



HAL
open science

IGMoCom : Intelligence Géolocalisée MObile & COMMunicante

Frédéric Chaxel, Andres Véjar, Patrick Charpentier

► **To cite this version:**

Frédéric Chaxel, Andres Véjar, Patrick Charpentier. IGMoCom : Intelligence Géolocalisée MObile & COMMunicante. 6ème Conférence Internationale Conception et Production Intégrées, CPI'2009, Oct 2009, Fès, Maroc. pp.CDROM. hal-00427869

HAL Id: hal-00427869

<https://hal.science/hal-00427869>

Submitted on 28 Oct 2009

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.

IGMoCom

Intelligence Géolocalisée MOBILE & COMMunicante

Frédéric Chaxel, Andres Véjar, Patrick Charpentier

Centre de Recherche en Automatique de Nancy, UMR CNRS 7039

Nancy Université

Faculté des Sciences

F-54506 Vandoeuvre les Nancy

Frederic.Chaxel@cran.uhp-nancy.fr

RÉSUMÉ : Cet article présente l'architecture physique, informatique ainsi que les objectifs scientifiques visés par la constitution d'une plate-forme expérimentale qui transforme les produits en objets intelligents et géolocalisés durant leur cycle de traversée de la structure de production manufacturière.

ABSTRACT: This paper describes an experimental platform and its physical and computer control architecture which expects to transform each manufactured product into an intelligent and geolocalized object along its manufacturing life cycle.

MOTS-CLÉS: RFid, Produits intelligents, Géolocalisation.

KEYWORDS: RFid, Intelligents products, Geolocalization.

1. Introduction

Ces dernières années de nombreux travaux (Chen *et al.*, 2009)(Pannequin *et al.*, 2009) ainsi que des conférences thématiques (IEEE International Conference on RFid par exemple) ont participé à la diffusion des technologies d'identification automatique radiofréquence (RFid) des produits manufacturés. Ces travaux exploitent souvent ces technologies, relativement anciennes, pour proposer des modèles de contrôle/commande des systèmes manufacturiers ou logistiques fondés sur des concepts associant une certaine forme d'intelligence ou de connaissance aux produits eux-mêmes (Meyer *et al.*, 2009).

Nos développements actuels se proposent d'expérimenter et de construire, sur la base d'un prototype matériel en cours de réalisation, des modèles pour lesquels les produits mobiles dans les ateliers sont géolocalisés en temps réel et disposent de réelles capacités de traitement autonome et de communication avec l'environnement de production.

2. Contexte

Un consensus, assez général dans les communautés s'intéressant aux architectures de contrôle/commande des systèmes manufacturiers, consiste à dire que le paradigme multi-agents conjointement au développement des technologies de mise en œuvre informatique permet d'augmenter l'adaptabilité et la flexibilité des entreprises (Pannequin *et al.*, 2009). L'agent est une application informatique capable d'actions autonomes afin d'atteindre les objectifs qu'on lui a fixé. Le terme agent est appliqué bien naturellement aux équipements de production qui se voient dotés d'une certaine forme d'autonomie et de capacité de dialogue/coopération ... au même titre qu'un opérateur-agent humain. Il est également appliqué, de manière moins générale toutefois, aux produits eux mêmes circulant dans les ateliers de production. Le produit devient intelligent ou tout du moins actif durant sa propre élaboration. L'agent produit est en charge du suivi, voir du bon déroulement des séquences prévues dans la gamme de fabrication. Certains travaux de recherche vont jusqu'à proposer un pilotage du système de production par les produits (Baina *et al.*, 2006). L'existence de cet agent/produit impose son identité (il pense donc il est !) et en conséquence implique une identification unique de chaque produit physique dans le système et la mise en association avec une capacité de mémorisation et d'exécution algorithmique. Deux grandes options s'affrontent pour procéder à la mise en œuvre technique du concept (Meyer G *et al.*, 2009), comme l'illustre la figure 1.

