

**2^{ème} Atelier sur la
Gestion des Données dans les
Systèmes d'Information Pervasifs
(GEDSIP'09)**

26 mai 2009 – Toulouse

conjoint à Inforsid 2009
<http://www.irit.fr/inforsid09/>

Animateurs :

Thierry Delot, LAMIH, Valenciennes
Florence Sèdes, IRIT, Toulouse

Objectifs :

Le développement de l'usage des réseaux sans fil et des dispositifs mobiles tels qu'ordinateurs portables, PDA communicants, capteurs et autres « smart devices », a provoqué de profondes mutations des applications et services proposés aux utilisateurs, de plus en plus souvent nomades. Nous entrons aujourd'hui dans l'ère de l'informatique pervasive, de l'« ambient computing », avec pour enjeu de proposer des services adaptés et de rendre les données disponibles « n'importe où et n'importe quand ».

Le Système d'Information n'échappe pas à cette évolution et devient lui aussi pervasif. L'information y est stockée partout, dans différents formats et sur différents types de terminaux interconnectés via des réseaux sans fil. Ces systèmes dits « ambiants » évoluent dans un contexte particulièrement dynamique du fait de la mobilité des utilisateurs et des sources de données. Les techniques traditionnellement utilisées, pour accéder aux données par exemple, doivent ainsi être revisitées ou totalement remises en cause, et de nouveaux paradigmes se font jour afin de supporter ces nouveaux environnements, et en particulier les contraintes des terminaux utilisés (autonomie, connectivité limitée, etc.).

L'objectif de cet atelier est de réunir des chercheurs d'horizons différents (Systèmes d'information, Bases de Données et/ou Services) dont les travaux portent sur les Systèmes d'Information pervasifs, afin de faire le point sur les avancées récentes dans le domaine et de faire émerger de nouvelles collaborations.

Thèmes :

Liste (non exhaustive) des thèmes pertinents :

- Accès aux données et services
- Adaptabilité & sensibilité au contexte
- Découverte & composition de services
- Dissémination de données ou de requêtes
- Evaluation de requêtes : continue, dépendante de la localisation, spatio-temporelle, etc.
- Qualité de service & évaluation de performances
- Identification & localisation
- Méthodes, modèles et infrastructures pour le développement d'applications
- Sécurité & confidentialité
- Sémantique & extraction de connaissances
- Synchronisation, réplication & cohérence des données
- Domaines d'application : transport, santé, enseignement, tourisme, loisirs, etc.

Comité de programme :

Florence Sèdes et Thierry Delot, Présidents
Bennani Nadia, LIRIS, INSA Lyon
Bobineau Christophe, LIG, INP Grenoble
Bouzeghoub Amel, Telecom & Management SudParis, Evry
Defude Bruno, Telecom & Management SudParis, Evry
Garcia Macias J. Antonio, CICESE, Ensenada (Mexique)
Gransart Christophe, INRETS, Villeneuve d'Ascq
Hameurlain Abdelkader, IRIT, Université Paul Sabatier
Laforest Frédérique, LIRIS, INSA Lyon
Lecomte Sylvain, LAMIH, Université de Valenciennes
Sailhan Françoise, CNAM, Paris
Vargas Solar Genoveva, CNRS LIG & LAFMIA, Grenoble

Utilisation du contexte dans l'adaptation d'applications dédiées aux transports

GRANSART Christophe^{1,2} - LECOMTE Sylvain^{1,3,4}

¹ Univ Lille Nord de France, F-59000 Lille, France

² INRETS – LEOST, F-59666 Villeneuve d'Ascq cedex

³ UVHC, LAMIH, F-59313 Valenciennes, France

⁴ CNRS, UMR 8530, F-59313 Valenciennes, France

Christophe.Gransart@inrets.fr, Sylvain.lecomte@univ-valenciennes.fr

RÉSUMÉ : Nous présentons dans cet article une réflexion sur les éléments caractéristiques du contexte qui doivent être pris en compte lors de la réalisation d'applications pour des services de transports. Les divers éléments présentés sont ensuite appliqués à deux exemples de services pour des communications inter véhicules et pour un service de transport urbain.

ABSTRACT. : We are presenting some hints about context specific items that must be taken into account for applications dedicated to transport systems. The items are then explained on two examples : an inter vehicle communication system and a public transportation service

MOTS-CLÉS : Contexte, Adaptation, Transport, Communications inter-véhicules

KEY WORDS : Context, Adaptation, Transportation, Inter-vehicle communications

1. Introduction

Les ressources numériques à disposition de la ville, de ses habitants et de ses services se multiplient. On parle de la ville augmentée, on parle également de système de transport intelligent, le système de mobilité urbaine parlera demain en numérique. D'un côté, la ville est truffée de dispositifs de diffusion d'information, elle est traversée de réseaux physiques de communication. De l'autre, les citoyens porteurs de terminaux suscitant des dialogues homme-homme, homme-machine, voire machine-machine. Ainsi, il devient important, à la fois de fournir des services aux usagers (connexion à l'Internet dans un train, notification d'arrêts de bus ou de tramway, consultation d'horaires, réservation en mode connecté, billetterie virtuelle), mais également d'utiliser ces moyens informatiques pour améliorer la sécurité et la communications entre les véhicules des différents moyens de transport (signalisation d'un danger sur la route, communication train/voiture en cas de problème aux passages à niveau, guidage et signalisation de véhicules d'urgence).

Les problèmes rencontrés dans la réalisation de ces services dans le cadre de transports intermodaux, sont, sur bien des points, comparables aux problèmes traités, de manière plus générale, dans le cadre de l'adaptation des services aux contraintes de l'informatique ubiquitaire. Cependant, dans le cadre des applications touchant aux transports, il va falloir tenir compte d'un certain nombre de contraintes supplémentaires comme la mobilité (des usagers et des véhicules), et donc de l'environnement dans lequel le service va devoir s'exécuter (prise en compte du contexte d'exécution, comme les capacités de connexion, ou encore les caractéristiques des autres objets qui nous entourent). Un point également important dans les problèmes traités ici va concerner la capacité, pour des services différents et hétérogènes, à communiquer les uns avec les autres.

Les travaux présentés ici s'insèrent dans le cadre du projet régional PlaiiMOB (Plate-forme de simulation dédiée aux services de MOBilité) de CISIT (Campus International sur la Sécurité et l'Intermodalité des Transports) dont le but est de proposer un démonstrateur et un simulateur pour une plateforme de mise en place de services dans le cadre de la mobilité et de l'inter-modalité. Pour arriver à cela, nous oeuvrons tout d'abord, à la modélisation et la réalisation d'une plateforme de conception pour services mobiles appliqués aux transports. Cette plate-forme se compose de deux parties : un simulateur et un démonstrateur matériel constitué des robots mobiles.

Il est donc nécessaire de spécifier les architectures et les infrastructures de communication pour les services intermodaux qui seront utilisés. Il faut qu'elles soient le plus génériques et le plus adaptables possible, de manière à pouvoir, par la suite, implanter plusieurs configurations d'applications. Notre volonté est de développer un coeur d'architecture commun au simulateur et au démonstrateur. Une fois cette architecture mise en place, il convient de modéliser les échanges de données (évaluation de requêtes distribuées, fusion de l'information en provenance de différents acteurs) et l'invocation de services en environnement mobile. Ces travaux permettront de prendre en compte les contraintes de chaque mode de

transports (routier, ferroviaire et naval), ainsi que les contraintes en termes de communication entre les différents acteurs.

Dans ce cadre, un des points clé à étudier concerne la prise en compte des spécificités des applications de transport, au travers de leur contexte dans la réalisation et l'adaptation de ces services. En effet, le contexte, qu'il concerne l'infrastructure de transport (état des routes, météo), l'infrastructure matérielle (outils de communication), logicielle (intergiciels de communication) ou les usagers (préférences des utilisateurs), va avoir une incidence directe sur les services proposés. Il est donc important d'étudier en quoi ce contexte est différent par rapport aux applications « classiques », de manière à mieux le prendre en compte dans les modèles de déploiement et d'adaptation de ces applications.

Dans un premier temps, nous allons présenter les travaux menés sur le contexte dans le cadre des applications ubiquitaires classiques. Ces travaux ont été menés dans un précédent projet, nommé MOSAIQUES [5], qui avait pour principal but de définir une architecture d'adaptation pour services ubiquitaires. De ces travaux, nous extrapolerons une définition du contexte propre aux applications de transport, qui n'a pas pour but d'offrir une nouvelle modélisation du contexte, mais juste de mettre en avant les spécificités des applications touchant au transport et à la communication inter-véhicules. Enfin, nous verrons l'exemple de deux applications réalisées au LAMIH et à l'INRETS, qui mettent en éclairages ces aspects.

2. Le contexte dans les applications ubiquitaires : application aux transports

Dans l'ensemble des travaux actuels sur l'informatique ubiquitaire, un des points importants est la représentation du contexte. En effet, le contexte permet d'avoir une représentation informatique de l'environnement physique dans lequel se trouve l'application et le terminal embarqué. Cette information a pour caractéristique d'être très mouvante si l'environnement est très mobile est les terminaux très hétérogènes. Dans cette partie nous présenterons la représentation du contexte défini dans le projet MOSAIQUES et son utilisation dans plusieurs autres projets.

2.1. La représentation du contexte dans MOSAIQUES

MOSAIQUES est un projet régional qui s'est déroulé sur la période 2003-2007. Le but de ce projet était de fournir un modèle d'adaptation pour applications ubiquitaires. Dans ce cadre, nous avons travaillé à un modèle de représentation du contexte basé sur des travaux existants et offrant la possibilité d'une évaluation rapide et simple du contexte pour déterminer les besoins d'adaptation d'une application (notamment une application embarquée). Le méta modèle représentant les notions manipulées [2] est présenté figure 1 :

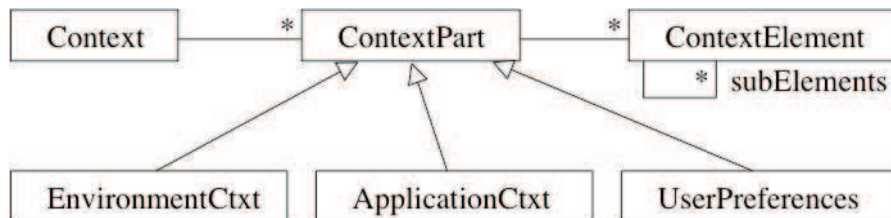


Figure 1 : représentation du contexte dans MOSAIQUES

Ici, le contexte est défini comme étant l'ensemble des caractéristiques de l'environnement d'exécution, de l'application et de l'utilisateur. Ce contexte est exploitable par les modèles d'adaptation et donc manipulable dans les plates-formes. La figure 1 présente le métamodèle retenu par les acteurs de MOSAIQUES et depuis réutilisé dans plusieurs autres travaux [1] [7].

Le contexte est structuré en trois parties (ContextPart) : EnvironmentCtxt, ApplicationCtxt, UserPreferences. Chaque partie contient un certain nombre d'éléments de contexte (ContextElement) organisés hiérarchiquement.

L'EnvironmentCtxt regroupe les propriétés relatives aux capacités de l'environnement d'exécution (capacité réseau, type d'affichage, mémoire, batterie, services techniques disponibles, etc). L'ApplicationCtxt regroupe les propriétés relatives aux besoins des services (services applicatifs). Les préférences utilisateurs (UserPreferences) regroupent les souhaits de l'utilisateur (sortie vocale, graphique, toujours utiliser le réseau le plus rapide, économiser la batterie, abonnements aux services, etc).

2.2. Applications aux applications « transport »

Notre objectif n'est pas de créer une nouvelle modélisation du contexte, déjà largement documenté dans la littérature comme dans [4], mais plutôt mettre l'accent sur ce qui est important dans le monde des transports. De plus, nos travaux sur le contexte sont fait dans la perspective, dans le cadre du projet PlaiiMOB, de co-crée une plate-forme d'expérimentation de services de transports et un simulateur pour ces mêmes services. Le but étant de concevoir et faire tourner les applications de manière transparente sur le simulateur ou dans la plate-forme.

Dans cette partie, nous allons donc nous attacher à étudier le contexte avec un point de vue applications et services de transport. Dans un premier temps, nous définissons des éléments de contexte généraux ensuite nous définissons des éléments relatifs aux services et applications. La figure 2 résume la hiérarchie des éléments que nous présentons ci-dessous.

2.2.1 Éléments généraux de contexte (EnvironmentCtxt)

Position

La notion de position permet de placer un objet (véhicule, usager, ...) dans un espace tri dimensionnel.

Pour cela, on a recours à des capteurs qui fournissent des informations de positionnement ; par exemple un récepteur GNSS de type GPS en extérieur. Ce type de mécanisme de localisation fournit une donnée brute (coordonnées sous forme de latitude, longitude et altitude). Cette information peut être utilisée par un logiciel de cartographie utilisant des algorithmes de map matching pour repositionner le récepteur sur une carte et ainsi fournir une information pertinente à l'utilisateur. Il est à noter également que le fait de disposer d'une carte géographique est un élément du contexte. On peut très bien imaginer des applications basées sur un système GNSS n'indiquant que la direction vers une destination. Des mécanismes similaires existent pour une localisation en intérieur. Cependant, ces mécanismes sont basés sur d'autres technologies que les signaux GPS (par exemple les niveaux de signaux Wi-Fi).

Dans le contexte de nos applications transport, à partir de la donnée brute de positionnement, et via l'utilisation de système de map matching, il est possible de fournir à l'utilisateur une information de positionnement ayant une forte sémantique (par exemple « vous êtes dans un hall de gare » ou « votre véhicule circule dans une agglomération »).

Temps

Le temps fait également partie du contexte d'une application. Cette donnée brute peut être obtenue à partir de l'horloge locale de la machine ou au travers des trames reçues par un récepteur GPS. Dans le dernier cas, nous obtenons une information de temps qui est globale au système.

Etat de la ressource réseau sans fil

L'état du réseau sans fil est également une information importante dans le contexte des applications mobiles. Indépendamment des données liées aux applications, avoir des informations telles que « la machine est-elle connectée ou non ?, quel est le débit maximal possible ? » peut être utile pour choisir le comportement le plus adéquat pour le dispositif.

2.2.2 Éléments relatifs aux services et applications (ApplicationCtxt)

Dynamisme du réseau : Apparition/disparition de nœuds dans le réseau

L'environnement est très dynamique : au fil du déplacement d'un équipement, les autres équipements (appelés également pairs) peuvent apparaître ou disparaître du réseau. Un mécanisme de signalisation périodique (type heartbeat) peut être utilisé pour signaler la présence d'un équipement dans le réseau.

Si certains nœuds disposent de services spécifiques de coordinations, ils peuvent également transmettre cette information dans la signalisation périodique.

Services fournis par les pairs

Les différentes applications ou services ne sont pas tous déployés sur tous les nœuds. Dans ce cas, la liste des services disponibles sur un nœud particulier fait également partie du contexte. Cette liste doit pouvoir être consultée sur requête ou être diffusée périodiquement.

Eléments fournis par un service

Finalement, les informations produites et consommées par un service - *SVC* peuvent être considérées comme faisant partie du contexte. Une classification plus fine permet de distinguer des événements - *EVT* (par exemple « un accident a eu lieu »), des données périodiques - *Data* liées au service (par exemple « le nombre de voitures que notre véhicule a croisé »)

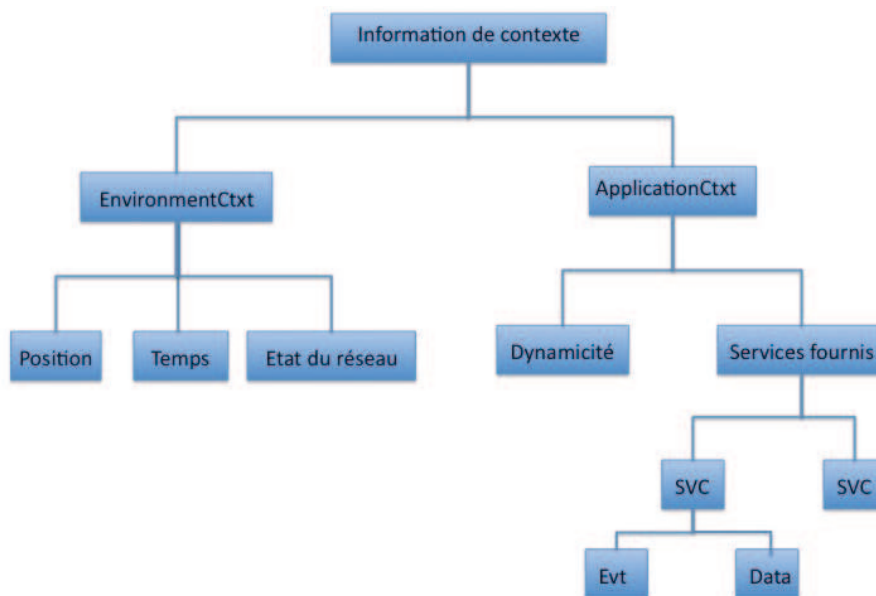


Figure 2 : Exemple de hiérarchie des informations de contexte

Enfin, les préférences utilisateurs ne sont pas ici mises en avant, car elle ne sont pas spécifiques à des applications de transport et restent donc identiques aux applications ubiquitaires « classiques ».

3. Application à la problématique VESPA

VESPA (Vehicular Event Sharing with a mobile P2P Architecture) est un système offrant la possibilité à des véhicules de partager des informations [6] au travers de réseaux de communication inter-véhicules AD-HOC (VANETs).

Les échanges de données dans VESPA reposent sur un traitement d'évènements le plus générique possible et sur un mécanisme de diffusion cherchant à éviter la perte d'information tout en évitant le flooding du réseau WiFi (dont la bande passante est par définition limitée). Aujourd'hui VESPA est capable de traiter et véhiculer des évènements de type places de parking disponibles, accidents, freinages d'urgences, traitement des véhicules prioritaires, etc... Mais tout cela n'est pas limitatif, car les évènements sont gérés de manière générique.

Cependant, bien que le traitement soit générique, VESPA repose sur un mécanisme d'évaluation de la pertinence des évènements de manière à évaluer si un évènement va potentiellement intéresser un conducteur de véhicule, ou s'il faut continuer à diffuser un évènement au bout d'un certain temps ou encore d'un certain éloignement.

$$EP = \frac{100}{\alpha \times \Delta d + \beta \times \Delta t + \gamma \times \Delta g + \zeta \times c + 1}$$

Figure 3 : Calcul de la pertinence d'un évènement

Comme le montre la figure 3, la pertinence d'un évènement est évaluée en fonction de 4 critères issus du contexte décrit précédemment [6] : La distance minimale entre la voiture et l'évènement dans le temps (Δd), un coefficient de colinéarité (Δc), le temps séparant le véhicule de l'évènement (Δt) et enfin l'ancienneté de l'évènement (Δg). Ces 4 critères sont pondérés en fonction de 4 coefficients α , β , γ , et ζ .

L'évaluation de cette fonction de pertinence dépend donc intégralement des éléments du contexte définis précédemment, dans le domaine `EnvironmentCtx` (position, temps), ou dans le domaine `ApplicationCtx` (ancienneté de l'évènement), qui seront utilisés pour paramétrer dynamiquement lors de l'exécution les coefficients α , β , γ , et ζ .

L'état du réseau et la mobilité seront eux utilisés pour configurer le protocole de dissémination choisi, qui peut varier en fonction du nombre de nœuds présents, de la mobilité de ces nœuds et de la dynamique du réseau. En effet, sur un réseau suffisamment dense, on peut se contenter de véhiculer les messages de proche en

proche [3], alors que sur un réseau peu dense, ou en plus les véhicules pourront être fortement mobiles (réseau autoroutier par exemple), on pourra nécessiter l'utilisation de « mules » (véhicules que l'on croise qui prendront en charge le message pour le porter aux véhicules suivants).

