network Incubator Group. In *Journal of Web Semantics*.
- D'AQUIN M., SCHLICHT A., STUCKENSCHMIDT H. & SABOU M. (2007). Ontology modularization for knowledge selection: Experiments and evaluations. In *Database and Expert Systems Applications*, pp. 874-883.
- RANTANEN J., IMPIO J., KARINSALO T., MALMIVAARA M., REHO A., TASANEN M. & VANHALA J. (2002). Smart Clothing Prototype for the Arctic Environment. *Personal and Ubiquitous Computing*, 6(1), pp. 3-16.
- STECHER, R., NIEDEREE, C., NEJDL, W. & BOUQUET, P. (2008). Adaptive ontology reuse: finding and re-using sub-ontologies. In *International Journal of Web Information Systems*, 4(2), pp. 198-214.
- SUAREZ-FIGUEROA, M. C., GOMEZ-PEREZ, A., & FERNANDEZ-LOPEZ, M. (2012). The NeOn Methodology for Ontology Engineering. In *Ontology Engineering in a Networked World*, pp. 9-34.