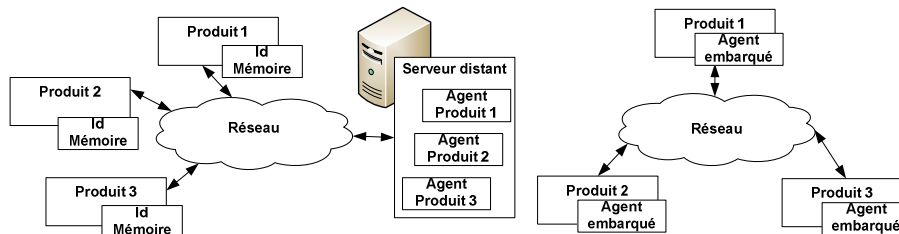


Figure 1. Plateformes Agents Produits

L'emploi d'un système d'identification automatique de type code à barre ou composant Rfid fixé au produit et l'usage d'une infrastructure réseau afin d'exécuter les codes agents correspondants sur un ou des serveurs informatiques est historiquement la première technique employée par un des pionniers du concept (Duffie *et al.*, 1986 et travaux suivants). L'adjonction de mémoire persistante sur le produit permet d'exécuter le code agent sur des équipements informatiques différents au grès des mouvements du produit, par exemple sur chacun des lecteurs Rfid successivement rencontrés par le produit (Chaxel, 1998). Cette technique offre l'avantage d'une utilisation industrielle immédiate hors des laboratoires de recherches. La seconde technique consiste à 'agentifier' physiquement chaque

produit et le dotant d'un outil informatique mobile assurant la gestion autonome des données du produit et l'exécution du code informatique. Quelques plateformes, reposant pour l'essentiel sur l'usage d'applications Java (Chaxel *et al.*, 2003) et l'emploi de PDA (Sallez *et al.*, 2009) associés à chaque produit, sont disponibles au stade de laboratoire. Cette classe de solutions pose évidemment le problème fondamental de l'énergie à embarquer, et surtout recharger, sur chaque produit même si les technologies d'accumulateurs et condensateurs par exemple ont fait d'énormes progrès. La portabilité au domaine industriel de tels outils implique néanmoins un développement lourd d'adaptation des équipements disponibles sur le marché.

Notre approche ne peut se situer que dans le cadre de cette association physique du produit et de son agent informatique. En effet, notre volonté d'ajouter une fonctionnalité de géolocalisation précise et permanente de chaque objet mobile impose la présence sur chacun d'eux d'un outil informatique de traitement. Cela afin d'envisager de nouveaux modes de relation entre les produits et l'environnement comme précisé plus tard au paragraphe 4.

3. Concept proposé

Nos travaux ne consistent pas à proposer un nouveau concept d'architecture multi-agents pour le contrôle/commande/pilotage des systèmes de production, mais simplement d'ajouter un service de géolocalisation permanente de chaque élément. Géolocalisation réalisée avec une résolution satisfaisante dépendant des systèmes : le besoin n'est pas le même au sein d'un atelier de production (précision sub-métrique) que dans un entrepôt de conteneurs (précision métrique ou plus).

L'objectif est de déterminer les apports de ce nouveau service et d'évaluer l'impact qu'il pourra avoir sur l'ensemble de la chaîne de production et de logistique tant sur sa connaissance *a posteriori* (Véjar *et al.*, 2009) que sur la manière d'envisager sa structure et son organisation *a priori*. Il est toutefois parfaitement clair que ces informations additionnelles ne peuvent avoir qu'un effet bénéfique ... gain qu'il faudra pouvoir mettre en rapport avec les coûts matériels et énergétiques induits.

Pour ce faire, nous attachons un agent informatique à chaque élément présent dans le système, que ce soit un opérateur humain, une ressource (machine d'usinage, convoyeur, robot, ...) et également un produit. Ces agents exécutent chacun leur code sur un outil informatique connecté au réseau de communication du système. Réseau qui permet la coopération et l'échange tant des caractéristiques (que propose la ressource par exemple) que des besoins (quelles sont opérations attendues sur le produit par exemple). Concernant les produits et opérateurs, mobiles par nature, l'équipement informatique leur est physiquement associé et il dispose d'un moyen de communication sans fils.