4. Illustration sur l'application « arrêt de bus »

La seconde application que nous allons étudier est embarquée pour partie dans un bus et pour partie sur les terminaux des usagers. Le service que nous présentons maintenant permet aux usagers d'être prévenus [8] automatiquement et de manière individuelle que le bus approche de l'arrêt où ils souhaitent descendre.

Un autobus est alloué sur une ligne particulière. Une ligne de bus comprend bien souvent deux terminus ainsi qu'un certain nombre d'arrêts connus répartis le long de la ligne. L'autobus est équipé d'un ordinateur embarqué, d'un équipement de localisation (type récepteur GPS) et d'un moyen de communication sans fil.

Les usagers du système disposent d'un équipement personnel de type PDA permettant le dialogue avec le ordinateur embarqué dans l'autobus. Lorsqu'un autobus entre dans une zone pertinente – c'est à dire à l'approche d'un arrêt –, il envoie, au moyen du dispositif de communication sans fil, un message décrivant l'arrêt. Tous les usagers qui ont programmé leur dispositif d'alerte pour cet arrêt sont notifiés que le bus approche de l'arrêt et qu'ils doivent se préparer à descendre. Pour cette application, nous utilisons différents éléments de contexte décrits ci-dessus.

Pour le bus

Le bus obtient sa position géographique au travers d'un récepteur GPS. Cette donnée brute doit ensuite être transformée en information de plus haut niveau ayant une sémantique dans notre application ; c'est la notion d'arrêt de bus. Il est à noter que cette application n'a pas besoin de carte géographique, une simple comparaison de coordonnées GPS, avec un calcul de distances, permet de savoir si le bus est proche ou non d'un arrêt.

L'information de dynamique du réseau est utile pour déterminer si un terminal est apparu ou a disparu du réseau. Dans le premier cas, le bus notifiera à ce terminal les arrêts qui vont être rencontrés au fil du déplacement. Dans le second cas, cette information permet de ne pas encombrer le réseau avec des messages inutiles.

Pour l'utilisateur

L'information de dynamique du réseau permet à l'application de savoir si elle – et donc le propriétaire du terminal – est à l'intérieur du bus. L'application peut alors se faire connaître auprès du serveur embarqué dans le bus. L'information relative au nom de l'arrêt de bus est ensuite exploitée par le terminal pour prévenir l'utilisateur s'il doit descendre ou non.

Tout comme dans le cas du projet VESPA, dans cette application, qui repose, elle, sur l'utilisation d'un serveur d'information embarqué dans le bus, le contexte

est principalement utilisé de manière à assurer une notification pertinente des usagers.

5. Conclusion et perspectives

Dans le cadre du projet PLAiMOB, nous travaillons à la définition d'une plateforme de réalisation de services de mobilité pour des applications dans le domaine des transports. Dans cet article nous avons abordé la problématique de la spécificité du contexte pour une application de communication inter-véhicules ou usager-véhicules. Ce contexte sera réutilisé par la suite dans un modèle d'adaptation des applications de transports qui reposera sur le meta-modèle défini dans le cadre du projet MOSAIQUES. Cette adaptation permettra de prendre en compte les évolutions (position, connectivité du réseau, mobilité, services à disposition) au cours de l'exécution de l'application dédiée au transport.

Dans le cadre de ces applications, de par le degré de mobilité souvent élevé, le déroulement s'effectue dans des environnements très dynamiques. Cela a plusieurs conséquences : tout d'abord sur les mécanismes de diffusion de l'information mais aussi sur la pertinence et la qualité de l'information modulée en fonction de la distance entre son lieu de production et son lieu de consommation.

Nous avons appliqué ces études à deux exemples très différents qui montrent les conséquences directes des variations de ce « contexte transport ». Ainsi, il apparaît que bien que l'approche de l'application soit radicalement différente en terme d'architecture de communication, de mobilité et de dynamique, la problématique résultante est la même.

Ce travail d'identification des caractéristiques des applications liées aux transports et de mise en cohérence avec une modélisation du contexte plus large n'est que le début d'un travail plus global portant à une réalisation d'une plateforme de réalisation de services dans le cadre des transports intermodaux.

Cette plateforme se basera sur les travaux sur l'adaptation des services ubiquitaires en tenant compte des contraintes spécifiques identifiées ici. Elle comportera également un volet simulation offrant la possibilité de tester plusieurs architectures de communication et d'évaluation de la pertinence des événements.

6. Remerciements

Ce travail de recherche a été financé par CISIT (International Campus on Safety and Intermodality in Transportation), la région Nord-Pas-de-Calais, la communauté Européenne, la délégation régionale de la recherche et Technologies, le ministère de l'enseignement et de la recherche et le CNRS.

Les auteurs remercient grandement ces institutions pour leur soutien.

7. Bibliographie

- [1] BASTIDE G., SERIAI A., OUSSALAH M. (2009). Autoadaptation de composants logiciels : Mécanismes d'auto adaptation de la structure de composants appliqués aux environnements ubiquitaires, RTSI-ISI, Gestion des données dans les SI pervasifs, vol 14, janvier
- [2] CARON O., CARRÉ B., GRANSART C., LE PALLEC X., LECOMTE S., MARVIE R., NEBUT M., SERIAI D., VANWORMHOUDT G. (2006). Proposition pour la modélisation d'applications ubiquitaires. *3èmes Journées Francophones: Mobilité et Ubiquité 2006*, ACM International Conference Proceeding Series, Paris, septembre.
- [3] CENERARIO N., DELOT T., ILARRI S. (2008). Dissemination of information in inter-vehicle ad hoc networks. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV'08)*, Eindhoven, The Netherlands, juin.
- [4] Dey A. K., Abowd G. D., « Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness », Workshop on The What, Who, Where, When, and How of Context-Awareness, as part of the 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2000), The Hague, The Netherlands, April, 2000.
- [5] DUCHIEN,L et Al., USTL; UVHC; EMD; INRETS, 2007, Projet CPER MOSAIQUES MOdèles et infraStructures pour Applications ubIQUitairES, 87p
- [6] DELOT T., CENERARIO N., ILARRI S. (2008). Estimating the Relevance of Information in Inter-Vehicle Ad Hoc Networks. *MDM'08 International Workshop on Sensor Network Technologies for Information Explosion Era (SeNTIE'08)*, IEEE Computer Society, Beijing (China), pp. 151-158, avril.
- [7] GRINE H., LECOMTE S. (2008). Self-Adaptation of a Query Service Using Reconfigurable Components. *1st International Workshop on Data and Services Management in Mobile Environments (DS2ME) In conjunction with the 24th International Conference on Data Engineering (ICDE'08)*, IEEE International Conference Proceeding, Cancún (Mexico), avril, ISBN 978-1-4244-2162-6.
- [8] RIOULT,J, GRANSART,C, AMBELLOUIS,S, 2004, ZUT, J'AI LOUPE MON ARRET – un nouveau service d'aide aux déplacements dans les transports publics, Les nouvelles technologies dans la cité, Rennes, France, Décembre

Towards a general purpose network layer protocol for VANETs

Carlos F. Caloca¹

Univ Lille Nord de France, F-59000 Lille, France

UVHC, LAMIH, F-59313 Valenciennes, France

CNRS, UMR 8530, Le Mont Houy, 59313 Valenciennes Cedex 9 (France)

ccaloca@cicese.mx

ABSTRACT. The different communications requirements of the various VANET applications and the extreme dynamism of context variables have originated a vast range of communication protocol proposals that are application-specific. This will become a problem when deploying the network to the real world and a standard network layer protocol is needed. This paper reviews such problem above and highlight the need have a general purpose network layer protocol. We also begin exploring possible research directions (adaptive protocols and message/application-specific communication protocol) that we think can be the starting point in proposing a solution.

KEY WORDS: Network layer, VANET, adaptive protocols, general purpose protocol.

¹ The author is also affiliated with CICESE Research Center in Ensenada, Baja California, Mexico.

1. Introduction

Starting with the idea of providing safer driving by using inter-vehicle communication, the concept of vehicular ad hoc networks (VANETs) has been extended to support various applications, which can benefit from wireless short range communication (e.g. IEEE 802.11 standards) between vehicles. Today, applications range from simple exchanges of data describing the vehicle status, to highly complex, large-scale traffic management including the integration of fixed infrastructure. Although active safety applications still represent the central idea, traffic efficiency applications, as well as entertainment and business applications, have also been proposed. Schoch et al. [SCH 08] compiled a very good list of possible VANET applications, categorizing them into 4 main groups:

- *Active safety Applications*: Typical and most useful group of applications for VANETs with a direct impact on road safety. For example, such applications may concern dangerous road warnings (curve speed, violated traffic lights or stop signal), abnormal traffic or danger of collision (lane change, emergency brake lights), etc.

- *Public service*: Vehicular networks are also intended to support public service applications like police or emergency recovery units (e.g., warnings about an emergency vehicle approaching or stolen vehicle tracking service).

- *Improved Driving*: This category contains applications that try to improve or simplify driving. (e.g., cooperative cruise control, enhanced route guidance and navigation, parking spot locator, etc.).

- *Mobile Business and Entertainment*: Here, the focus is on delivering services to customers, automation of vehicle-related tasks or payment applications. (e.g., vehicle maintenance applications (wireless diagnostics, software updates), mobile services (Internet service providing, video/voice/text communication with surrounding vehicles), etc.).

Although the categories mention by Schoch et al. seems prudent, the real contribution is highlighting the vast number of possible applications that are feasible with a VANET, this fact helps make more attractive the development a such a network. The diverging requirements for these applications have made the design of the communication system application-specific. Indeed, to deliver data to potentially interested vehicles, existing VANET network layer proposals focus on a network layer protocol well suited to a specific group of applications. This is becoming a problem because, in the same fashion as there is only one networking protocol (IP) in the Internet, a standard network layer protocol for VANET is needed. Having a network layer protocol per application or environment is indeed not a sound solution in order to provide drivers different types of services.

Given the issues explained above, our goal in this paper is to discuss and highlight the need of a general purpose network layer protocol that can support a wide variety of different applications requirements with acceptable performance whatever the characteristics of the vehicular network. Such a protocol is indeed needed to design context aware data dissemination protocols in order to deploy useful driver assistance applications in such context. In the following, we point out different research directions that can help propose this ideal network layer protocol.

The rest of the paper is organized as follows. In section 2 we identify and classify the different communications needs of VANET applications. Section 3 presents various context elements relevant in the VANET context and which have to be considered to propose a network layer solution well adapted to the environment. Section 4 presents two complementary research directions that we think could help us in our goal of a general purpose network layer protocol. Finally, we conclude in section 5 and present the perspectives of this work.

2. Existing communications patterns for VANETs

In order to propose general purpose network layer protocol that can support most VANET applications, our first task must be to correctly identify the different communication requirements that exist in them.

Extracting the communication requirements of all VANET applications is not a trivial task, even for a subset of applications. One first approach is made by Schoch et al. [SCH 08] who introduced the elegant concept of “communication patterns”. Although the proposed patterns and applications examples are still up to discussion, we think that this is a good starting point in identifying these communications requirements. Below we present and illustrate these different communication patterns:

- Beaconing*: This pattern allows the continuous update of information among neighboring nodes, using periodic broadcast. This pattern is also of very common use in protocols with other communication patterns (e.g., a proactive unicast routing protocol). Some applications which use this pattern are: warning of dangerous road features like curve speed, lane change assistant, emergency electronic brakes, emergency vehicle approaching warning, and just-in-time repair notification.
- Geobroadcast*: This pattern deals with the immediate distribution of information using multihop dissemination within a geographical destination region defined by the sender of the message. Such communication solution is used to advertise incidents occurred like traffic congestions on highways. The destination area should then be set so that drivers can be warned far enough from the event to find an exit on the highway and avoid encountering it.

- *Unicast routing*: Although this communication pattern is common in usual network protocols, it is difficult to implement in VANETs. The purpose is to of this pattern is to transport data through ad hoc network to a destination. As opposed to the other ones, this communication pattern is the only one which fully supports bidirectional communication (connection-oriented). Some examples of applications using this solution concern the delivery of information about road surface conditions to traffic authority centers or video/voice/text communication with surrounding vehicles.
- *Advance Information Dissemination*: This pattern uses broadcast and considers various parameters to determine whether a message should resent or to in order to avoid flooding. Here, the sender of the message does not explicitly specify a destination (spread depends on contextual relevance), and it is adapted to bandwidth constraints. Some authors [CEN 08] [ADL 06b] have enhanced this definition to also consider geographical input to drive the spread of the dissemination. Some example applications that need such a pattern are: Intelligent traffic flow, efficiency enhance route guidance and navigation, incident occurred post crash warning, point of interest notification, distributed parking spot locator service.
- *Information aggregation*: This pattern is very different from the others, because it is more information-oriented than message-oriented. Data is here not simply forwarded but processed and merged by nodes. The central component is a knowledge base, augmented with local information and remote data collected by vehicles. Some information aggregation proposals are giving by Defude et al. [DEF 08], Tian et al. [TIA 05] and Wischhof et al. [WIS 05]. The benefits consist in a reduction of the overhead when multiple vehicles detect an event and a better quality of the information. However, this pattern is not appropriated for time sensitive applications. Some example applications that could use this pattern are: Abnormal traffic and road conditions warnings, intelligent traffic flow control, parking spot locator service, etc.
- *Carry and Forward*: This pattern aims at rely on the mobility of vehicles to diffuse a message in the network. Therefore, a moving vehicle carries the packet until a new vehicle moves into its vicinity and forwards the packet. Carry and forward can help to better route in sparse and partitioned networks. Predicted mobility/destination with road layout can benefit this pattern greatly. Some example applications that could use this pattern are: SOS service to aide center, stolen vehicle tracking service, incident occurred (post-crash, breakdown warning), vehicle tracking. This pattern is not stated by Schoch et al. [SCH 08], as diffusion by mobility of vehicles is different enough to merit taking into account.

The important conclusion when seeing these proposed patterns is to notice that they can serve efficiently to some types of applications, and not be appropriate to others ones. For example, the geobroadcast pattern is fit for applications like post-crash or breakdown warning because it concerns surrounding vehicle and the warning has to travel fast enough. On the contrary, using unicast routing pattern is not well suited for this application because knowing all the possible destinations that need to receive this warning in the least amount of time is complicated. In addition, some applications like the Parking spot service can have multiple solutions (centralized or not) and though can use different patterns for each kind of solution.

In the quest of a general purpose network layer protocol, if we succeed in correctly identify the communications patterns, the number of possible VANETs applications that the general purpose network layer protocol can support can be extrapolated in the number of communication patterns that it can handle, and if they can be combined. In the next section, we will show that besides the application requirements another major set of constraints to the development of application and, respective message dissemination methods is given by the network characteristics, which make VANETs a very distinct category of ad hoc networks.

3. Dynamicity of the VANET context

Vehicular networks are different compared to other ad hoc networks because some context elements have rapidly changing values in the course of the lifetime of the network. These variable context elements make developing an efficient network layer protocol even more complex. Schoch et al. work [SCH 08] point this dynamicity by identifying a set of context variables presented in the following.

3.1 Node velocity

Node velocity may range from zero for stationary RSUs or when vehicles are stuck in a traffic jam to over 130 kmph on highways. These two extremes each pose a special challenge to the communication system:

- With a high node velocity, the mutual wireless communication window is very short due to a small transmission range of several hundred meters..
- In the other extreme, with almost no mobility, the network topology is much more stable. However, slow movements in the vehicular domain usually also mean a very high vehicle density, which results in high interference, medium access problems, etc.

3.2 Movement patterns

Vehicles do not move around arbitrarily, but use predefined roads, usually in two directions. Unpredictable changes in the direction of vehicles usually only occur at intersections of roads. We distinguish three types of roads:

- Dense city road network: Road density is relatively high, many intersections, and buildings limit wireless communication.
- Rural roads: Intersections are rare, few vehicles are on the road.
- Highways: Multi-lane road, movements are quasi one-dimensional, usually keep their direction towards another city.

3.3 Node density

It is not hard to imagine that vehicles in mutual radio range may vary from zero to dozens or even hundreds. If we assume a traffic jam on a highway with 4 lanes, one vehicle at every 20 meters and a radio range of 300m, every node theoretically has 120 vehicles in his transmission range. In addition, node density is not only correlated to the type of road, but also to time (in the daytime-high density, in the night – low density).

- In case of very low density, immediate message forwarding gets impossible. In this case, more sophisticated information dissemination is necessary, which can store and forward selected information, when vehicles encounter each other.
- In high-density situations, the opposite must be achieved. Here, only selected nodes should repeat a message, because otherwise this may lead to an overloaded channel.

3.3 Node heterogeneity

Among the nodes participating in the envisioned applications, we find numerous different kinds and types.

- A basic distinction can be made between vehicles and infrastructural units, often called road side units (RSU). RSU infrastructural nodes may simply emit data to the network or have complete ad hoc functionality. Moreover, infrastructural nodes may provide access to background networks, and these nodes are stationary.
- Vehicles can be further categorized in private vehicles, authority vehicles, road construction and maintenance vehicles and so on.

To summarize, in a normal network operation contexts variables can have extreme values, good communication protocols have to work satisfactory in both extremes. If not, the future applications and VANET in general are not going to be attractive to future users. Our future general purpose network layer proposal has to be design to work well in a real VANET environment that will certainly have these extreme contexts variables.

4. Research directions

As explained in the previous sections, the design of a general purpose network layer protocol for VANETs applications is not trivial due to the various requirements of the applications and the extreme changing networks characteristics. In this section we will highlight possible research directions that we find interesting to explore in the design of a general purpose network layer protocol. These research directions are complementary, by knowing how to balance both we are confident that can we reach the design of a general purpose network layer protocol.

4.1 Adaptive protocols.

Adaptive protocols have been defined by Hadzic et al. [HAD 99] as protocols that automatically adjust their behavior to runtime phenomena such as traffic or link characteristics. Although these adaptive solutions have been proposed before for others networks, recent network layer proposals in VANETs have highlighted their interest when dealing with changing environments.

4.1.1. Existing adaptive protocols

Adaptive protocols solutions have been propose before in other networks and have proven effective in dealing with changing environments. Traditional protocol architectures have provided for adaptation in important ways, such as TCP/IP's congestion-control algorithms, which adapt to the available bottleneck throughput. SHARP [RAM 03] is a hybrid routing protocol that automatically finds the balance point between proactive dissemination and reactive discovery to dynamically adapt to changing network characteristics and traffic. AZRP [GIA 04] tunes routing algorithm parameters (zone radius and route update interval). Zhao et al. [ZHA 06] proposed an adaptive routing framework that supports three adaptive mechanisms: selecting routing module, tuning routing algorithm parameters and adjusting routing metric.

Adaptive solutions are recently staring to appear in the realm of VANETS. Adler et al. [ADL 06a] [ADL 06b] stated various requirements for a good dissemination protocol for Local Danger Warning (LDW) applications. They propose a recipient-based framework that can quickly adapt the dissemination area, message time, message prioritization depending of a number of custom network and applications context variables. These adaptations in each recipient maximize the relevance parameter tied to the performance of the application, each LDW application having its own relevance parameter. The interesting conclusion is that by exploiting the adaptability property it is possible to have a protocol that is general enough to work well with different applications and in different contexts.

Cenerario et al. [CEN 08] proposed a variant of this kind of adaptive dissemination protocol for LDW messages, designed to optimize the “encounter probability” parameter. They go farther by proposing a more detailed framework to adapt dissemination area and message time for static/mobile and directional/non directional events, a specific event represent a possible vehicular application. They got good results with different context conditions, and show also the feasibility and utility of these kinds of adaptive protocols.

As we can see, introducing the adaptability property in various types of protocols has been beneficial, thus reaffirming our interest in exploring these adapting solutions.

4.1.2. *Types of adaptation in the VANETs communication protocols*

Exploring previous proposals in adaptive protocols in VANETs, we think is beneficial to extend the definition to not only adapt to runtime network phenomena, but also to various high level application needs. In summary, we can define two kinds of adaptation for the classification of network layer adaptive protocols for VANETS:

- Application adaptive:** The routing protocol can be tailored to disseminate messages with specific application requirements (or type of message).
- Context adaptive:** The routing protocol can be tailored to disseminate messages adapting to dynamic context parameters of the network environment. From section 3, we can identify some important network context parameter (node velocity, movement pattern, node density), we can also add other context parameters that we find interesting (some of them are more high level than those from section 3):
 - Link level context* like low signal quality and shared medium contention, could be the base to deduce other high level context.
 - Network mobility* (different from node mobility because this represents the mobility environments around the node). E.g. if a vehicle deduces that the network mobility is high, it will only be possible to communicated for briefs moments if at all.
 - Varying traffic patterns and distributions*, this high level context variable could help adjusting the dissemination to the traffic load.
 - Optional routing information of board aid systems* (digital maps, navigation systems, GPS), maybe not all vehicles will have these devices, but exploiting them when a vehicle has them could be interesting.
 - Vehicle position and direction to destination*, these context variables have proven to help the dissemination/routing of a message in recent proposals.
 - Presence of Vehicle-to-Infrastructure backbone network*, could help to propagate the message to long distances (RSU network) or when wireless communication is not possible (3G networks).

-*Applications needs like message dissemination direction*, could give extra information to the network layer protocol to only disseminate in one direction.

4.1.3. *Policy/Mechanism/Metric model for adaptability*

The problem with adaptive solutions is that is not easy to implement. For proposing an adaptive solution, one has to have an extensive knowledge on the problem context that we want to adapt. Also finding how to exploit it so we can have benefits in the end can be a difficult challenge.

Works from Hadzic et al. [HAD 99] and Boleng et al. [BOL 02] are good starting points to ease the development of adaptive solutions. Hadzic et al. [HAD 99] proposed designing adaptive solution using a “policy/mechanism” separation. Boleng et al. [BOL 02] introduced the definition of “metric” which also helps to identify a part of puzzle to design an adaptive solution. Seeing that these works are complementary, we extracted these ideas introducing a Policy/Mechanism/Metric model:

- *Metric*: In the Policy/Mechanism/Metric model, a metric can be defined as the parameters that the protocol observes in order to make the proper adaptations to increase the overall benefit of the application. To put in a simple way, defining a possible metric for an adaptive solution we need to answer the question: How does it detect that it needs to adapt? Some possible adaptive metrics for routing protocols for VANETS are mention in section 4.1.2, where there are references as context variables. Of all possible metrics, not all are appropriate to used in an adaptable protocol, Boleng et al. [BOL 02] defined a set of requirements that it must meet in order to enable adaptive MANET protocols, these requirements can be extrapolated to VANETS.
- *Mechanism*: In the Policy/Mechanism/Metric model, a mechanism can be defined as the instrument that will be the modified (or maybe put or remove) in order to make the adaptation possible in the protocol. To put in a simple way, defining a mechanism for an adaptive solution we need to answer the question: How does it adapt? Analyzing previous adaptive protocol proposals we can extract the mechanism they use in order to adapt. Cenerario et al. [CEN 06] used as mechanism the dissemination area and time. Adler et al. [ADL 06a] apart of using dissemination area and time, proposed also the mechanism of message prioritization.
- *Policy*: In the Policy/Mechanism/Metric model, a policy can be defined as the decisions or logic that the protocol uses in order to know in what conditions to make the adaptation or how it manage the mechanism to accomplish the adaptation. To put in a simple way, defining a policy for an

adaptive solution we need to answer the question: When does it know, and how much does it need to adapt? Hadzic et al. [HAD 99] noted that the major challenge for any adaptation scheme is the policy decision and stated the factor in policies in which depends the performance of an adaptive protocol.

To give a quick example, imagine an adaptive solution for a VANET application with acceptable performance in low and high traffic scenarios. If we try and think of a problem as a whole, it can be overwhelming. However, separating into three subproblems renders it more manageable:

- Metric: Some examples of possible variables to detect traffic conditions could be node density, type of road/hour of day or share medium contention, but there could be many others.
- Mechanism: Possible ways of controlling the traffic condition could be to limit the information sent, adapt dissemination area or control the dependency on vehicle-to-infrastructure network to forward information. There could be other possible mechanisms, and finding the best mechanism is a problem by itself.
- Policy: Here the possibilities are vast and even as complex by taking into account various multiple metrics and mechanisms. One of the most simple policy could be a condition statement like this:

```
If local_node_density is greater than 6
    Limit_information_sent by 50%
Else
    100% information_sent
```

4.2 Application-specific and message-specific network layer protocol

Our last research direction is to explore the idea of network layer protocol selection by the application at runtime when needed. Our reasons to explore this research direction is because it may not be possible or not viable to have only a single network layer protocol that support all others, but we can have a set of network layer protocols that we can integrate into our general purpose network layer protocol. The question arrives in how can we integrate this set of protocols into one, and let the application decide and pick his communications needs.

4.3.1. Application-specific network layer protocol

One possible solution is to change only one communication protocol at a time in all network nodes, and when needed consensually change the protocol in all nodes. Zhao et al. proposal [ZHA 06] of an adaptive framework does this change of protocol at a global scale, a global distributed policy manager is responsible of detecting the need to change and inform all network nodes to change the protocol.

The previous approach can be extended to support various network layer protocols at a time in the network, by making it application-specific. Every node maintains an association table where we associate a specific VANET application with the network layer protocol that it is currently using. When the global distributed policy manager detects that an application needs change its network layer protocol, the policy manager will inform all nodes in the network and only the association table needs to be modified in the nodes.

4.3.2. *Message-specific network layer protocol*

Zhao et al. [ZHA 06] mention that switching network layer protocols at a global scale results in extra overhead and service discontinuity. Another approach is to make the network layer protocol message-specific; this can be done by adding what protocol to use in the header of the message. Every node in the network has installed all the possible network layer protocols and a static table associating the protocol with an identifier.

Message-specific network layer protocols have the advantage of not requiring a global policy manager like entity, thus eliminating the extra overhead and service discontinuity of globally changing the protocol. With message-specific network layer protocol one could even change the protocol in the middle of this trajectory, simply by modifying the identifier of the protocol in the message. Some examples of the utility of this idea are:

- If a message that routes a unicast protocol arrives in a vehicle that cannot possibly route because there aren't any neighbors to pass the message, it can switch to a carry and forward communication protocol.
- If a message arrives to a node that includes a backbone network (RSU or maybe a vehicle that has 3G connection) and this can benefit the message delivery, it can switch the communication protocol to that used by the backbone network.
- Imagining that the sender vehicle needs to disseminate a message in an area that it's not in and is far away. With message-specific approach the message can first use a unicast protocol to a vehicle that is in the target dissemination area and then switch to a geobroadcast protocol.

5. Conclusions

Although there are a lot of potential VANET applications, most of them have very different communications requirements, since most VANET network layer protocols proposals today are specific for one application or a group of them. Of course, VANETs will only be attractive to potential users if not only one, but most of these applications can be deployed in the network. Thus, there has to be some

convergence in all current proposals, in order to standardize a network layer protocol.

Adaptive protocols have the potential advantage of balancing performance to various application and network scenarios with only a single protocol, and can help applications running in the network to work in harmony. However, adaptive protocols require a great effort and understanding to fine-tune an acceptable performance to all applications from the start, because future modifications to an adaptable solution are difficult given the impact to other applications and network variables.

In application-specific and message-specific network layer protocols, an advantage is that an application has more liberty to choose the most suitable between the protocols, and future support to other applications can be as simple as adding another protocol. On the contrary, having a set of protocols can render the general purpose protocol complex and bloated. Also special care has to be taken to preserve the harmony between the different network protocols of the applications, or to coordinate the change of protocol in all nodes running the application.

In our future work we will explore more in depth these research directions. We think a combination of these research directions could be interesting, by first finding a given minimal set of applications communications requirements group by adaptive solutions, then this minimal set can be handled by an application-specific or message-specific network layer protocol approach.

Acknowledgments

The present research work has been supported by International Campus on Safety and Intermodality in Transportation the Nord-Pas-de-Calais Region, the European Community, the Regional Delegation for Research and Technology, the Ministry of Higher Education and Research, and the National Center for Scientific Research. The author gratefully acknowledges the support of these institutions.

6. Bibliography/References

- [ADL 06a] Adler C., *Information Dissemination in Vehicular Ad Hoc Networks*, PhD thesis, University of Munchen, 2006.
- [ADL 06b] Adler C., Eichler S., Kosch T., Schroth C., Strassberger M., "Self-organized and Context-Adaptive Information Diffusion in Vehicular Ad Hoc Networks", *3rd International Symposium on Wireless Communication Systems ISWCS '06*, September 2006, p. 307-311.

Towards a general purpose network layer protocol for VANETs

- [BOL 02] Boleng J., Navidi W., Camp T., "Metrics to Enable Adaptive Protocols for Mobile Ad Hoc Networks", *Proceedings of the International Conference on Wireless Networks ICWN '02*, Las Vegas USA, June 2002, p. 293-298.
- [CEN 08] Cenerario N., Delot T., Ilarri S., "Dissemination of information in inter-vehicle ad hoc networks", *IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2008*, Eindhoven, the Netherlands, June 2008, p. 763-768.
- [DEF 08] Defude B., Delot T., Ilarri S., Zechinelli Martini J-L., Cenerario N., "Data aggregation in VANETs: the VESPA approach", *In Mobiquitous'08 - 1st International Workshop on Computational Transportation Science IWCTS'08*, Dublin Ireland, July 2008, ACM Digital Library.
- [GIA 04] Giannoulis S., Katsanos C., Koubias S., Papadopoulos G., "A hybrid adaptive routing protocol for ad hoc wireless networks," *Proceedings of IEEE International Workshop on Factory Communication Systems WFCS'04*, September 2004, p. 287-290.
- [HAD 99] Hadzic I., Marcus W., Smith J., Policy and Mechanism in Adaptive Protocols, technical report no. MS-CIS-01-03. January 1999, Department of Computer & Information Science University of Pennsylvania and Bellcore,
- [RAM 03] Ramasubramanian V., Haas Z., Sireer E., "SHARP: a hybrid adaptive routing protocol for mobile ad hoc networks", *Proceedings of the ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing MobiHoc'03*, June 2003, p. 303-314.
- [SCH 08] Schoch E., Karg F., Leimüller T., Weber M., "Communication Patterns in VANETs". *IEEE Communications Magazine*, vol 46(11), November 2008, p. 119-125.
- [TIA 05] Tian J., Marrón P., Rothermel K., "Location-Based Hierarchical Data Aggregation in Vehicular Ad Hoc Networks", *In Proceedings of the 14. ITG/GI-Fachtagung Kommunikation in Verteilten Systemen KiVS'05*, Kaiserslautern Germany, February 2005, p. 166-177.
- [WIS 05] Wischhof L., Ebner A., Rohling H., Information Dissemination in Self-organizing Intervehicle Networks. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol 6(1), March 2005, p. 90-101.
- [ZHA 06] Zhao S., Raychaudhuri D., "Policy-Based Adaptive Routing in Mobile Ad Hoc Wireless Networks", *Processing of the IEEE 2006 Snarnoff Symposium*, Princeton, NJ, March 2006, p. 1-4.

Atelier Gestion des Données dans les Systèmes d'Information Pervasifs

Modélisation d'un système d'information de flux multimédia assurant l'interopérabilité des capteurs sans fils mobiles

Makhlouf Derdour
Université de Tebessa –
Algérie
Tébessa – Algérie
m.derdour@yahoo.fr

Nacira Ghoualmi-Zine
Université Badji Mokhtar
Annaba – Algérie
ghoualmi@yahoo.fr

Marc Dalmau,
Philippe Roose
LIUPPA - IUT de Bayonne
Pays Basque
Bayonne – France
{roose, dalmau}@univ-pau.fr,

RÉSUMÉ. La forte demande dans le domaine des réseaux ambiants, permet actuellement d'envisager le développement de réseaux de capteurs pour un grand nombre d'applications. Ces réseaux, tout comme les réseaux ad hoc souffrent de nombreuses limitations en terme de performance, du fait du manque d'infrastructure et de la nature du média sans fil. La mutualisation des moyens informatiques et la tendance vers le « tout multimédia » laisse penser que les capteurs sans fils intégreront dans un avenir proche des préoccupations liées à ce domaine, c'est-à-dire qu'ils seront amenés à participer au transport et éventuellement au traitement de flux multimédia, Ce qui provoque l'apparition de plusieurs problèmes tel que la capacité limitées des capteurs et l'incompatibilité des flux manipulés par ces capteurs. L'objectif de cet article est de proposer une modélisation d'un système d'information évolutif, en fonction de représentation des flux de données, des traitements (adaptation) et de l'environnement (capteurs). Chaque composant (matériel ou logiciel) de notre système devant communiquer avec un autre devrait consulter ce système d'informations via un serveur pour obtenir une interface de communication capable de lui assurer une très bonne communication. Le système d'information, en fonction des caractéristiques des flux à faire transiter et du profil de l'émetteur/récepteur, fournira l'interface correspondante à l'émetteur et au récepteur. Ainsi, on pourra disposer de deux interfaces compatibles qui sauront communiquer entre elles et, par extension, les composants pourront, grâce à elles, échanger des informations quelle que soit la structure et le format de flux. L'avantage d'un tel système d'information réside également dans son évolutivité dans le sens où il pourra être enrichi aux grés des flux fournis/requis et ainsi proposer de nouvelles connexions et donc de nouveaux maillages dans l'échange de flux de données.

MOTS-CLÉS: Capteur, Média, Adaptation, intégration, architecture logiciel, hétérogénéité, Système d'information.

1. Introduction

Les progrès technologiques récents ont permis l'apparition d'une grande variété de nouveaux moyens permettant à un utilisateur d'accéder et d'utiliser l'information multimédia qui l'intéresse en tout lieu et à tout moment. Les appareils d'accès à l'information ont subi une véritable révolution. En effet, Les utilisateurs veulent accéder au même contenu en utilisant des appareils très divers : ordinateurs portables, assistants personnels, téléviseurs, téléphones cellulaires, PDA, capteur...etc.

L'hétérogénéité des moyens et des appareils d'accès s'est accompagnée d'une évolution importante du côté du contenu de l'information disponible sur le réseau. Le contenu est de plus en plus complexe : plusieurs formats (HTML, XHTML, SMIL, etc.), différentes fonctionnalités et ressources médias (animations, vidéo, audio, etc.). D'autre part, le contenu peut être trop complexe pour qu'un terminal ayant des capacités limitées puisse le traiter et le présenter correctement. Pour cela il est nécessaire de trouver des mécanismes qui permettent l'accès et l'utilisation de l'information sous une forme qui corresponde aux contraintes imposées par l'environnement.

Notre article porte sur l'étude des capteurs sans fils et souhaite définir un ensemble de techniques, méthodes et outils dédiés pour optimiser les propriétés non fonctionnelles par reconfiguration dynamique en environnement mobile. Dans un environnement hétérogène, chaque entité ou groupe d'entités aura ses propres caractéristiques fonctionnelles/non fonctionnelles qui influenceront très fortement les reconfigurations possibles. La problématique est justement celle de la gestion des flux d'informations. Il s'agit plus particulièrement de proposer un modèle générique de flux de données pouvant intégrer des caractéristiques diverses, (multimédia: flux continu ou non continu, synchronisation intra et inter flux ou non multimédia : temps réel ...). Ce modèle de flux devra à la fois s'affranchir des contraintes techniques liées à la diffusion filaire ou non, mais également des caractéristiques liées à la structure même du flux.

Pour ce faire, il faudra proposer un système d'information évolutif permettant de représenter tout type de flux de données, et à chaque communication le système fournira à l'émetteur et au récepteur une interface capable d'assurer une bonne communication et capable de régler le problème d'hétérogénéité de ces derniers. L'avantage d'un tel système d'information réside également dans son évolutivité dans le sens où il pourra être enrichi aux grés des flux fournis/requis et ainsi proposer de nouvelles connexions et donc de nouveaux maillages dans l'échange de flux de données. Donc, notre objectif est la modélisation d'un tel système capable de gérer les communications entre les nœuds (capteurs) mobile et capable d'assurer la cohérence et la compatibilité lors d'un échange d'information entre ces nœuds.

Après l'introduction, notre article est subdivisé en 4 sections. Dans la première section, il est nécessaire de définir le concept de capteur et d'indiquer les caractéristiques des réseaux des capteurs sans fil mobile. Dans la section suivante, nous présentons les différentes techniques utilisées pour l'adaptation et nous exposons le problème d'adaptation au niveau des capteurs sans fil plus en détails. Dans la troisième section nous proposons une modélisation possible des médias et de ses liens. Par la suite, nous présentons les résultats d'un travail plus focalisé et qui se place dans le cadre de l'interopérabilité dans une architecture logiciel intégrant des capteurs sans fil mobiles. Il s'agit d'une architecture d'un système d'adaptation. Ce travail s'achève par une conclusion.

2. Capteur sans fil

Tout travail sur le flux multimédia doit être précédé d'une réflexion sur l'utilisation future de ce documents multimédia et donc sur l'appareil qui sera chargé de la diffuser. Un capteur est composé de trois éléments : une carte d'identité, une ou plusieurs fonctions et un module de communication. Sa carte d'identité est elle-même composée de quatre éléments : un processeur, une mémoire, une batterie et un système d'exploitation. Le module de communication est composé d'un mode de communication (communication événementielle), communication client/serveur, et d'un type de transmission comme le WIFI ou le Bluetooth. (Roose, 2006). Un capteur peut avoir plusieurs fonctions en intégrant plusieurs détecteurs. Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) sont constitués de nombreux noeuds communiquant généralement par ondes radio. Les capteurs ne sont pas intégrés à une quelconque architecture préexistante de réseau; c'est pourquoi ils communiquent à l'aide d'un réseau ad hoc sans fil. De ces faits, les caractéristiques principales des réseaux sans fil sont (Akyildiz, 2001) (Hu, 2005) : Absence d'infrastructure, Contrainte d'énergie, Topologie dynamique, Auto organisation du réseau, Sécurité physique limitée, L'absence d'autorité centrale, La nécessité d'une coopération entre les noeuds. Les capacités restreintes des noeuds.

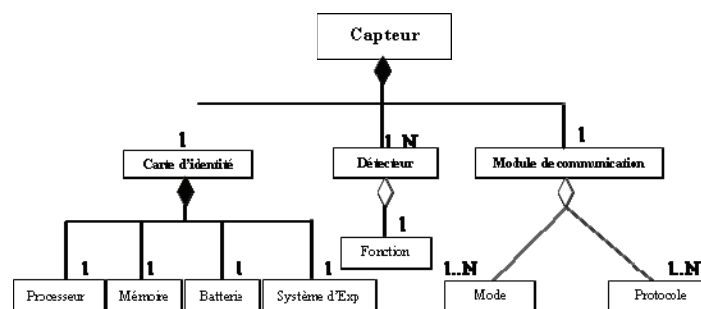


Figure 1. Diagramme de classe d'un capteur

2.1. Objectifs de base des RCSF

Les objectifs de base des ASN dépendent généralement des applications, cependant les tâches suivantes sont communes à plusieurs applications :

- Déterminer les valeurs de quelques paramètres suivant une situation donnée. Par exemple, dans un réseau environnemental, on peut chercher à connaître la température, la pression atmosphérique, la quantité de la lumière du soleil, et l'humidité relative dans un nombre de sites.
- Détecter l'occurrence des événements dont on est intéressé et estimer les paramètres des événements détectés. Dans les réseaux sur le trafic, on peut vouloir détecter le mouvement de véhicules à travers une intersection et estimer la vitesse et la direction du véhicule.
- Classifier l'objet détecté. Dans un réseau de trafic, un véhicule est il une voiture, un bus, etc.