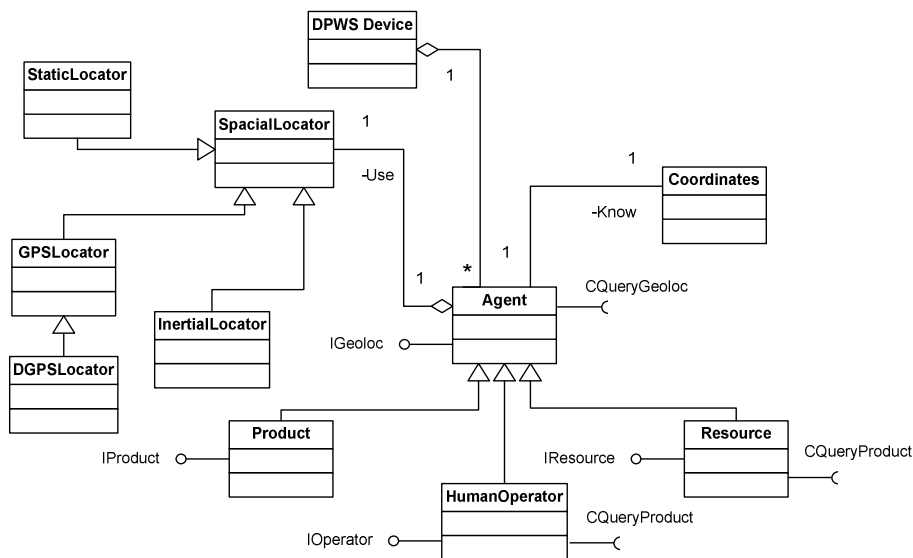


Figure 2. Méta modèle Agents Géolocalisés, partiel et extensible

Tous les échanges sont réalisés en exploitant un mécanisme d’invocation de procédures à distance de type RPC (Remote Procédure Call) ou similaire.

Pour satisfaire la géolocalisation permanente, chaque agent dispose d’un «Localisateur Spatial» lui fournissant ses coordonnées, comme l’illustre le modèle figure 2. Ce localisateur est fort élémentaire lorsque l’on a à faire à une ressource non mobile (comme une machine outil) puisqu’il ne s’agit globalement que d’une valeur constante écrite en dur dans le code de l’agent. Concernant les agents mobiles (Produits, Operateur humain, Composant, sous Composant), ce localisateur implique l’usage de calculs algorithmiques ainsi que l’emploi de capteurs extéroceptifs et/ou de communication, pour déterminer la position de manière plus ou moins précise (GPS, GPS différentiel avec cinématique temps réel dit RTK, Accéléromètres, Gyroscopes, réseau sans fil, ...).

Chaque agent dans le système, sans exception, met à disposition une interface, IGeoLoc représentée figure 3, permettant aux autres d’échanger des informations de positionnement. Symétriquement chaque agent est apte à exploiter cette interface, via le connecteur adapté CQueryGeoloc, proposée par tous les autres agents afin de prendre connaissance de leur position et de la distance qui les sépare.

Les communications concernant les positions prennent naturellement place au milieu des échanges permettant, par exemple, à une ressource de questionner la

gamme de fabrication et l'état d'avancement de la réalisation d'un produit, via une ou des autres interfaces spécifiques de l'application cible.

```
Interface IGeoLoc
{
    Coordinates GetActualPosition() ;
    SpacialResolution GetResolution() ;
    VectDistance GetDistance(Coordinates MyPosition) ;
}
```

Figure 3. *Interface Commune à tous les Agents*

Les agents mobiles sont en réseau de manière permanente avec les agents ressources. De ce fait, les modes de communication de faible proximité de type RFid ou infrarouge (Sallez *et al.*, 2009) ne sont pas nécessaires car remplaçables au travers de ce mode de communication longue distance ajouté à la capacité à évaluer les distances entre chaque objet.

4. Plate-forme

4.1. Architecture

La plate-forme de démonstration en cours de construction repose à la fois sur la mise en œuvre de composants matériels amenés à accompagner les entités mobiles (produits et opérateurs), ainsi que sur l'exploitation d'un framework logiciel permettant leurs usages.

Nous situons nos développements pleinement dans la ligne des travaux et propositions que l'on retrouve dans l'alliance IPSO (IP for Smart Objects : www.ipso-alliance.org), le projet européen SIRENA (www.sirena-itea.org) et le projet européen SOCRADES (www.socrades.eu). Chaque élément au sein de notre architecture est un nœud de communication IP sur un réseau Ethernet et/ou Wifi. Nous allons au-delà des projets précédemment cités, en descendant d'un niveau supplémentaire, dans le sens où chaque produit circulant dans la structure assure une communication 'Internet' permanente. Par exemple pour les partenaires dans SOCRADES, et certaines présentations Microsoft, le lecteur RFid est un nœud de communication IP, alors que selon notre point de vue ce lecteur, si il existe, n'est finalement rien de plus qu'un équipement transparent permettant d'accéder au produit sous-jacent.

Chaque nœud, mobile ou non, héberge et met à disposition des autres des services (entre autres le service proposé par l'interface IGeoLoc donné figure 3) et il est susceptible d'exploiter les services offerts par les autres nœuds. L'implémentation est l'accès à ces services est réalisé en exploitant la technologie ouverte de WebServices.