2.2. Architecture d'un réseau de capteurs

Les nœuds de capteurs sont habituellement dispersés dans un champ de capteurs. Chacun de ces derniers a les possibilités pour rassembler des données et les routées de nouveau à un nœud médiateur (Sink). Les données sont routées au médiateur par une architecture d'infrastructure sans fil. Le Sink peut communiquer avec le nœud de gestion des tâches via Internet ou satellite (Lemlouma, 2002).

3. Adaptation et capteur

L'adaptation est toute action qui permet de satisfaire un besoin d'un client, d'un logiciel ou d'un appareil sans changer l'objectif et le contexte du message multimédia. L'adaptation peut être classé selon plusieurs classification, tout dépend du domaine et du contexte, par exemple une classification suivant l'environnement va nous donné deux type d'adaptation, l'adaptation à l'utilisateur et l'adaptation à la tâche, une classification suivant le contenu engendre trois type d'adaptation, structurelle, de média et sémantique.

3.1 Techniques d'adaptation

- **Transformation structurelle** : Cette catégorie de techniques concerne les transformations appliquées sur l'organisation globale ou l'arbre logique du document. Quelques exemples de telles transformations (Lemlouma, 2003a) (Lemlouma, 2003b) (Lux-Pogodalla, 2006) sont la transformation des documents HTML vers des documents XHTML Basic pour les terminaux mobiles, le filtrage des documents HTML, la transformation d'un contenu textuel écrit en XML vers une représentation graphique en SVG, la transformation temporelle ,...etc. (Laborie, 2005).

- **Transformation des médias** : Dans cette catégorie, on trouve les méthodes de transformation qui concernent l'adaptation et l'encodage des médias. Par exemple l'adaptation des images et de la vidéo en appliquant une réduction de couleurs ou de niveau de gris, un redimensionnement ou une conversion de format d'encodage. Cette catégorie de transformation s'applique au niveau bas de l'encodage des ressources médias et nécessite la connaissance approfondie de l'encodage source et cible. Beaucoup de travaux ont développé des techniques et des applications pour l'adaptation des ressources médias, tels que l'adaptation des images pour les terminaux mobile (Chen, 2003), l'adaptation de la vidéo dans les environnements mobiles (Corner, 2001), etc.

- **Adaptation sémantique** : Dans plusieurs situations, et afin d'assurer une adaptation qui produit un contenu cohérent, les techniques d'adaptation doivent prendre en compte l'aspect sémantique du contenu source. La sémantique d'un contenu dépasse l'encodage ou l'organisation structurelle du contenu en associant un sens aux différentes parties du contenu et aux relations qui peuvent exister entre ces parties et les objets utilisés dans le contenu. Une bonne connaissance de la sémantique du contenu permet la définition de techniques d'adaptation plus évoluées. Dans la littérature de l'adaptation sémantique, on trouve beaucoup d'efforts qui ont été faits dans ce domaine, tel que (Toivonen, 2002) qui vise à définir un cadre pour la conception et l'utilisation de profils des applications ; ou le cadre de travail présenté dans (Euzenat, 2003), qui définit une approche pour l'adaptation sémantique en focalisant sur la dimension temporelle des documents multimédia.

3.2. Multimédia et capteur

Dans un contexte informatique, il est difficile de trouver une définition à la fois exacte et complète pour le terme « Multimédia ». Cependant, ce domaine vise clairement l'intégration d'objets variés en permettant éventuellement l'interaction avec l'utilisateur. Le multimédia permet de combiner des données de différents types (texte, image, audio, vidéo) à l'intérieur d'un même document numérique.

Dans le domaine des capteurs sans fils : "c'est une techniques visant à capturer, convertir, stocker, transmettre et reproduire sous forme de données numérique les perceptions des sens humains" {Vue, Entendre, Toucher, Odeur, Goût}. Les capteurs pressentent des limitations techniques au niveau de la capacité de stockage, de la rapidité de transmission et au niveau fonctionnement interne.

- **La capacité de stockage** : Avec un débit d'environ 20 Mo/sec, la vidéo numérique non compressée exigerait donc plus de 1.2 Go d'espace disque pour capturer 1 seule minute de vidéo. On est loin des disques rigides de 30 Mo d'il y a pas si longtemps!

- **La rapidité de transmission** : L'autre problème auquel on doit actuellement faire face avec les médias numériques est le transfert de ces derniers. On constate facilement que certaines technologies permettent actuellement le transfert des

données vidéo numériques non compressées sauf qu'elles ne sont pas toujours facilement utilisable surtout lors qu'il s'agit des architecture ADHOC et des composants mobiles avec des capacités limités et des fonctions différentes.

- **Hétérogénéité des composants** : Il existe une grande hétérogénéité des composants disponibles, au niveau de la représentation des données comme au niveau des fonctions assurées et aussi au niveau des applications.

4. Modélisation des flux multimédia

Dans les environnements hétérogènes, les appareils peuvent demander tout genre de contenu qui varie de contenu textuel pauvre aux documents multimédias complexes riches et mélangés. Assurant une livraison adaptée plus complète à toute la communauté d'utilisateurs, exige des techniques effectives qui considèrent les médias et la structuration de message. L'objectif est d'automatiser l'adaptation des messages, tout on basant sur : la définition des rapports sémantiques entre les ressources, l'extraction des médias et la création des profils et la livraison du contenu adapté

4.1 Modélisation des liens entre données multimédia

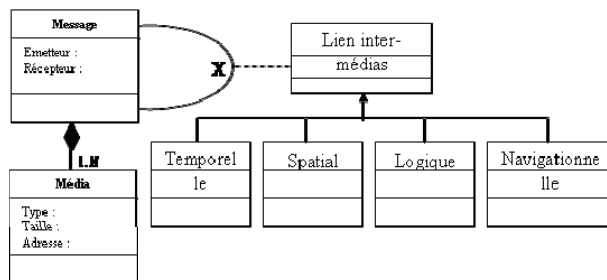


Figure 3. Diagramme de classe représentant les différents liens entre média

Un message envoyé d'un composant (capteur, logiciel) vers un autre composant contient un ensemble de médias, relié par des liens structurels, un des types d'adaptation est la modification de ces liens (X).

4.2 Modélisation des données multimédia

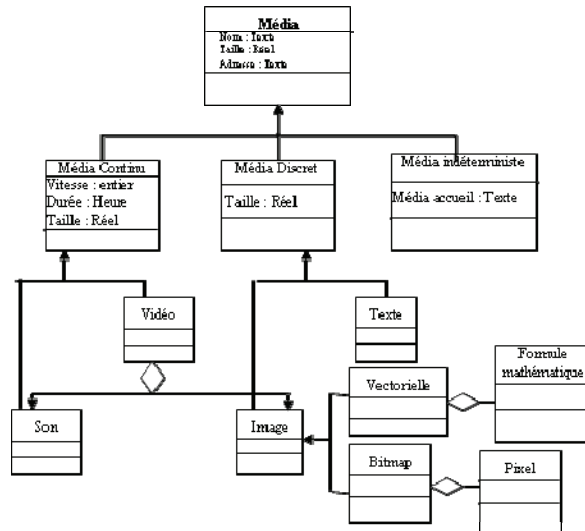


Figure 4. Diagramme de classe des différents médias

5. Modélisation d'un système d'information de flux multimédia

Notre système d'information évolutif permettant de représenter tout type de flux de données. Chaque composant (logiciel ou matériel) de notre système devant communiquer avec un autre devrait consulter ce système d'informations via un serveur pour obtenir une interface de communication ou pour ouvrir une session dans le serveur qui assure la communication des deux composants. Le serveur, en fonction des caractéristiques du flux à faire transiter et du caractéristique des composant, fournira l'interface (ensemble de processus) correspondante à l'émetteur et au récepteur (figure 05). Ainsi, on pourra disposer de deux interfaces compatibles qui sauront communiquer entre elles et, par extension, les composants pourront, grâce à elles, échanger des informations quelle que soit le contenu.

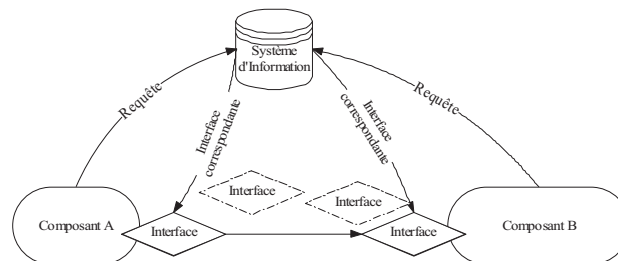


Figure 5. Architecture du système informatique

5.1 Architecture du système d'information

L'approche adoptée dans la conception et la définition de notre architecture d'adaptation consiste à définir des entités qui coopèrent pour le choix de l'interface de communication appropriée à l'émetteur et au récepteur, cette interface constitue d'un ensemble de processus qui coopèrent afin de transmettre des contenus respectant les caractéristique et la limitation de l'environnement, chaque entité de l'architecture a un rôle bien défini et assure un ensemble de fonctionnalités qui peuvent être exploités à tout moment par le système globale.

Les différents composants de notre système sont le module de communication qui sert à assurer l'acheminement des communications et le routage des messages, la base des profils matériels qui aide à la construction de l'interface de communication, la base des sémantique des médias qui sert à assurer quelque types d'adaptation (ex : vidéo→texte) et l'interface de transformation représentée par un ensemble de processus capables d'assurer l'adaptation demander et qui seront par la suite transféré vers l'émetteur/récepteur ou s'exécutés au niveau du serveur selon la capacité des communicants.

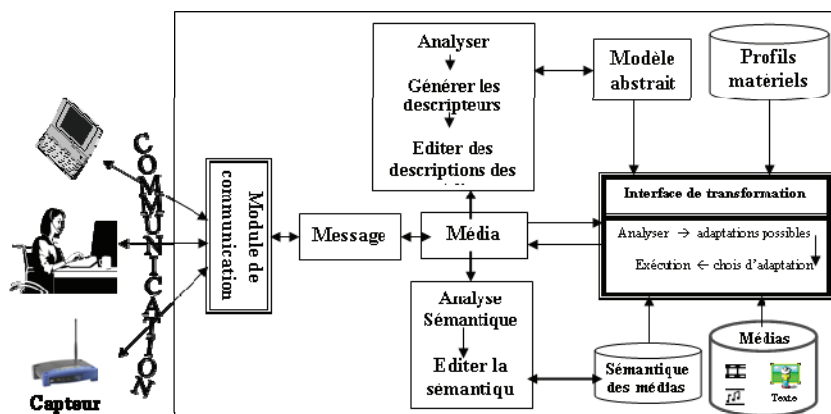


Figure 6. Modélisation de l'architecture du système d'information

5.2 Processus d'adaptation :

Le processus d'adaptation est une séquence des étapes à suivre pour arriver à l'interface d'adaptation, qui sera utilisé par la suite afin d'avoir une très bonne communication entre les composants (émetteur/récepteur), une activité est un enchaînement de processus, cette activité est déduit à partir d'une analyse des composants d'un message et des modèles abstraits de représentation des différents médias facilitant la tâche de sélection des processus assurant l'activité demandée (voir figure 07).

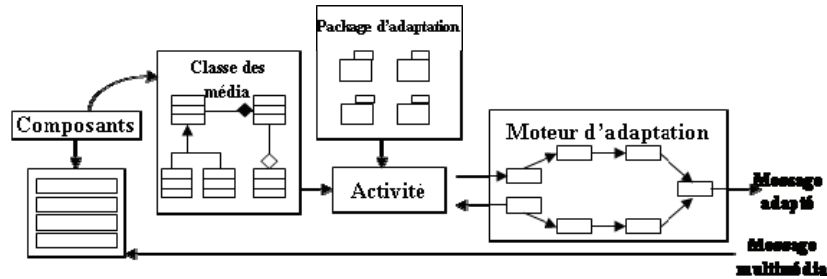


Figure 7. Processus d'adaptation des messages multimédia

5.3 Différent type d'adaptation

Différents types d'adaptation possible pour notre système, on désigne par le terme **adapter** une adaptation entre deux types différents de média, et pour **Transformer** une adaptation vers le même média (changement d'extension). Par exemple, pour l'adaptation (**Vidéo**→**Texte**) on cherche une interprétation des séquences vidéo avec l'aide de la sémantique des médias, on peut détecter l'objet actif (Extraction des formes) dans la séquence et envoyer les différents déplacements de cet objet sous forme de texte (la vitesse de déplacement, la trajectoire, etc.). Pour le texte, on peut l'adapter sous forme d'image (.pdf) ou sous forme d'un fichier son.

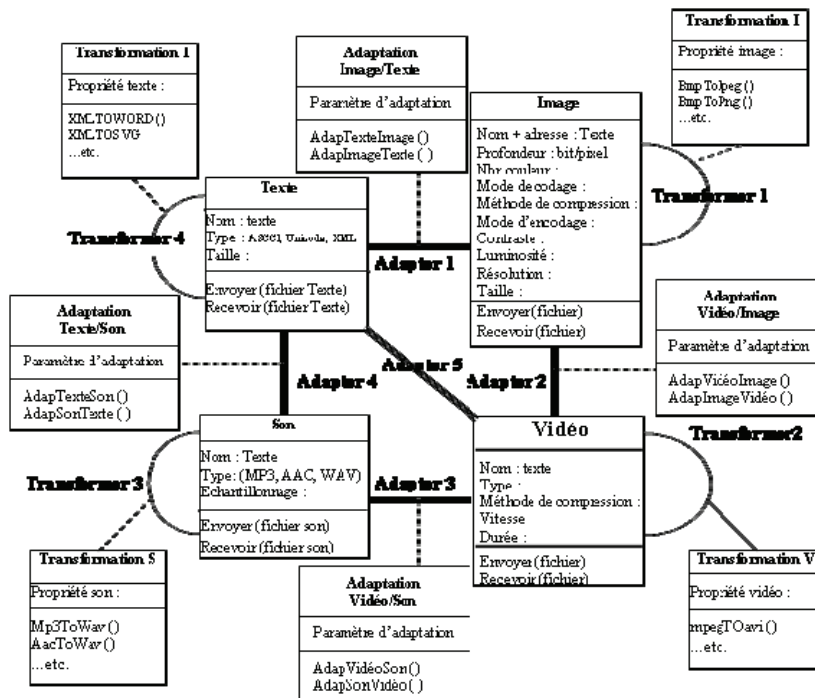


Figure 8. *Diagramme de classe modélisant les différents types d'adaptation*

Pour tous les types d'adaptation, nous devons prendre en considération la qualité de service qui dépend des méthodes utilisées pour assurer l'adaptation et des caractéristiques de l'émetteur/récepteur. Donc on peut dire que la qualité de service dépend de la qualité du document produit après l'adaptation et du taux de réussite de l'adaptation elle-même.

6. Conclusion

L'apparition récente d'une grande variété de moyens de communication, accompagnée d'un accroissement important de l'information multimédia rend la transformation et l'adaptation de contenu nécessaires. Cette nécessité se justifie par une demande croissante d'accès à l'information en tout lieu et sur des plates-formes très hétérogènes. Dans ce papier, nous avons présenté une infrastructure d'adaptation basée sur le profil et les caractéristiques pour les appareils mobiles. Comme l'adaptation est appliquée sur le contenu, nous avons proposé un modèle d'adaptation qui prend en charge l'adaptation au niveau du contenu et de la présentation des éléments sur les capteurs, le modèle proposé est un modèle évolutif qui donne la possibilité d'intégrer d'autre processus d'adaptation et la possibilité de modifier les profils machine et d'intégrer d'autres types de capteur.

Une architecture d'adaptation complète doit donc couvrir différents aspects tel que la considération de toutes les entités de l'environnement, la définition de la manière dont ces entités peuvent interagir au profit de l'adaptation et les techniques d'adaptation qui permettent enfin de transformer le contenu de son état d'origine vers un nouvel état plus conformes aux caractéristiques du capteur cible. L'intérêt d'une telle représentation pour la modélisation, l'adaptation et la transformation semble évident. Elle pourrait s'appuyer sur des langages de modélisation construits sur des bases théoriques fortes, suffisamment et puissants pour décrire et caractériser les propriétés des média.

7. Bibliographie

- (Roose, 2006) Roose Philippe, Dalmau Marc, Louberry Christine - *A unified components model for sensor integration into multimedia applications* - ACM SIGPLAN - Workshop at OOPSLA 'Building Software for Sensor Networks' - Portland, Oregon (USA) - 22-26 October 2006
- (Akyildiz, 2001) I.F.Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, *Wireless sensor networks: a survey*, Computer Networks 38 (2002) pp. 393-422, Elsevier Ed. December 2001.
- (Hu, 2005) Fei Hu, Neeraj K.Sharma, *Security consideration in ad hoc sensor networks*, Ad Hoc Networks V. 3, Issue 1, January 2005, Pages 69-89..

- (Lemlouma, 2003a) Lemlouma T. et Layaida N., *Adapted Content Delivery for Different Contexts*, IEEE Int'l Conference SAINT 2003, 27-31 Janvier, 2003, pp. 190-197, Orlando, Florida, USA.
- (Lemlouma, 2003b) Lemlouma T. et Layaida N., *Media Resources Adaptation for Limited Devices*, ICC/IFIP Seventh International Conference on Electronic Publishing, 25-28 Juin 2003. p. 209-218, Guimaraes, Portugal.
- (Chen, 2003) Chen L., Xie X., Ma W., Zhang H. et Zhou H. *Image Adaptation Based on Attention Model for Small-Form-Factor Device*. The 9th Int'l Conference on MultiMedia Modeling (MMM'03), p. 421-442, Taiwan, Janvier 7-10, 2003.
- (Corner, 2001) Corner M. D., Noble B. D., Wasserman K. M. *Fugue: time scales of adaptation in mobile video*. Proceedings of the SPIE Multimedia Computing and Networking Conference, San Jose, CA, Janvier 2001.
- (Toivonen, 2002) Toivonen S. *Profile-Based Adaptability in the Semantic Web*, ERCIM News No. 51, Octobre 2002.
- (Euzenat, 2003) Euzenat J., Layada N. et Diaz V., *A semantic framework for multimedia document adaptation*, International Joint Conference on Artificial Intelligence IJCAI 2003, Août 2003, Acapulco, Mexico, p. 9-16.
- (Laborie, 2005) Laborie S. Euzenat J., N. Layaida, *Adapter temporellement un document SMIL*, INRIA Rhône-Alpes- 2005
- (Lux-Pogodalla, 2006) V. Lux-Pogodalla et J.Y. Vion-Dury, *Réflexions sur la modélisation des documents*, Information-Interaction-Intelligence, Volume 4, n°1 19 -2006.

Sauvegarde du patrimoine en cas de sinistre

Conception d'une solution de localisation et de surveillance à base de RFIDs actifs, défis et perspectives.

Françoise Sailhan* — **Isabelle Astic**** — **Frédéric Michel***** —
Christophe Pitrey* — **Marc Uy*** — **Eric Gressier-Soudan*** —
Pascal Gerbaud** — **Hubert Forgeot******

* Laboratoire Cédric, conservatoire national des arts et métiers (Cnam),
292 rue Saint Martin, 75141, Paris cedex 03, France.
{prénom.nom}@cnam.fr ou {prénom.nom}@auditeur.cnam.fr

** Musée des arts et métiers (Mam),
292 rue Saint Martin, 75141, Paris cedex 03, France.
{prénom.nom}@cnam.fr

*** MAINtag ACTIVline
Parc Club du Millénaire – Bâtiment 2,
1025 rue Henri Becquerel, 34000 Montpellier, France.
{prénom.nom}@maintag.fr

**** Aérodrone, technopolis izarbel,
F-6410 Bidart, 26 rue des rigoles, 75020, Paris, France
hfo@aerodrones.com

RÉSUMÉ. La protection contre les incendies constitue l'une des pierres angulaires de la politique de sauvegarde du patrimoine menée par les musées et monuments historiques. Face à ce besoin, nous établissons les défis à relever, nos perspectives de recherche et les prémisses d'un système de surveillance d'une intervention suite à un incendie dans un musée. En munissant les oeuvres d'art d'étiquettes RFID et les combattants du feu de lecteurs RFID, notre objectif est de localiser dynamiquement les œuvres devant être mises à l'abri

ABSTRACT. Fire as a main vector of collection destruction, remains a major concern in museums. In this paper we present an RFID-assisted localisation system which is intended for providing reliable tracking of both art-craft and fire fighters in a museum. Our project lies in embedding critical art craft information in specific on-site RFID tags so as to facilitate the localisation of that art craft, while minimizing dependence on the command center. As a first step upon that goal, we present the challenges, the research perspectives and the design (as a work in progress) of such a system.

MOTS-CLÉS: RFIDs actives, géo localisation, supervision de réseau, situation de catastrophe.

KEYWORDS: Active RFIDs, localisation, network monitoring, fire fighters, pervasive computing.

1. Introduction

L'utilisation d'une appellation comme « Internet des choses » ou encore le recours fréquent à des qualificatifs comme « perversif » et « ubiquitaire » pour caractériser des réseaux, des services ou des données présupposent l'avènement d'un système dans lequel des « choses », c'est-à-dire des objets, échangeraient des informations, offriraient des services ou mettraient à disposition des données les concernant, eux –c'est-à-dire ces « choses»-, leur voisins proches, ou encore nous même. Il s'agit alors de fournir un accès immédiat à des informations concernant le monde physique formé d'objets ou de personnes. Ce qui nous mène indubitablement au développement de nouveaux services et à une efficacité accrue. Le prochain saut dans le futur concernera donc l'intégration transparente de ces choses physiques dans les systèmes d'information et sera rendu possible par le développement de nouvelles technologies. Les technologies d'identification notamment connues sous le nom de RFID ou *Radio frequency identification* permettent à chaque objet de communiquer à distance son identifiant. Elles joueront donc un rôle majeur en permettant d'identifier, de localiser et de traquer en temps réel et de façon automatique des « choses ». Les capteurs quant à eux permettent aux objets de fournir des informations concernant leur environnement et leur contexte. En effectuant par exemple des prélèvements de températures, l'environnement devient actif et en ce sens perversif. Recouvrant alors des aspects, matériels, logiciels, services, données, réseaux, ces nouvelles technologies embarquées créent progressivement une infrastructure de service et de communication ubiquitaire au service des nouveaux besoins et donc de services inédits. Bien sur, l'innovation se retrouve au niveau du développement de ces nouvelles technologies, mais aussi et surtout au niveau de la conception et du développement de services innovateurs.

Dans cette droite lignée, nous présentons une nouvelle application à ces technologies émergentes. En quelques mots, notre projet vise à sauvegarder les œuvres d'art et à garantir la sécurité des pompiers lors d'un sinistre dans un musée. Ce projet, à l'heure actuelle en cours d'étude consiste à équiper les oeuvres d'art d'étiquettes RFID et les combattants du feu de lecteurs RFID de façon à pouvoir définir précisément la position de chaque équipe de pompiers en intervention et de localiser facilement les objets du musée. Ce service, au premier abord assez simple, sous-tend des dispositifs sans fil (étiquettes, lecteurs, capteurs) intelligents capables d'identifier, de capturer des informations environnementales, de les traiter et de les partager. Ce sont des composants invisibles et la façon avec laquelle ils communiquent, répartissent, maintiennent à jour les informations et assurent leur bon fonctionnement, soulève un ensemble de défis desquelles découlent notre travail et nos perspectives de recherche. En particulier, les RFID (lecteurs, étiquettes) ont des capacités limitées, ce qui les rend incapable de stocker, de traiter un volume important d'informations, ou encore d'effectuer des activités supplémentaires telles que de la géo localisation. De plus, comme n'importe quelle dispositif matériel, les RFIDs sont sujets aux pannes et ont une durée de vie limitée qui dépend de la quantité d'énergie stockée dans leurs batteries. Il est donc crucial de développer de

nouvelles solutions conçues pour limiter l'énergie utilisée et les traitements nécessaires. Nous présentons ici un projet de géo localisation et de guidage des pompiers répondant à l'ensemble de ces exigences (§ 2). Cette solution triangule dynamiquement la position des pompiers en se servant des caractéristiques du signal émis par les étiquettes RFIDs, ce qui ne nécessite donc d'effectuer aucun traitement supplémentaire au niveau des RFIDs. Notons que pour augmenter la précision de nos mesures, les étiquettes RFIDs que nous avons développé ont été précisément calibrées (§ 3). Ces informations sont ensuite distribuées à l'ensemble des pompiers en intervention afin que chacun puisse suivre en direct la progression des équipes (§ 4). Enfin, afin de garantir leur bon fonctionnement lors d'un sinistre, notre solution intègre un système de surveillance qui contrôle l'état des étiquettes et signal tout dysfonctionnement (§ 5).

2. Sauvegarde des œuvres d'art dans un contexte muséal

Des évènements tragiques tel l'incendie du parlement de Rennes en 1994, les études liées aux risques de crues centenaires en 2002, ont fait prendre conscience aux établissements patrimoniaux, et au public, de leur faible préparation devant ce type de danger. Depuis l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif à la protection contre les risques incendies et de panique dans les établissements recevant du public), les Plans d'Urgence (PU) se multiplient dans les musées. Dans le cadre d'un musée, ils définissent, entre autres, les moyens mis en œuvre pour sauvegarder le patrimoine culturel, une fois que le public des établissements est hors de danger, listent les objets devant être prioritairement protégés, les mesures de sauvegarde à mettre en œuvre (évacuation, protection). Ce document papier est emprunté par les pompiers au PC sécurité de l'établissement lors de leur arrivée sur les lieux. Il leur permet d'organiser les parcours des différentes équipes, en fonction des degrés de priorité des objets à protéger, de leur emplacement et de l'état du bâtiment au début de l'intervention (départs de feu, salles sinistrées). Dans les salles, les objets à protéger sont signalés aux pompiers. Actuellement, la signalétique la plus efficace est une étiquette fluorescente, proposée par l'association des Boucliers Bleus, qui augmente leur visibilité dans la pénombre. Cependant, ces étiquettes ne sont pas entièrement satisfaisantes car en cas de très faible visibilité (fumées, poussières), ces étiquettes ne sont pas suffisantes pour guider le pompier, ce qui ralentit leur progression.

Face aux limites des PU actuels, nous proposons une nouvelle solution de sauvegarde des œuvres patrimoniales (œuvres d'art, livres, objets scientifiques et techniques, collection d'histoire naturelle, etc...) en cas d'incendie. Les RFIDs se trouvent au coeur de notre projet : les étiquettes RFID sont développées afin d'assurer deux fonctionnalités clés, celle d'identification des objets et celle de balise de référence à partir de laquelle est établie la position des pompiers en intervention. Plus précisément, l'identification des objets est effectuée en attribuant à chacun un identifiant unique stocké dans une étiquette RFID marquant l'œuvre. A cet identifiant s'ajoute une description des manipulations devant être effectuées lors

d'un sinistre pour protéger l'œuvre ou l'évacuer sans l'endommager. Ainsi, un pompier muni d'un lecteur RFID peut détecter la présence d'un objet devant être mise à l'abri tout en apprenant de quelle façon il doit la manipuler. Par ailleurs, si en raison des fumées l'œuvre n'est pas facilement repérable, le pompier peut activer un *buzzer* (ou son) disponible au niveau de l'étiquette RFID (comme défini dans la section ci-dessous) et ainsi se guider au son vers ladite œuvre. A ces étiquettes d'identification et de repérage s'ajoutent des étiquettes ayant pour but d'assurer la localisation des pompiers. Il s'agit ici d'étiquettes déployées sur les murs de façon à servir de points de références à partir desquelles la position des pompiers peut être triangulée en appliquant des méthodes de multi-latération. Durant la phase de déploiement, la position des étiquettes est enregistrée dans une base de données. Concrètement, lorsqu'une étiquette est placée, ses coordonnées (abscisse et ordonnée) et son identifiant¹ y sont enregistrés. Une fois cette phase de déploiement accomplie, les étiquettes peuvent être utilisées pour localiser les équipes.

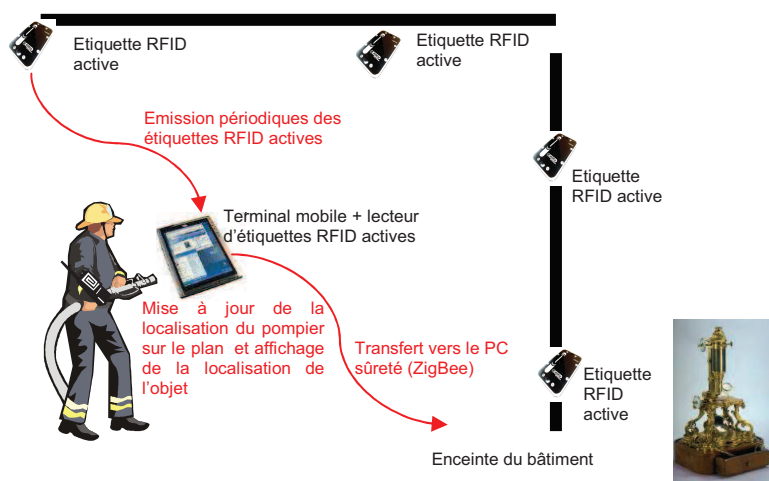


Figure 1. Interaction tablette PC-lecteur/étiquette RFID active sur l'objet et géolocalisation du pompier.

Un tel contexte d'application nécessite aussi de fournir un système de surveillance permettant de contrôler l'état des étiquettes RFIDs et du réseau, et de garantir leur bon fonctionnement lors d'un sinistre. Le système collecte donc les informations relatives aux éléments clés du réseau et des équipements le constituant (comme par exemple l'état de la batterie, la topologie du réseau local, l'état du/des lien(s) radio, la couverture et l'exposition du nœud) afin de prévenir, détecter et

¹ Rappelons que chaque tag est identifié par un numéro unique.

signaler tout dysfonctionnement du réseau en amont. Ce système de supervision permet aussi de surveiller l'évolution du sinistre. Il évalue en temps réel l'état des RFIDs dans des conditions extrêmes, avec des équipements détruits ou ayant un fonctionnement fortement perturbé. Il permet ainsi de détecter une zone sinistrée dans laquelle un pompier ne doit pas s'aventurer.

3. RFID

La technologie RFID (*Radio Frequency Identification*) correspond à un moyen efficace d'identifier un objet ou une personne. Cette technologie se base sur des radiations électromagnétiques échangées entre deux composants :

- un marqueur, appelé étiquette (ou encore *tag*, puce, *transpondeur*) qui se trouve apposé sur l'objet à identifier,
- un lecteur qui communique avec une (ou plusieurs) étiquettes. Notons que malgré l'utilisation du qualificatif de « lecteur », l'activité de ce terminal ne se cantonne pas à la lecture de l'étiquette. Elle inclut aussi des opérations d'écriture (d'informations) sur celle-ci. Intégrant souvent un module de communication, le lecteur transfère les données d'identification qu'il a collectée vers un ordinateur en vue d'un stockage pérenne ou d'un traitement plus poussé.

Le transfert de données entre les étiquettes et le lecteur s'effectue sans contact grâce à un champ électromagnétique. Il est donc possible d'échanger des données sans visibilité au travers de substances ou de matériaux opaques à la lumière.

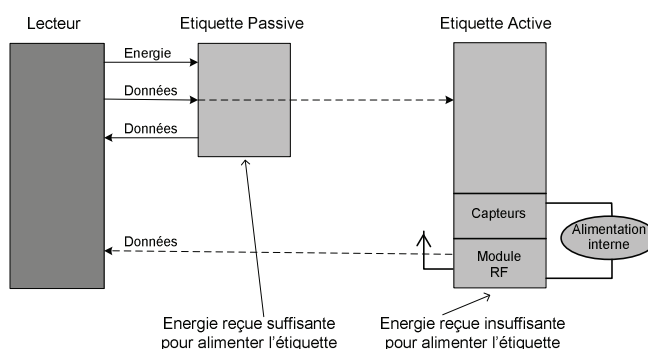


Figure 2. Interaction entre lecteur et étiquettes passives/actives.

On distingue deux principaux types de technologie RFID que l'on peut catégoriser selon leur source d'énergie (figure 2) :

- Une étiquette passive n'embarque pas d'énergie. Elle est alimentée en énergie par un couplage inductif à basse ou moyenne fréquence qui permet de

convertir en énergie le champ magnétique émis par un lecteur. Chaque étiquette dans le champ du lecteur échange des données en créant une modulation de phase ou d'amplitude sur la fréquence porteuse. L'étiquette se compose d'une antenne bobinée ou imprimée lui permettant de capter l'énergie transmise par le lecteur. Elle intègre aussi une puce électronique de l'ordre de 0.25mm^2 et un numéro d'identification unique de type EPC (*Electronic Product Code*).

- Une étiquette active embarque une alimentation (de type pile lithium de 3V par exemple) qui lui permet de réagir sans sollicitation du lecteur. Elle peut à son initiative communiquer avec les constituants de son architecture applicative (lecteur, étiquettes) grâce à un protocole de communication radio ou s'adapter à son environnement aux grés de sollicitations prédéterminées pour lesquelles elle aurait été programmée. Outre l'alimentation, l'étiquette est principalement constituée d'une antenne, d'un émetteur/récepteur (*transceiver*) et d'un microcontrôleur.

La technologie RFID passive ne permet que des lectures de courtes distances : cette distance de lecture est² de l'ordre de quelques centimètres en basses fréquences (100 à 500 kHz), entre 50 à 80 cm pour des hautes fréquences (10 à 15 MHz) et d'un à quelques mètres en ce qui concerne des très hautes fréquences (de 850 - 950 MHz). En raison de leur portée de communication limitée, cette technologie passive est inadaptée pour assurer la localisation des pompiers ou des œuvres d'art. En effet, elle induirait un coût financier qui s'avérerait prohibitif en raison du déploiement massif d'étiquettes passives nécessaire pour couvrir l'ensemble du bâtiment. Au contraire, les fréquences les plus utilisées pour la technologie active s'étalent sur la bande de fréquence ISM (*Industrial Scientific and Medical*) de 433Mhz à 2.5Ghz avec une puissance d'émission généralement de l'ordre de quelques milliwatts (1mW à 10mW), ce qui permet d'obtenir des portées de communication allant³ de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres en champ libre. Cette longue portée désigne la RFID active comme technologie de choix pour assurer la couverture de zones géographiques importantes. C'est donc naturellement la technologie des RFID actives qui fut choisie en tant qu'infrastructure matérielle sous-jacente.

3.1 Développement de RFID actif

L'équipement RFID développé se compose d'un lecteur dont serait muni un pompier en intervention sur un sinistre et d'étiquettes actives. Comme défini dans la figure 3 et détaillé ci-après, cet équipement se compose de 3 éléments centraux, le micro-contrôleur, une alimentation, un *transceiver*, que nous retrouvons aussi bien au niveau du lecteur que de celui des étiquettes RFID.

² Ses valeurs sont obtenues en champs libres. Du fait de la directivité des antennes, ses valeurs peuvent varier suivant l'angle d'inclinaison du lecteur.

³ Hormis la puissance d'émissions et la sensibilité de réception, la conception de l'antenne (omnidirectionnelle, directionnelle) influence fortement sur les portées et les zones de communications.

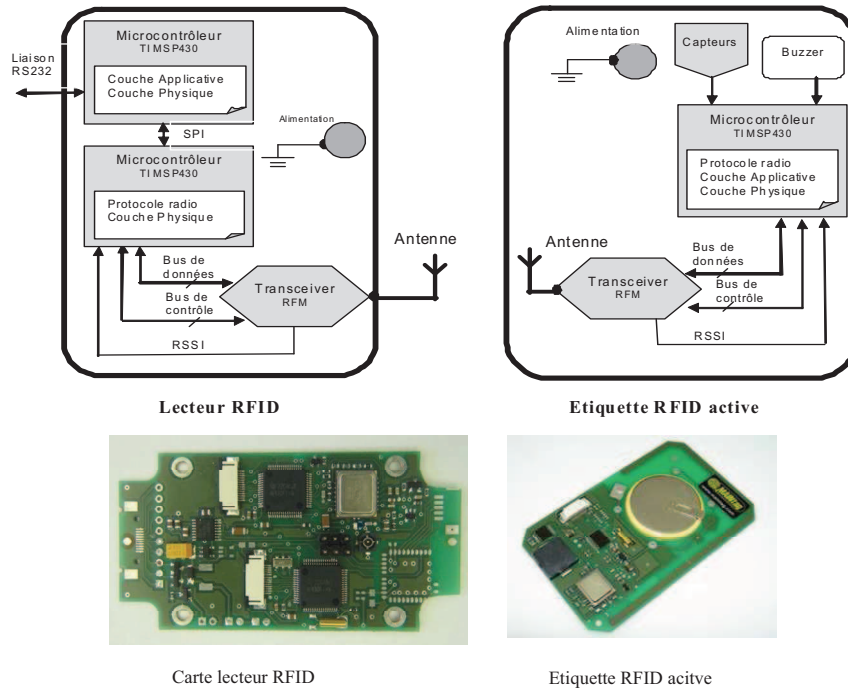


Figure 3. Lecteur et étiquette RFID active.

Le microcontrôleur Texas Instrument MSP430F fonctionnant à 4.9 Mhz sur le lecteur et 2 Mhz sur l'étiquette, a été sélectionné en tant que contrôleur de la plateforme pour sa consommation énergétique particulièrement faible qui permet aux étiquettes actives d'atteindre une durée de vie allant jusqu'à 3 ans. Il assure la gestion et la communication entre tous les composants présents sur la carte ; cette communication étant réalisée grâce aux bus de type I2C (*Inter Integrated Circuit Bus*) ou SPI (*Serial Peripheral Interface bus*). Il gère aussi le protocole de communication radio entre le lecteur et les étiquettes. De plus, il offre des capacités de stockages nécessaires à notre application, soit 2 Ko de RAM (*Random Access Memory*) et 64Ko de mémoire flash pour le lecteur et 256 Ko de RAM et 8Ko de mémoire flash pour l'étiquette. Ce contrôleur et l'ensemble des circuits sont alimentés par une pile lithium de 3V pour l'étiquette et par une batterie lithium de 3.6V rechargeable sur le lecteur assurant une alimentation continue de l'ensemble des circuits et cela même si un lecteur ne se trouve pas à portée de transmission. Afin de pouvoir contrôler l'état de la pile, une fonction mesurant l'énergie disponible a été développée. Ainsi, une alerte peut être générée de façon à ce qu'une opération de maintenance soit déclenchée avant qu'un lecteur ou qu'une étiquette ne devienne inopérant. Cette alerte sur l'étiquette est émise par radiofréquence un mois environ avant la mise hors service de celle-ci du fait du manque d'énergie. Pour le

module radio il s'agit d'un *transceiver* de type RFM, 115 Kbps, émettant en 433 Mhz et implémentant une communication bidirectionnelle (émetteur/récepteur) entre un lecteur et une étiquette active. Il est couplé, dans le cas d'une étiquette active, avec une antenne gravée directement sur le circuit imprimé. Pour le lecteur, le couplage est réalisé par une antenne additionnelle extérieure, ayant un gain et une sensibilité plus importante. Ces antennes sont omnidirectionnelles, ce qui permet une couverture homogène de la zone. Les modules de base que nous venons de présenter sont développés au niveau du lecteur et des étiquettes RFID. En plus de ces composants, une étiquette active est couplée avec un capteur de température qui permet de tracer l'évolution du sinistre dans le musée. Un pompier en intervention peut ainsi connaître sa situation dans son entourage proche (température). Ces informations lues par le lecteur lui sont fournies par un module de communication sans fil Bluetooth sur le *tablet PC* dont est muni le pompier en intervention pour une lecture aisée sur un périphérique adapté à cet usage.