Un système de production manufacturier ou de logistique est par nature dynamique avec des apparitions et des disparitions régulières de produits et d'opérateurs, moins régulièrement de machines. Cela impose l'exploitation d'une sorte d'annuaire contenant la liste des éléments présents (adresses IP entre autres en termes informatiques) ainsi que la nécessité de connaître la nature et donc les services rendus par ces éléments (chaque nœud propose le Webservice de géolocalisation à minima, mais quels sont les autres services offerts par le nœud 172.20.54.56 et ce nœud est-il un produit ou une ressource de production ?). Pour assumer cela nous exploitons la technologie DPWS Device Profile for WebServices (voir www.oasis-open.org ainsi que les projets SIRENA et SOCRADES qui contribuent à faire passer cet ensemble de standards de la cible initiale plutôt domotique au domaine industriel). Cette technologie permet à chaque nœud entrant dans un système (dans le sous-réseau de communication pour nous en l'occurrence) de signaler sa présence à l'ensemble des autres par envoi d'un message en diffusion, et de questionner son environnement en exploitant la même technique.

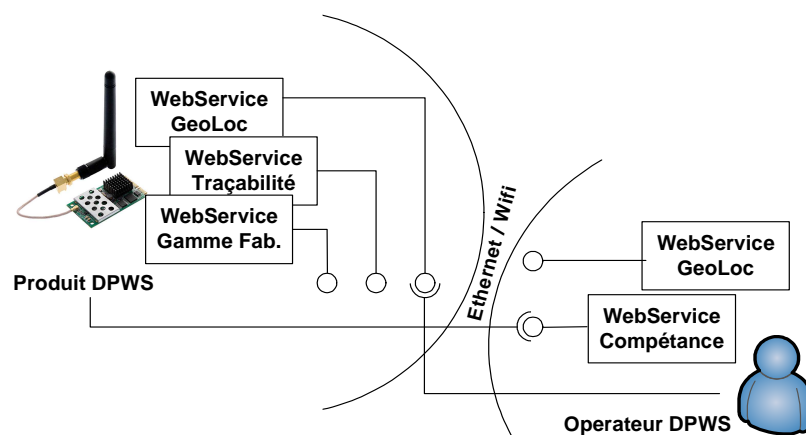


Figure 4. *Nœuds DPWS Géolocalisés*

Le scénario suivant est envisageable : un produit véhicule automobile nécessitant une retouche, suite à un défaut de fixation du siège passager, entre dans l'atelier de reprise. Il va successivement :

- Signaler sa présence par envoi d'un message en diffusion UDP,
- Prendre connaissance de la liste des opérateurs en poste à ce moment-là par envoi d'un message de demande de découverte des nœuds offrant le service implémentant l'interface IOperator (figure 1),
- Utiliser une des méthodes (fonction) de ce service afin de signaler aux opérateurs son besoin en retouche de fixation du siège,
- Le ou les opérateurs compétents et disponibles pour cela vont pouvoir exploiter le service implémentant l'interface IGeoLoc afin de déterminer la position du véhicule en question, comme l'illustre la figure 4.

Symétriquement, un opérateur entre dans l'atelier, prend connaissance de la liste des véhicules présents et de leur besoins, fixe son choix et détermine la position du véhicule pour effectuer l'opération. On peut également imaginer, comme au marché (... ou pour être plus en phase avec CPI, à la médina!), les véhicules hélant les opérateurs en fonction de leur proximité. En cela nous rejoignons certains travaux qui traitent de problèmes de planification/affectation via le concept de champs de potentiel dans lesquels l'attraction et donc la distance, entre produits et ressources, joue un rôle prépondérant (Zbib *et al.*, 2009).

4.2. Constituants technologiques

Techniquement, les nœuds mobiles sont constitués par assemblage d'un module Z-World Inc. programmable (en C) disposant d'un lien de communication Wifi et d'un stack IP complet. Ces modules disposent d'une mémoire flash importante qui permet d'embarquer bien plus de données que des composants RFid classiques. Associé à ce module, nous avons adjoint un récepteur GPS SiRF3 Fastrax. Ce choix de technique de localisation, qui possède le mérite d'être simple à mettre en œuvre, contraint nos expérimentations à un environnement ouvert. Signalons toutefois que des expériences par utilisation de répéteurs GPS intérieurs (Caratori *et al.*, 2003) semblent permettre un usage dans des bâtiments clos. Ajoutons que des toitures non étanches aux signaux hautes fréquences existent et sont envisageables pour des ateliers de production sur un seul niveau.