Dans le contexte d'application particulier qui est celui d'un sinistre, une des problématiques particulière qu'il faudra régler est celle de protéger les RFIDs contre les températures élevées subies par les étiquettes lors du sinistre. Cela nécessitera une plasturgie adéquate. Actuelle, ces étiquettes actives supportent une température de l'ordre de 60° Celsius grâce à une plasturgie à base de PVC protégeant l'ensemble de l'étiquette RFID (antenne incluse). La pile constitue l'élément le plus sensible à la chaleur. L'étude d'une plasturgie des étiquettes plus adaptée fait donc partie intégrante de nos perspectives de travail. Il est intéressant de noter que la destruction des étiquettes en elle-même est source d'information. Elle permet de déterminer l'avancée du feu et de définir quelle zone est en cours de destruction. Toutefois, ces données ne peuvent être collectées que si un pompier se trouve à portée de communication des étiquettes. Pour obtenir de telles informations sans qu'un pompier n'ait à se trouver dans la zone, nous sommes actuellement en train d'étudier la possibilité d'implémenter un protocole de routage au niveau des étiquettes. Ces informations seront alors acheminées vers le PC sécurité et les autres pompiers en intervention. De part sa consommation énergétique réduite et son habilité à effectuer un acheminement multi sauts, le protocole normalisé IEEE 802.15.4 (ZigBee) est un candidat de choix pour un couplage avec des RFIDs actives. Ce couplage permettrait non seulement d'identifier et de localiser les œuvres d'art et les pompiers (comme défini dans la section qui suit) mais aussi de faciliter le processus de maintenance avec une collecte centralisée des informations portant sur l'état des batteries et une simplification du processus. Une fois cette phase de développement terminée, les étiquettes RFIDs peuvent être utilisées pour localiser les équipes d'intervention. Nous présentons dans la section suivante le développement de cette technologie.

4. Localisation des équipes d'intervention et œuvres d'art

La localisation d'une équipe d'intervention consiste à trianguler sa position en se basant sur le signal émis par les étiquettes de référence environnantes installées dans le musée. Le système de localisation que nous proposons se base sur les étiquettes RFID actives qui ont été déployées dans le bâtiment afin de servir de point de référence. Pour positionner une équipe dans une zone géographique, il est nécessaire de calculer sa distance par rapport aux points de références présents, et ensuite d'en déduire la position par une méthode dite de multi-latération. Nous évaluons la distance séparant une étiquette du lecteur RFID en mesurant la puissance du signal reçu par le lecteur. Cette mesure de la puissance est implémentée (de manière matérielle) dans les étiquettes actives. Elle est rendue accessible au niveau de l'indicateur RSSI (*Received Signal Strength Indicator*). En pratique, l'indicateur RSSI correspond au niveau de puissance reçue P_r , exprimé en dBm (équation 1). Cette métrique (dBm) correspond au ratio en décibels (dB) de la puissance mesurée en milliwatt (mW) ; le choix de cette métrique s'explique par sa faculté à exprimer dans un format de petite taille une puissance absolue pouvant aller d'une très faible à une très grande valeur.

$$P_r (dBm) = 10 \log_{10} P_r \text{ mesurée (mW)} \quad [1]$$

Cette puissance reçue qui est mesurée par l'indicateur RSSI, correspond à la puissance émise (P_e) affaiblie par le transfert du signal dans le milieu ambiant. En notant P_a cette perte de puissance, on obtient donc,

$$P_r (dBm) = P_e (dBm) - P_a (dBm) \quad [2]$$

L'affaiblissement P_a de la puissance du signal dépend de la distance d parcourue par le signal et varie selon les caractéristiques du milieu dans lequel l'onde radio est propagée. Ce facteur ambiant fluctue suivant l'environnement car il est dépendant de la structure du bâtiment et des diélectriques des matériaux traversés. Il est représenté au niveau du coefficient de propagation du signal noté n . A partir de la valeur, notée X , d'une mesure du signal reçu à un mètre dans des conditions idéales (notamment sans obstacles entre le lecteur et une étiquette de référence et dans des conditions normales), l'affaiblissement du signal est donnée par :

$$P_a (dBm) = 10 n \log_{10} d + X \quad [3]$$

Sachant que l'indicateur RSSI donnée par P_r est décroissant quand la distance augmente, selon une courbe logarithmique (équation [1]), on en déduit donc à partir des équations [2] et [3] que la puissance reçue est donnée par :

$$P_r (dBm) = P_e (dBm) - P_a (dBm) = 10 \log_{10} P_e - 10 n \log_{10} d + X \quad [4]$$

On utilise alors une table de conversion, pour transformer la valeur du RSSI qui varie de manière logarithmique suivant la distance d séparant un lecteur d'une étiquette. Toutefois, en pratique, des facteurs propres à l'environnement (présence d'obstacles, de surfaces réfléchissantes ou de bruits perturbant le signal radio) font varier la puissance P_r mesurée et fournie par l'indicateur RSSI du lecteur. Ces facteurs sont ainsi source d'erreurs lors de l'estimation de la distance séparant l'étiquette du lecteur. Afin de réduire l'impacte des obstacles sur la mesure, les étiquettes RFID sont placées à mi-hauteur. De plus, une phase d'apprentissage consistant à prélever des mesures de puissance dans l'ensemble du musée, permet d'identifier les sources de perturbation. Cette phase connue sous le nom de *fingerprinting* consiste à quadriller l'ensemble du musée et créer un n -uplet des puissances reçues (RSSI) pour chaque position. Ces données une fois recueillies sont mémorisées sur l'ensemble des *tablets PC* utilisés lors du sinistre de façon à disposer d'une table de conversion à partir de laquelle la position peut être estimée précisément, et cela, malgré les perturbations environnementales. Nous utilisons le *fingerprinting* seulement pour les zones fortement perturbées, où la mesure directe du RSSI n'est pas fiable. En pratique, afin d'obtenir ces valeurs de RSSI, le lecteur effectue une séquence de diffusion, à la suite de laquelle chaque étiquette présent dans son champ de couverture lui répond. A partir du signal reçu, une mesure du RSSI est effectuée par le lecteur. La valeur est ensuite renvoyée au *tablet PC* qui effectue les calculs nécessaires pour en déduire la distance séparant le lecteur de l'étiquette concernée. Si plusieurs étiquettes se trouvent à portée de transmission, il est alors possible d'utiliser une méthode de multi-latération pour estimer la position du lecteur et donc du pompier. Précisément, si n étiquettes, notées T_1, T_2, \dots, T_n (avec $n \geq 1$), sont captées par le lecteur, alors la distance d_i entre le lecteur et chacune de ces étiquette T_i ($1 < i \leq n$) est déterminée par une demande de RSSI. Comme illustré dans la figure 4, nous obtenons ainsi n cercles de rayon R_1, R_2, \dots, R_n qui correspondent à la distance d_i et ayant comme centre l'étiquette T_i dont les coordonnées sont (X_i, Y_i) . Dans un plan orthonormé, on en déduit que la position du pompier X_p et Y_p est donnée par l'équation linéaire ci-dessous.

$$(X_p - X_1)^2 + (Y_p - Y_1)^2 = R_1^2$$

$$(X_p - X_2)^2 + (Y_p - Y_2)^2 = R_2^2$$

...

$$(X_p - X_n)^2 + (Y_p - Y_n)^2 = R_n^2$$

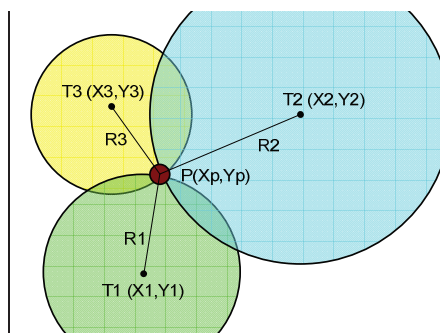


Figure 4. Principe de multi-latération.

A partir de ces n équations, il est possible de déduire la position (X_p, Y_p) du pompier. Si une seule étiquette T_1 est captée, le pompier se trouve alors sur le rayon R_1 d'un cercle centré autour de T_1 . Si deux étiquettes sont présentes, le pompier se

trouve alors dans la zone dont le rayon est le plus faible. Enfin, à partir de trois tags, la position du pompier est affichée par un point plus précis. Si plus de trois étiquettes sont présentes, alors, seules les trois mesures de puissance les plus fortes sont sélectionnées de façon à effectuer une multi-latération du signal. Ce choix s'explique par le fait que plus une étiquette est éloignée et plus la probabilité de voir le signal altéré s'accroît. Il est donc préférable de ne pas prendre en compte les mesures de puissance les plus faibles pour estimer la position du lecteur car ces dernières altèrent le résultat. Une fois la position d'une équipe intervenant calculée, cette information est partagée avec l'ensemble des intervenants de façon à ce que chacun puisse connaître la position des équipes.

Il nous restera ensuite à partager ces informations de localisation entre l'ensemble des intervenants de façon à ce que chacun puisse connaître et visualiser la position des équipes d'intervention et suivre en direct la progression de ces équipes. Le partage et la mise à jour continue des informations de localisation devront être gérés par un système de partage d'information à partir duquel chaque intervenant pourra suivre en direct la progression de ces équipes. Ce système devra répondre à une exigence clé, celle d'assurer la disponibilité des informations de localisation, à tout moment, et, n'importe où. Une localisation dans lequel serait collectée et centralisée l'ensemble des informations sur un PC sécurité unique n'est pas viable, principalement pour deux raisons. Premièrement, le manque de connectivité peut mener à une isolation temporaire du PC sécurité et donc à une indisponibilité du système de localisation. Deuxièmement, l'ensemble des intervenants est amené à utiliser les informations de positionnement ; donc, collecter ces informations au niveau du PC sécurité, puis, de les réexpédiées à l'ensemble des équipes causerait un trafic supplémentaire et un délai d'attente accru. Nous proposons en conséquence une approche entièrement distribuée dans laquelle les informations de localisation sont diffusées directement à l'ensemble des intervenants. Pour cela, nous nous baserons sur le model de mémoire partagé introduit par Gelernter (Gelernter, 1985) afin d'offrir un accès simultané et concurrent aux informations de localisation à tous les intervenants. En tant que langage de coordination, Linda nous permettra aussi de coordonner les échanges entre les équipes de manière asynchrone. Notre choix se porte sur la plateforme LIME – pour *Linda In a Mobile Environment*⁴, (Murphy et al., 2006) qui nous offre les éléments de base nécessaires pour s'adapter à la mobilité des intervenants et à une communication sans fil.

5. Surveillance des équipements

Dans notre contexte d'application (celui d'un sinistre), la surveillance des équipements joue un rôle crucial pour deux raisons :

⁴ <http://lime.sourceforge.net/index.html>

12 Atelier GEDSIP 2009

1. Il est vital de garantir (et donc de surveiller) que les équipements sont fonctionnels lors du sinistre.
2. Quand on considère le cycle de vie d'un équipement RFID, contrairement à ce que l'on pourrait penser, on s'aperçoit que la majorité de son temps est dévolue à des opérations de surveillance liées à la maintenance et non pas aux tâches d'identification ou de localisation pour lesquelles ces équipements ont été conçus. Cela provient du fait que les RFID ne sont utilisés que lors de sinistres ou d'essais.

On ne peut donc pas utiliser seulement une approche de *surveillance passive* dans laquelle on tire profit du trafic échangé par l'application pour en déduire l'état d'un équipement à superviser. Cette technique a l'avantage d'observer le réseau sans le perturber. Toutefois, elle ne permet pas de diagnostiquer précisément l'état de l'équipement (mais seulement de déduire que ce dernier est capable d'assurer la fonction applicative en cours). L'approche que nous proposons consiste à effectuer une surveillance active des équipements. Cette surveillance consiste à récolter les indicateurs de l'état des équipements de façon à permettre l'analyse des dysfonctionnements. Cette approche génère un trafic supplémentaire lié à la collecte des indicateurs. Pour remédier à cet état de fait, nous proposons de coupler cette approche avec le système de surveillance passive avec lequel les informations de surveillance sont collectées. Ainsi, nous recueillons des informations pertinentes en perturbant le moins possible le trafic. Les applications telles que TinyLime⁵ (Curino et al., 2005) correspondant à une implémentation de Lime pour des systèmes embarqués de très faible capacité, ou TinyDB (Madden et al., 2005) permettent de collecter efficacement les données sur les dispositifs du réseau et de les acheminer à un poste de surveillance.

L'exigence clé pour notre système de surveillance est de garantir l'interopérabilité avec les systèmes de surveillance existants. Cela permet tout d'abord une prise en main facile par les équipes de gestion de réseau spécialisées. De plus, cela permet de pouvoir exploiter les outils de supervision et notamment de visualisation existants. En matière de gestion et de surveillance de dispositifs sans fil, le protocole SNMP (*Simple Network Management Protocol*) (Case et al., 1990) en tant que standard universel de supervision, apparaît comme le choix idéal pour notre application. Brièvement, le protocole SNMP définit deux entités :

- un *agent* installé sur un dispositif sans fil à surveiller,
- un *gestionnaire*, plateforme d'administration vers laquelle les informations de supervision sont rapatriées.

⁵ <http://lime.sourceforge.net/tinyLime/index.html>

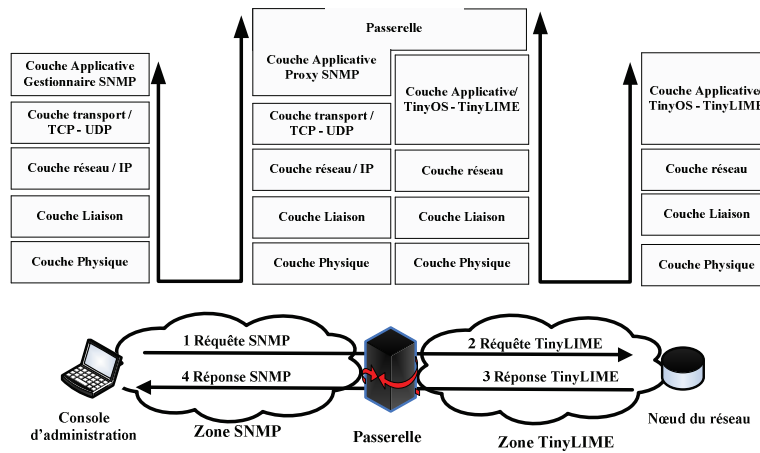


Figure 5. Pile protocolaire de communication inter-réseau

Le protocole *SNMP* implémente une communication asynchrone de type requête/réponse entre ces entités. Précisément, un gestionnaire envoie une requête à l'agent qui lui répond en fournissant l'information demandée. Ce protocole présuppose une architecture de type *IP*, ce qui le rend inopérant dans notre réseau qui inclut des étiquettes et lecteurs *RFIDs*. Nous proposons donc de faire évoluer ce protocole pour répondre aux différentes exigences des dispositifs sans fils ubiquitaires. En pratique, nous nous appuyons sur la plateforme *TinyLime* pour la collecte d'informations provenant des étiquettes *RFID* actives. Ces informations sont ensuite traduites par une passerelle *SNMP* qui les achemine vers le destinataire final, à savoir le poste de surveillance géré par PC de sécurité du musée. Ainsi, ces informations peuvent être visualisées au travers d'un outil de visualisation adapté de *Nagios*⁶ par exemple. Notre architecture de surveillance (figure 6) s'organise donc autour d'une passerelle *SNMP* faisant le pont entre le système de surveillance et le réseau à surveiller. Plus précisément, le *proxy SNMP* fournit une information contenue dans une base appelée *MIB (Management Information Base)* (McCloghrie et al., 1990), et *TinyLime* quant à lui, alimente sa base de données dans un *tuple*. Notons que *TinyLime* permet d'alerter la console d'administration par un événement (primitive *reaction*), puis elle stocke l'information de cet événement dans sa base de données. L'ensemble de ces informations collectées au niveau de la passerelle pourra être ensuite utilisé pour effectuer des analyses et diagnostics plus poussés ou encore pour être visualisé à l'aide de navigateurs adaptés.

⁶ <http://www.nagios.org/>

6. Conclusion

Plus nous nous rapprochons de l'Internet des choses et plus nous verrons apparaître des dispositifs sans fil intégrés dans le monde physique, échangeant des informations, offrant des fonctionnalités nouvelles et mettant à disposition des données contextuelles. Toutefois, avant que cette vision ne devienne réalité, un long chemin reste à parcourir avec le développement de nouvelles technologies matérielles, logicielles, réseau. Or, malgré des avancées récentes en matière de RFID, un nombre important de problématiques reste toujours ouvert. Par exemple :

- De quelle façon garantir la cohérence des informations lorsque ces dernières se trouvent réparties dans un environnement fortement distribué, en constante évolution, sujet à des déconnexions ?
- Comment effectuer une surveillance distribuée de dispositifs sans fil de capacité limitée (RFIDs, capteurs) ? Quelle modélisation des équipements appliquer ? Sur quel standard se baser pour assurer la surveillance du réseau de façon à garantir une interopérabilité avec les standards existants ?

Cet article s'est concentré sur ces questions en présentant les prémisses d'une solution de sauvegarde des œuvres d'art intégrant un système de surveillance. Les directions de recherche que nous explorons se basent sur le standard SNMP à partir duquel des dysfonctionnements peuvent être diagnostiqués. A cela s'ajoute une étude suivie de la proposition d'une technique de multi-latération qui localise la position des pompiers. Cette technique nécessitera notamment de localiser des tests

Au cœur de notre solution se trouvent des RFIDs actives développées et exploitables. Actuellement, leur portée de communication limitée ne permet de collecter les informations qu'elles fournissent que si un pompier se trouve à portée de communication. Pour obtenir ces informations sans qu'une personne n'ait à se trouver dans la zone, nous étudions la possibilité d'implémenter un protocole de routage au niveau des étiquettes. Ces informations seront alors acheminées vers le PC sécurité et les autres pompiers en intervention. Ce couplage permettrait (i) d'identifier, (ii) de localiser les œuvres d'art et les pompiers, et enfin (iii) de faciliter le processus de surveillance avec une collecte à distance des informations de surveillance.

7. Bibliographie

Case J., Fedor M., Schoffstall M., Schoffstall M., Davin J., « *Simple Network Management Protocol (SNMP)* », RFC 1157, SNMP Research, Performance Systems International, Performance Systems International, MIT Laboratory for Computer Science, May 1990.

Curino C., Giani M., Giorgetta M., Giusti A., Murphy A-L. and Picco G-P. « *TinyLIME: Bridging Mobile and Sensor Networks through Middleware* ». In Proceedings of the 3rd

IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2005), Kauai Island (Hawaii), March 8-12, 2005, pp. 61-72, IEEE Computer Society Press.

Gay D., Hill J., Welsh M., Brewer E., Culler D., « *TinyOS: An Operating System for Sensor Networks* ». Ambient Intelligence, Springer, 2005.

Gelernter D., « *Generative communication in Linda* » ACM Computing Surveys vol. 7, n° 1, 1985, p80–112.

Madden S., Michael J. Franklin, Joseph, M. Hellerstein and Wei Hong. « *TinyDB: An Acquisitional Query Processing System for Sensor Networks.* », ACM transactions on database systems (TODS), vol. 30, n° 1, 2005, p122-173.

Maillard S., « *Compte-rendu de la 4ème journée d'étude du Comité Français des Boucliers Bleus* », <http://www.bouclier-bleu.fr>, 2008.

McCloghrie K., Rose M., « *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets* », RFC 1156, Hughes LAN Systems, Performance Systems International, May 1990.

Murphy A. L., Picco G.P., Roman G.-C., « *Lime: A Coordination Middleware Supporting Mobility of Hosts and Agents* ». ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM), vol. 15, n° 3, 2006, pp. 279-328.

Rose M., McCloghrie K., « *Concise MIB definitions* », RFC 1212, Performance Systems International, Hughes LAN Systems, March 1991.

Rose M., McCloghrie K., « *Structure and Identification of Management Information for TCP/IP-based Internets* », RFC 1155, Performance Systems International and Hughes LAN Systems, May 1990.

Yao Y., Gehrke J. E., « *The Cougar Approach to In-Network Query Processing in Sensor Networks* ». Sigmod Record, vol. 31, n° 3, 2002.

Self organizing inter-grids virtual organization

Sabrina Zefouni * — Nadia Bennani ** — Julien Gossa ***

* Université de Toulouse, CUFR JF CHAMPOLLION, sabrina.zefouni@univ-jfc.fr –

** Université de Lyon, CNRS INSA-Lyon, LIRIS, UMR5205, F-69621, France – ***
LSIIT

RÉSUMÉ. L'environnement de grille pervasive, a pour objectif d'allier la grande capacité de traitement des données des grilles avec la capacité de mobilité des systèmes pervasifs. Le concept de grille pervasive implique la multiplication des utilisateurs et donc des applications et ainsi des besoins. Cette fusion rend donc critique l'intégration de plusieurs plateformes hétérogènes, qui plus est dans un contexte de collaborations temporaires et dynamiques. Notre approche consiste, plutôt que d'homogénéiser les intergiciels, à permettre à plusieurs d'entre eux d'interagir au sein d'organisations virtuelles (VO) hétérogènes et dynamiques dénommées inter-grille. Cet article se focalise sur la gestion des données partagées au sein de ce type particulier de VO, et plus spécialement des données de surveillances qui sont à la fois critiques pour le fonctionnement de la plateforme et devant être mise à jour très fréquemment. Notre proposition est un réseau virtuel autonome et auto-organisé de partage de données, même mises à jour fréquemment, capable d'assurer leur rapide dissémination tout en limitant la consommation réseau. L'efficacité de notre approche a été montrée sur la plateforme expérimentale Grid 5000.

ABSTRACT. The pervasive grid environment aim at combining the great computing capabilities of grid with the mobility capabilities of pervasive systems. The concept of pervasive grid implies the multiplication of users, and consequently of applications and needs. Thus, this merging make the integration of several heterogeneous platforms critical, especially in a context of temporary and dynamic collaborations. Our approach consists, instead of homogenizing the middlewares, in allowing several of them to interact into heterogeneous and dynamic virtual organization (VO), called inter grid VO. This article focuses on the data management in this kind of VO, and more precisely on monitoring information, which are both critical to the management of the platforms, and highly frequently updated. Our proposal is a an autonomous and self-organized virtual network architecture able to quickly disseminate data while limiting the network consumption. The efficiency of our approach as been proved on the experimental platform Grid 5000.

MOTS-CLÉS: Grille, partage optimal de données, Collaboration de Grilles

KEYWORDS: Grid, Optimal Data Sharing, Grid Collaboration

1. Introduction to the inter grid environment

The growing need of scientific communities and industrial issues in computing power and storage, has led to the emergence of the concept of grid. Initially, the grid was described as "a hardware and software infrastructure that provides dependable, consistent, pervasive, and inexpensive access to high-end computational capabilities." [FOS 01]. The concept of grid is based on the concept of virtual organization (VO) [FOS] that denotes groups of institutions who share the resources for a common goal in a temporary and dynamic way. A grid middleware manages the resources, thanks to a scheduler, a resource broker. ... Because of the diversity of application needs and constraints, several heterogeneous specific grid middlewares have been developed.

On the other hand, the pervasive computing has recently emerged, aiming at the integration of mobile devices and users into information systems. Pervasive computing middlewares are fundamentally different from those of grids : they manage light mobile devices with limited capabilities while grid ones manage efficient fixed computers with high capabilities. Consequently, it seems impossible, or at least suboptimal, to envisage one unique middleware able to act in both contexts. In the following, we denote by *grid* both classical computer grid and pervasive grids integrating mobile devices.

There is a real interest to let grids collaborate. The main reason is the grid workload dynamicity during a running task. A possible delegation of some subtasks to a partner grid should improve running tasks efficiency. Moreover, in some cases, several grids could be candidates to a potential collaboration but the objective is to choose the most suitable one for a task. A stable partnership among grids is heavy to build -due to their middleware heterogeneity-. In addition, as grid status and partnership could evolve frequently, rigid partnership could not allow to reach optimally the fixed challenges. Our approach is an alternative way to enable world-scale collaborations and to ensure the growth of the grid usage considering dynamic grids partnership, grid status and components fast evolving . Grids that temporarily collaborate forms an inter-grid environment that is called in the remaining of the paper *inter-grids Virtual Organization or inter-grids VO* [BEN 08].

In such an environment, the data management is of great importance, as they are meant to be shared among all grids member of a VO, and thus at very large scale, into a highly heterogeneous and dynamic context. This task is especially difficult for data with special needs, like very large ones or very frequently updated ones : in these cases, it is impossible to manage them by classical approaches : one unique copy of the data is easy to update but implies critical performances loss, while the broadcast approach implies too much network usage considering the scale of the environment. In this paper we choose to illustrate our inter-grids based data sharing considering the monitoring information, a very special kind of data known to be very difficult to manage. They concern the available resources and their current workload (for instance CPU load or network latency). Thus, they are very frequently updated and have to be

the freshest possible as they are used in many critical task like scheduling or resource brokering. They directly impact the efficiency of these task, and in consequence the efficiency of the whole platform.

The requirements of such information sharing are :

- Deterministic search : Every single produced information must be available from anywhere into the inter-grids VO.
- VO dynamicity handling : As grids can join and leave inter-grids VO at any time, or fail and as one grid represents actually thousands of resources.
- Overhead limitation : in term of network consumption while dealing with VO dynamicity.
- Optimal sharing of information : in order to both limit network use and ensure monitoring information freshness.

Our proposal is a self-organized logical network, where each node represents one grid, designed to share their information and handle the inter-grids VO life cycle, with limited overhead and optimized topology. We have taken the resource monitoring information to illustrate our approach. The remaining of this paper is structured as follows. In the next section, related work about resource discovery and sharing in different distributed environments is presented . Then we present our solution to organize the inter-grids VO to share the monitoring information, in section 3. Section 4 presents some experimental results to verify the performance of the proposal. In section 5, we discuss the advantages and limitations of our proposal. Finally, we conclude the paper and point out some future work in section 6.

2. Related work

The related work on monitoring information sharing is two-fold : First we present the monitoring solutions designed for grid computing and show their unsuitability for the inter-grids context ; Second, we present P2P information sharing technologies, that inspires our Inter-grids monitoring solution.

Almost grid monitoring systems are based on the Grid Monitoring Architecture (GMA). This architecture is based on an hierarchical organization with a root node that manages all information on all resources in a grid. The most popular tools of monitoring are the MDS (Monitoring and Discovery Service) [K.C 01], R-GMA(Relational Grid Monitoring Architecture) [COO 04] and SCALEA-G [TRU 04]. While these solutions guarantee good performances in a grid and the deterministic search requirement, they are too rigid to address the inter-grids VO dynamicity : GMA is designed to manage node dynamicity (one node/LAN leaving or joining at a time), but it is not suitable to manage grids join and leave inter-grids VO, as it involves hundreds of node joins and leaves at a time. Moreover the hierarchical architecture causes scalability issues, especially at the top level : having a top-level in a world scale inter-grids VO seems impossible because of the implied network use and of the single point of fai-

lure. Overhead limitation and sharing optimization challenges can not be dealt with such solutions.

P2P solutions have been studied to maintain a logical network in order to localize resources but they don't meet the inter-grids requirements, especially for deterministic search and sharing optimization. Centralized P2P strategies like Napster [SHI 01] do not scale while decentralized and not structured P2P strategies, like Gnutella [CLA] and Freenet [CLA 02], causes network overload despite their scalability. Decentralized and structured P2P strategies like Chord [KAA], P-GRID [ZHA 04], CAN [RAT 01] and Pastry [ROW 01], ensure the deterministic localization of resources, but they are based on complex mechanisms to maintain the topology and resource localization. Finally, hybrid P2P strategies like KaZaA [LIA] will result in the same drawbacks than in centralized solutions as the number of grids remain small.

3. Proposal

Our proposal is a self-organized logical network designed to share monitoring information and handle the inter-grids VO lifecycle. Each node of this logical network represents one member grid of an inter-grids VO. We decided to organize this logical network into a ring topology that when optimized, allows to keep the network usage as low as possible. Moreover, it allows to suit well the VO dynamicity requirement with limited overhead. The ring functions as follows :

- A file called Virtual Organization Information File (VOIF) contains all the monitoring information shared by the grids that are members of the VO, and all information necessary for the management of the inter-grids VO : ring structure, grid status and data required to optimize the network.

- This file turns around the ring network. Each grid that receives the file make a local copy of it , so that all monitoring information is directly available into each grid. Then the grid updates the file with its own fresher monitoring information and sends it to the next grid in the ring, according to the ring structure described in the VOIF.

- At any time, a single grid among those composing the ring has the role to make specific maintenance operations and to optimize the ring in order to ensure the freshness of shared information. This special grid is called the *master* grid.

3.1. Inter-grids VO architecture

An indicated node in each grid supports the virtual organization manager (VOM) in charge of the inter-grid VO handling and use. In this paper we are focusing on the inter-grids Data Manager(IGDM) functioning, a VOM subcomponent responsible of data monitoring dissemination (see figure 1).

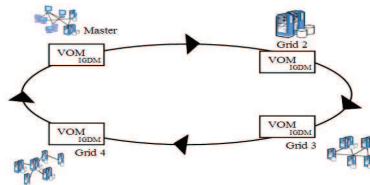


Figure 1. Representation of an inter-grids virtual organization

3.2. VO information file structure

In this section, we present an example of the file VOIF shared among all IGDM, which is written in XML. The file shows that the VO "WorldWideCollaborationVO" consists of two grids : Grid5000 that is the master (described by the MasterId attribute) and EGEE. In this example, the VOIF file follows circuit GRID5000-EGEE-GRID5000. The sample file shows that the IGDM for the Grid5000 runs on the master.grid5000.fr host. It also shows some monitoring information from a host "Host1" of Grid5000.

```

<VO VOID="XX" VOName="WorldWideCollaborationVO" MasterId="Grid5000">
  <Grid GridID="Grid5000" GridStatus="Connected" NbrGridNotResponse="0">
    <FrontalHost>
      http://master.grid5000.fr:8080/webnds/mozilla
    </FrontalHost>
    <ReceivedTime> 0.0015s </ReceivedTime>
    <sharedInfo> //information to be shared among grids
    <MonitoringInfo>
      <Hosts HostId="Host1" HostAdeses="http://Host1.grid5000.fr" >
        <CPU Speed="3.8GHz" Load="5.0" Architecture="Intel"/>
        <RAM Size="512M"/>...
      </Hosts>...
    </MonitoringInfo>
    ...
  </Grid>
  <Grid GridID="EGEE" GridStatus="Connected" NbrGridNotResponse="0"/>
  ...
</VO>

```

Figure 2. An example of a VOIF

3.3. Network self-organization and adaptation

During an inter-grid life cycle the following events could occur :

– *Creation event* A new VO is created when at least two grids attempts to be members of the same inter-grids VO. In this case, the IGDM of one of the two grids creates a VOIF file containing the monitoring information of the corresponding grid and indicates that this grid is the master of the new inter-grids VO then sends it to the second grid in the VO.

– *Join event* The grid (A) that wants to join the VO sends a join request to a known grid (B). When receiving the request, the grid (B) stores it until receiving the VOIF, then it redirects the file to the grid (A) after updating the file turn. The grid (A) adds its monitoring information to the VOIF content and sends it to the next grid in the turn.

– *Leave event* A grid A that have to leave the inter-grids VO, waits for the reception of the VOIF then deletes its information from the file content and sends the file to its successor. If the grid A is the master, it states in the file that the VO has temporary no master (VO.MasterId = NULL). This implies for the next grid receiving the file to become the master grid.

– *Detection and failure event* The failure of a node is detected when a grid (A) attempts to establish a connection with a grid (B), to send the VOIF and that the connection fails. In this case, the grid (A) makes the status of the grid (B) to *Disconnected* and sends the file to the successor of the grid (B). The master will count how many times the grid (B) hasn't been responding and after *MaxTimeNoResponse* attempts deletes the grid (B) from the turn.

Events handling is described in Algorithm 1.

Algorithm 1 Algorithm to handle the reception and the send of VOIF

```

if (VO.MasterId=NULL) then
  (VO.MasterId←MyId)
end if
if (LeavesVO) then
  Delete my information in the file
  if (VO.MasterId=MyId) then
    VO.MasterId←NULL
  end if
else
  Update_VOIF(Myinformation)
end if
if (VO.MasterId=MyId) then
  Estimate_time_across_ring()
  Update_failed_grids()
  Optimize_ring()
end if
if (NewGrids) then
  Add_newgrid_toFile()
end if
while (Unreachable(Succ(MyId) and Succ(MyId)≠ MyId) do
  VO.nextGrid.GridStatus←"Disconnected"
  if (VO.nextGridId=VO.MasterId) then
    VO.MasterId←NULL
  end if
end while

```

3.4. Topology optimization

In order to have the freshest information on each grid, it is important to keep optimal the used ring. We can formalize the problem as follow : $G = (V, E)$ is the complete graph representing the virtual network. V is a finite nonempty set of n vertices, representing grid members of the inter-grids VO. E is a finite set of arcs, ordered pair of vertices $(v_i, v_j) \in V \times V$, labeled with a cost function $cost(v_i, v_j)$ representing the time to transfer the VOIF from v_i to v_j .

The problem corresponds to the classical traveling salesman problem [JOH 95], but with dynamic number of vertices (grids join and leave the VO), dynamic cost (as network condition evolves in time) and partial knowledge of cost values (as monitoring each possible transfer is too expensive) : The objective is to find a Hamilton circuit into G , $H = \{v_1, v_2, \dots v_n\}$ permutation of V , so that its total cost $\sum_{i=1}^{n-1} cost(v_i, v_{i+1})$ is the minimum.

Taking into account these characteristics and constraints, a ring optimization algorithm has been proposed. It is based on two approaches proposed for the traveling salesman problem "simulated annealing" [JOH 95] and "tabu search" [JOH 95]. We have taken up from the first approach the permission to try rings unlikely to be optimal. In the second approach we have taken up the idea of banishing some rings. In our case, we banish the most expensive arcs so that the most expensive rings are gradually discarded. These arcs are kept stored in the VOIF file. The ring optimization algorithm, described in pseudo-code by algorithm 2, is executed by the master grid at the file reception. In summary, It consists to update a TOBA (Table Of Banned Arcs) and selects the ring containing a minimum arcs banned.

Algorithm 2 Ring optimization algorithm

```

struct Arcs (V: GridId; Vsuccessor: GridId; cost : float)
struct TOBAstruct (E: Arcs; TOB: int) {TOB: Time Of Ban}
H[], TemporaryH[]: table of type Arcs{Last ring used}
TOBA[] : table of type TOBAstruct
for (i=1 to n) do
  j = 1
  while ((TOBA[i].E.V != H[j].V) and (j <= n)) do
    j=j+1
  end while
  if ((TOBA[i].E.cost < H[j].cost) or (TOBA[i].TOB=0)) then
    TOBA[i].E = H[j]
    TOBA[i].TOB = DefaultTOB
  else
    TOBA[i].TOB=TOBA[i].TOB-1
  end if
end for
Select_randomly_nodes(n1,n2)
Permute(n1,n2,TemporaryH)
Proba= random (0..1)
while (proba<ProbaRingNotOptimal) do
  Select_randomly_nodes(n1,n2)
  Permute(n1,n2,TemporaryH)
  Proba= random (0..1)
end while
H=TemporaryH

```

4. Experiments

A simulation of our ring optimization algorithm has been achieved to evaluate its efficiency and suitability to the dynamic environment of the inter-grids. The simulator takes as input a sequence of the inter-grids VO events (joins, leaves) and produces the cost of the optimal ring i.e the optimal time for a complete turn. For more realistic results, arcs costs have been extracted from the real platform Grid'5000, with a sample VOIF of 1 Megabyte. Several experiments with different event sequences

have been processed with sixteen nodes : (node-11.lille, node- 62.lille, sagittaire-11.lyon, sagittaire-49.lyon, gdx0116.orsay gdx0140.orsay, parasol23. rennes, parasol48.rennes, paravent05.rennes, paravent20.rennes, helios01.sophia helios48.sophia, node-15.sophia, node-65.sophia, node-42.toulouse,node-51.toulouse). These nodes are well representative of a network of grid frontal, with a wide scale of distance and network performances between each of them. In our tests we have fixed the parameters of the algorithm as follows : NOI (Number Of Iterations) at $n^2/2$ iterations : a value obtained empirically. TOS (Time Of Stability) the time during which the ring remains optimal, its value is fixed to $n^2/2$ iteration (ring turn). Finally TOB (Time Of Ban of arcs) is fixed on 100 iterations.

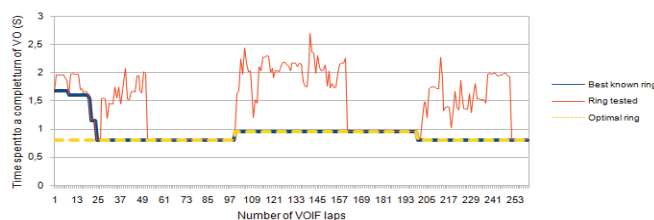


Figure 3. Ring cost evolution during typical inter-grid VO life-cycles

In our experiments, we tested the algorithm optimization on several sequences of the life cycle of a VO. The used scenario for the algorithm evaluation is : a VO inter-grids consists of 10 grids, after 100 laps of VOIF in the VO, a new grid integrates VO. And after an other 100 laps of the file in the VO an other grid leaves the VO. Figure 3 represents a typical result of our algorithm for such a scenario, where the x-axis represents the number of times the VOIF crossed the VO and the y-axis represents the time that the file takes to cross all the VO grids.

In the figure 3, *best known ring* shows that the algorithm finds the optimal ring -showed as curve *Optimal ring*- after 25 turns of VOIF (ie : 25 combinations tested by the algorithm), then uses the optimal ring after $n^2/2$ iterations : n the number of VO members. The most interesting to note is that after the eleventh grid joint (after 100 laps of the file), the algorithm directly tests the right combination and find the optimal ring. The same thing happens at the 200 laps of the file where a grid leaves the VO. As a conclusion, the results show both the accuracy and efficiency of our algorithm : few turns (less than $n^2/2$: n the number of VO members) are needed to find the optimal topology, whereas the total number of possible rings is $(n - 1)!$. The optimization algorithm quickly adapts in the case of dynamic grid join and leave to new inter-grids VO composition thanks to the banned arcs set : when a new grid joins the VO, only $2(n - 1)$ new arcs have to be tested, while no new arcs have to be tested when a grid leave the VO, and the adaptation is quite immediate.

5. Discussion

In this paper, we have proposed a strategy to manage optimally an inter-grids VO. The main advantages of our strategy are :

- Deterministic search : all information is duplicated on each grid, ensuring direct access ; and network usage limitation, users having only to query local file.
- Optimized data sharing : Experiments show the efficiency and accuracy of the proposed optimization algorithm.
- VO dynamicity handling and overhead limitation : join, leave and failure events are handled with minimal communication and in a totally distributed way as no node is in charge of the management of all of these events. The master node have a limited overload due to maintenance and optimization operations, which are limited to light computation with no dedicated communications. Moreover, the join operation can be done with only the knowledge of one member. Finally, the optimization is done using the estimation of the transfer time of the VOIF around really used ring : no additional communications are involved, and the algorithm adapts to real performances, while ping-based solutions (for instance) imply dedicated network usage and a loss in the performance.