Nous exploitons ces GPS en mode différentiel afin d'augmenter la précision du système. Un récepteur fixe transmet, via le réseau Wifi, en diffusion, les erreurs relatives de son positionnement. Ces erreurs sont 'soustraites' des estimations réalisées par les dispositifs mobiles. Cette technique n'offre pas la précision des GPS RTK (20 cm) mais assure au mieux une résolution métrique.

Nos équipements sont alimentés par des accumulateurs rechargeables NiMh. Ce dernier point est certainement l'aspect le plus sensible de notre démonstrateur : comment assurer la gestion de la recharge de ces accumulateurs dans le cas réel d'un atelier de production ? Nous ne disposons d'aucune réponse satisfaisante permettant

de dépasser le stade de maquette de laboratoire. Pour autant dans les ateliers de production, les produits circulent souvent fixés sur un support (palette, luge, ...) lui-même en contact permanent ou quasi permanent avec un rail ou des rouleaux. Ces contacts pourraient permettre l'apport d'énergie électrique, en se passant des accumulateurs. Ils pourraient également assurer le transport de l'information réseau.

Sur ces équipements la mise à disposition et l'usage de WebServices est programmée de manière semi-manuelle. Il est envisagé l'emploi de l'outil open-source gSOAP afin de pleinement automatiser cette opération.

5. Conclusion

L'objectif de cet article est de présenter les éléments constitutifs de la plateforme IGMoCom. La plateforme est initialement destinée à générer des données de localisation produits pour la validation des travaux de A. Véjar (Véjar *et al.*, 2009).

Pour autant la plateforme elle-même n'est pas qu'un développement d'ingénierie. Elle structure et organise plusieurs aboutissements de travaux de recherches récents dans les domaines des architectures informatiques pour la production et des modèles centrés produits intelligents.

Elle laisse apparaître un ensemble de pistes d'expérimentation sur des scénarios nouveaux d'interactions - produits/ressources, produits/opérateurs, et finalement opérateurs/ressources - rendus possibles grâce à l'informatisation complète de chaque nœud mobile et sur la capacité à géolocaliser dynamiquement chacun d'eux.

6. Bibliographie

- Baina S., Morel G., « Product centric holons for synchronisation and interoperability in manufacturing environments », *12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM'2006*, 2006.
- Bendriss S., Benabdelhafid A., Boukachour J., Boudebous D., « Meta-modèle de référence holonique pour la gestion de la traçabilité du produit dans la chaîne logistique », *CPI 2007*, Rabat
- Caratori J., François M., Samama N., « Upgrade : An Indoor Positioning System Using a Standard GPS Receiver », *ION GPS/GNSS 2003*, Septembre 2003, Portland, USA.
- Chaxel F., « Contribution à la conduite et à la gestion des systèmes manufacturiers par les objets nomades de production », *Thèse de doctorat, Nancy Université*, 1998
- Chaxel F., Charpentier P., Jacquelin D., « Product Agent concept Based on Feature Modelling and JavaCard Implementation », *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol 21, n°3, Mars 2003, p. 208-214

Intelligence Géolocalisée MOBILE & COMMunicante : IGMoCom 9

- Chen R.-S, Tu M., «Development of an agent-based system for manufacturing control and coordination with ontology and RFID technology », *Expert Systems with Applications*, vol. 36, n° 4, Mai 2009, p. 7581-7593
- Duffie N.A., Piper R.S., «Nonhierarchical Control of Manufacturing Systems”, *Journal of Manufacturing Systems*, vol 5, n°2, 1986, p. 137-139.
- Meyer G., Främling K., Holmström J., « Intelligent Products: A survey », *Computers in Industry*, vol. 60, n° 3, Avril 2009, p. 137-148
- Pannequin R., Morel G., Thomas A., « The performance of product-driven manufacturing control: An emulation-based benchmarking study », *Computers in Industry*, vol 60, n° 3, Avril 2009, p. 195-203
- Sallez Y., Berger T., Trentesaux D., «A stigmergic approach for dynamic routing of active products in FMS», *Computers in Industry*, vol 60, n° 3, Avril 2009, p. 204-216
- Véjar A., Charpentier P., «Générateur Automatique de code de simulation à partir de l’information de localisation du produit», *3èmes Journées Doctorales / Journées Nationales Macs* , Mars 2009, Angers, France
- www.oasis-open.org
- www.sirena-itea.org
- www.socrades.eu
- Zbib N., Sallez Y., Berger T., Trentesaux D., «Pilotage des système de production : approche par produits actifs et champs de potentiel», *3èmes Journées Doctorales / Journées Nationales Macs* , Mars 2009, Angers, France