Unfortunately, our ring optimization algorithm suffer of a local minimum problem, but this can be avoided by a more exhaustive evaluation of all arcs costs and by a banning process refining.

6. Conclusion and future work

This article has presented a software architecture designed to enable the creation of inter-grids virtual organization, which is an alternative way to allow world-scale, dynamic grid collaborations. This architecture has a ring topology. Grid monitoring information are made available thank to the VOIF transmission over the ring. We have proposed an algorithm to optimize the ring cost and thus to ensure the dissemination of the freshest monitoring information while limiting the network load. Dynamic VO events are taken into account without causing a significant overhead. Experiments using real data from Grid5000 have shown the efficiency and accuracy of these algorithms. This work is one important step towards merging platforms of fundamentally different kind, such as classical computer grids and pervasive grids, especially because it is not limited to monitoring information. As monitoring information are just data with critical freshness constraints, our solution can be used to efficiently share any kind of information, including less constraining one.

In the future work, several issues must be addressed. First, the optimization algorithm can be improved by enriching the management of banned arcs and refining the selection of topology selection, in order to accelerate the convergence and to avoid local minimums. The difficulty is to take different weights of ban into account, as the cost of arcs from one node depends on the cost of the other arcs from this node, but

also of the cost of all arcs in the virtual network. We expect also to implement our architecture on top of real grids to verify its scalability and the heterogeneity management. Further work for us will be to extend our proposal to inter-grids multi-VO environment. In particular, the case where some grids are member of several VOs opens great perspectives of optimization, for instance by sharing the ban list or by synchronizing the different VOIF in order to minimize the network load.

7. Bibliographie

- [BEN 08] BENNANI N. GOSSA J. ANDRIANARISOA N., « A User-Profile-Oriented Mediation Architecture for Very Large DataBases in Dynamic Inter-Grid Context. », In Second International Workshop on P2P, Parallel, Grid and Internet Computing, 2008.
- [CLA] CLARKE I. MILLER S.-G., AL, « The Gnutella protocol specification v4. », <http://www9.limewire.com/developer/gnutellaprotocol0.4.pdf>.
- [CLA 02] CLARKE I. MILLER S.-G., AL, « Protecting Free Expression Online with Freenet », IEEE Internet computing, 2002.
- [COO 04] COOKE A., GRAY A., AL, « The Relational Grid Monitoring Architecture : Mediating Information about the Grid », 2004.
- [FOS] FOSTER I. KESSELMAN J. N., TUECKE S., « The Physiology of the Grid : An Open Grid Services Architecture for Distributed Systems Integration », Open Grid Service Infrastructure WG (GGF).
- [FOS 01] FOSTER I. K., NICK, TUECKE S., « The Anatomy of the Grid : Enabling Scalable Virtual Organizations », International J. Supercomputer Applications, 2001.
- [JOH 95] JOHNSON D.-S., MCGEOCH L.-A., « Systèmes de processus légers : concepts et exemples », *The Traveling Salesman Problem : A Case Study in Local Optimization*, , 1995.
- [KAA] KAASHOEK I. S. R. M. D. K. M.-F., BALAKRISHNAN H., « Chord : A Scalable Peertopeer Lookup Service for Internet Applications ».
- [K.C 01] K. CZAJKOWSKI C. KESSELMAN S. F., FOSTER I., « Grid Information Services for Distributed Resource Sharing », 2001.
- [LIA] LIANG J., KUMAR R., ROSS K., « KaZaA. <http://cis.poly.edu/ross/papers/UnderstandingKaZaA.pdf> ».
- [RAT 01] RATNASAMY S., FRANCIS P., KARP M. H. R., « A Peer-to-Peer Information System Based on the XOR Metric », A Scalable Content Addressable Network. SIGCOMM'01, 2001.
- [ROW 01] ROWSTRON A., DRUSCHEL P., « Pastry : Scalable, decentralized object location and routing for large-scale peer-to-peer systems », in Proc. of the 18th IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms, 2001.
- [SHI 01] SHIRKY C., « Listening to Napster », In Peer-to-Peer Harnessing the Power of Disruptive Technologies, 2001.
- [TRU 04] TRUONG H.-L., FAHRINGER T., « SCALEA-G : a Unified Monitoring and Performance Analysis System for the Grid. », 2004.
- [ZHA 04] ZHANG X., « P-Grid : A Self-Organizing Access Structure for P2P-Informationssystem », Wintersemester Proseminar : P2P Informationssystem, 2004.

Sélection des données à réévaluer pour les requêtes continues dans les VANETs

Nicolas Cenerario

*Université Lille Nord de France, F-59000 Lille, France
UVHC, LAMIH, F-59313 Valenciennes, France
CNRS, UMR 8530, Le Mont Houy, 59313 Valenciennes Cedex 9 (France)
Nicolas.Cenerario@univ-valenciennes.fr*

RÉSUMÉ. Dans cet article, nous nous intéressons au mécanisme d'évaluation continue de requêtes dans les VANETs – Vehicular Ad hoc NETWORKs. En effet, l'une des nombreuses utilisations possibles de ces réseaux est l'échange d'information. La présence d'un embouteillage ou le fait qu'une place de parking soit libre sont des exemples d'informations qui peuvent être relayées grâce à ces réseaux et ainsi être exploitées par tout un ensemble de véhicules. Cependant, la particularité de ces réseaux est la forte mobilité des nœuds qui les constituent. Les requêtes portant sur la proximité de certains événements doivent donc être évaluées en continu puisque leurs résultats peuvent varier souvent et rapidement. Notre but est de minimiser le nombre de données à réévaluer à chaque déplacement du véhicule tout en garantissant la validité des résultats des requêtes au cours du temps. De plus, le mécanisme d'évaluation des requêtes continues doit supporter un grand nombre de données et de requêtes.

ABSTRACT. In this article, we focus on the continuous query processing mechanism in VANETs – Vehicular Ad hoc NETWORKs. Indeed, one of the many possible utilizations is information sharing. The presence of a traffic jam or the fact that a parking space is available are some examples of information that can be relayed through those networks and thus, be exploited by a certain number of vehicles. However, the particularity of those networks is the high mobility of their nodes. The queries depending on the proximity of certain events must therefore be continuously evaluated as their results can change often and at a fast rate. Our goal is to minimize the amount of data to be reevaluated at each movement of the vehicle while guaranteeing the validity of the queries' results during the time. Further more, the continuous query evaluation mechanism has to support a large quantity of data and queries.

MOTS-CLÉS : pair-à-pair mobile, communication inter-véhicules, gestion de données spatio-temporelles, évaluation de requêtes continues

KEYWORDS: mobile peer-to-peer, inter-vehicles communication, spatio-temporal data management, continuous query processing

1. Introduction

Avec la prolifération des dispositifs mobiles et des réseaux sans fil, les services dépendants de la localisation suscitent aujourd'hui un vif intérêt. Ces services s'inscrivent dans le champ des applications pervasives et permettent de personnaliser les informations présentées à l'utilisateur sur son terminal mobile en fonction de sa localisation géographique. Ils reposent pour cela sur un évaluateur de requêtes qui exploite les informations transmises par un service de positionnement, comme le système satellitaire américain GPS, afin de retrouver « les restaurants italiens proches » ou « la place de stationnement libre la plus proche ». Dans cet article, nous nous intéressons au mécanisme d'évaluation continu de requête pour les services dépendant de la localisation visant à assister les automobilistes. Nos travaux concernent donc les systèmes de transports intelligents et plus précisément la communication inter-véhicules qui s'inscrit dans le cadre des systèmes pair-à-pair mobiles [XU 04b]. Ces systèmes sont constitués d'un ensemble d'objets mobiles qui communiquent entre eux à l'aide de réseaux sans fil de type IEEE 802.11, Bluetooth, ou Ultra Wide Band (UWB) [LUO 05]. Avec de tels mécanismes de communication, un objet mobile peut recevoir des informations de ses voisins proches ou d'autres plus distants grâce aux techniques de multi-sauts qui exploitent dans ce cas des objets intermédiaires comme relais.

Les contraintes de mobilité dans ce type de systèmes posent de réels challenges en terme de gestion de données. Tout d'abord, ces contraintes imposent la gestion des données et l'évaluation de leur pertinence suivant des critères spatiaux et temporels. Par ailleurs, la mobilité des utilisateurs et l'impossibilité de maintenir un schéma de placement des données à cause de la mobilité des sources de données rendent inexploitable les techniques d'évaluation de requêtes utilisées traditionnellement dans le monde des bases de données réparties ou des systèmes pair-à-pair traditionnels. Quant aux techniques reposant sur la dissémination de requêtes [THI 05], elles répondent parfaitement aux besoins des environnements pair-à-pair hybrides et sont envisageables si l'on considère des terminaux jouant le rôle de « super nœuds » aux abords des routes. Cependant, le coût lié à la mise en place d'une telle infrastructure rend l'utilisation de ces techniques impossible dans un avenir proche. C'est pourquoi dans ces environnements particulièrement dynamiques, l'accès aux données repose sur des techniques d'échanges d'informations entre les véhicules. Les données pertinentes sont ensuite exploitées localement pour alerter ou informer le conducteur. Un des problèmes essentiels consiste donc à interroger ces données échangées dans des environnements où les contraintes de mobilité sont très importantes. Dans cet article, nous proposons une solution permettant l'évaluation de requêtes continues afin que les conducteurs puissent suivre l'évolution des résultats au fur et à mesure de leurs déplacements.

La suite de l'article est organisée de la manière suivante. Dans la section 2, nous présentons le contexte dans lequel s'inscrivent nos travaux ainsi que la problématique que nous adressons. Nous introduisons dans la section 3 les données à gérer dans le contexte de la communication inter-véhicules puis détaillons notre contribution dans

la section 4. Enfin nous concluons et présentons les perspectives de nos travaux dans la section 5.

2. Contexte & Problématique

2.1. Contexte

Aujourd'hui la voiture est de loin le mode de transport le plus utilisé. Ce succès est malheureusement accompagné d'un certain nombre de problèmes (sécurité, environnement, etc.). Ces dernières années, malgré les efforts très importants mis en œuvre pour tenter de le réduire, le nombre de tués sur les routes reste très important, et ce notamment à cause du facteur humain. Pour tenter de réduire le nombre d'accidents, différents programmes communément appelés « Systèmes de Transports Intelligents » ont été lancés au Japon, en Europe ou aux Etats-Unis. Ces derniers ont suscité un fort intérêt à la fois des chercheurs et des industriels. Des systèmes d'assistance au conducteur (ADAS – Advanced Driver Assistance Systems) ont ainsi vu le jour. Certains sont d'ores et déjà commercialisés (systèmes de navigation, systèmes de non franchissement de ligne blanche, etc.), de nombreux autres sont à venir. Les systèmes d'aide au conducteur commercialisés à l'heure actuelle, par exemple les systèmes de navigation, exploitent des données stockées localement, ce qui facilite leur traitement et la gestion de leur pertinence. Par exemple, pour déterminer la liste des n stations services dans un rayon d'un kilomètre du véhicule au fur et à mesure de son déplacement, il convient d'évaluer de manière continue une requête dépendante de la localisation. Les localisations de ces stations services étant connues a priori, il est facile de déterminer la liste recherchée dès lors que la position et l'itinéraire du véhicule sont disponibles, par exemple via l'utilisation de techniques de positionnement satellitaires.

Les réseaux sans fil ont rendu possible la communication inter-véhicules dont l'objectif est d'améliorer la sécurité sur les routes ou encore les aides proposées aux conducteurs. Le principe de base consiste ici en l'échange d'informations entre différents véhicules proches afin par exemple d'avertir le conducteur de la présence d'un accident ou d'un obstacle sur la chaussée quelques centaines de mètres plus loin. Les véhicules peuvent ainsi obtenir des informations très variées grâce à leurs voisins. L'exploitation de ces informations repose essentiellement sur les possibilités et sur l'efficacité du processus d'interrogation de ces données. La mise en place d'un évaluateur de requêtes adapté au contexte est donc primordiale.

2.2. Etat de l'art

Le pair-à-pair mobile, cadre dans lequel s'inscrit la communication inter-véhicules, est un domaine de recherche très récent. Plusieurs projets de recherche ont toutefois déjà abouti à des propositions intéressantes en terme d'échanges de données. Les solutions proposées actuellement dans le contexte de la communication V2V

[FES 02, AIJ 06, MOR 03, XU 04a] se concentrent sur des protocoles d'échanges de données entre les véhicules formant un réseau ad hoc. Leur objectif principal est de limiter le nombre de messages échangés entre les véhicules afin de ne pas saturer la bande passante, condition indispensable au bon fonctionnement des applications. Des messages sont donc échangés entre les véhicules mais les informations correspondantes sont simplement exploitées pour produire des alertes transmises au conducteur. Une information reçue est ainsi déterminée pertinente ou non, et par conséquent transmise ou non au conducteur.

Certains travaux s'intéressent tout de même à des mécanismes plus complexe d'évaluation de requêtes continues. Dans le projet Mobi-Dik [XU 04b], les auteurs proposent d'interroger l'ensemble du réseau formé par les véhicules en introduisant un prix. Les conducteurs devront donc acheter (avec de l'argent réel) des crédits virtuels qu'ils utiliseront dans le réseau grâce à un matériel embarqué dans chaque véhicule (lecteur de carte à puce). Leurs travaux ont pour but de permettre l'interrogation d'un ensemble plus ou moins important de véhicules. Pour cela, les requêtes sont disséminées dans le réseau en fonction du nombre de crédit qui leur est attribué. Plus nous octroyons de crédit à une requête, plus le nombre de véhicules qui vont la traiter est important. La technique présentée permet ainsi de limiter le nombre de véhicules interrogés. Il s'agit donc d'un mécanisme s'attachant plus à l'aspect communication et inondation du réseau plutôt qu'à l'évaluation proprement dite. Dans [TRA 04], les auteurs utilisent les déclencheurs d'une base de données pour évaluer de manière continue des requêtes sur des données spatio-temporelles. Plus précisément, ils traquent les événements anormaux par rapport au déplacement prévu pour déterminer quand réévaluer les requêtes pour mettre à jour le résultat, par exemple lorsqu'un ralentissement survient sur la route. En effet, supposons la requête : « Quels hôtels seront proches de moi entre 19h et 20h ? », en connaissant l'itinéraire du véhicule et les vitesses moyennes sur cet itinéraire, il est relativement simple d'évaluer cette requête.

Cette solution est intéressante. Elle ne considère toutefois la continuité que par rapport aux variations de vitesse des véhicules. Pour nous, la continuité ne doit pas se limiter à des données statiques connues à priori (trajet prévu, localisation des hôtels, stations services, etc.). Pour nous, le trajet n'est pas connu à priori. Le challenge est donc de ne réévaluer que certaines données en se basant simplement sur les positions GPS reçues. Dans [DEL 07b, CEN 08], nous avons présenté un mécanisme d'échange d'informations valide dans le cadre de la communication inter-véhicules. Nous présentons maintenant une technique d'évaluation de requêtes continues pour des environnements particulièrement dynamiques tels que les réseaux inter-véhicules. Notre solution permet de limiter le nombre d'informations réévaluées à chaque instant et donc, de supporter un plus grand nombre d'événements et de requêtes. Dans la section suivante, nous présentons les informations échangées ainsi que le schéma utilisé pour les représenter.

3. Événements et représentation des données

Dans le contexte de la communication inter-véhicules, les informations échangées concernent des événements et des ressources qui peuvent être dynamiques. Par dynamique, nous voulons dire que ces événements et ces ressources varient au cours du temps. Par exemple, une place de parking n'est disponible que pendant un certain temps. L'existence de cette ressource est donc très éphémère. Un autre exemple est celui du véhicule d'intervention d'urgence qui demande aux véhicules le précédant de lui faciliter le passage. La position de cet événement doit être mise à jour à chaque instant. Ce sont donc ces événements et ces ressources qui nous intéressent tout particulièrement puisqu'ils ne peuvent pas être définis à priori.

Notre représentation des données doit permettre de caractériser ces événements et ces ressources dynamiques. Pour cela, nous conservons plusieurs positions précédentes de référence avec une estampille temporelle afin de déterminer la direction et le déplacement de l'événement. De cette manière, chaque véhicule peut évaluer la pertinence des différents événements reçus.

Attribut	Type
Key	string
Version	int
Importance	int
CurrentPosition	PositionAndTime
DirectionRefPosition	PositionAndTime
MobilityRefPosition	PositionAndTime
LastDiffuserPosition	PositionAndTime
HopNumber	int
Description	EventDescription

Tableau 1. *Représentation des événements*

Le tableau 1 montre la représentation des informations que nous considérons. Les événements possèdent un certain nombre d'attribut : Un identifiant unique qui permet d'identifier l'événement facilement, une version dont le but est de permettre la mise à jour de certains événements. Par exemple, un véhicule d'intervention diffusera une nouvelle version de son événement périodiquement afin de mettre à jour les informations sur sa mobilité sur l'ensemble des véhicules. L'importance permet de donner la priorité à certains événements. Les événements visant à sécuriser la route (l'information sur un freinage d'urgence par exemple) doivent être transmis au conducteur en priorité. Ensuite, nous avons des positions de référence permettant de définir la mobilité et la direction de l'événement. Les positions utilisées correspondent à des relevés GPS et comportent donc les coordonnées en 3 dimensions ainsi qu'un relevé de l'heure GPS. L'utilisation du temps GPS nous permet ainsi d'éviter tout problème de synchronisation entre les horloges des véhicules. Ensuite, nous avons deux informations qui ne sont utiles que pour la dissémination de l'événement à travers le réseau.

La position du dernier diffuseur et le numéro du saut permettent de garantir la dissémination de l'événement dans la zone adéquate. Pour ce qui est des informations décrivant les événements, il s'agit d'un message décrivant sa sémantique proprement dite.

Un véhicule pourra alors posséder un certain nombre d'informations. C'est tout au long de son parcours que chaque véhicule se construit un ensemble d'informations. La suite de cet article présente notre solution pour interroger de manière continue ces informations en prenant en considération chaque déplacement du véhicule.

4. Evaluation continue de requêtes dépendant de la localisation

La mobilité des véhicules rend l'évaluation des requêtes dépendantes de la localisation à un instant t de moins en moins pertinente au cours du temps. En effet, en se déplaçant, le véhicule va se rapprocher de certains événements et s'éloigner de certains autres rendant l'évaluation des requêtes de moins en moins cohérente avec la réalité. Pour palier à ce problème, les requêtes doivent être réévaluées. Cependant, réévaluer à chaque déplacement l'ensemble des requêtes sur l'ensemble des données n'est pas réalisable. La forte mobilité des véhicules a pour conséquence que le temps séparant deux évaluations successives n'est pas suffisant pour réaliser une réévaluation complète, même si on considère un faible nombre de requêtes et de données. C'est pourquoi, nous avons mis en place un mécanisme permettant de ne réévaluer que certaines données pour chaque requête. Notre mécanisme utilise le déplacement du véhicule pour sélectionner ces données. Nous allons dans un premier temps présenter la représentation des résultats d'une requête dans notre système. Nous montrerons ensuite comment le déplacement du véhicule est pris en compte pour choisir les données qui doivent être réévaluées. Notons que la prise en compte des modifications de la base de données (ajout, suppression, mise à jour d'information) a été proposée dans [DEL 07a]. Il s'agit donc bien ici de prendre en considération la mobilité du véhicule. Considérons donc la requête : « Quelles sont les places de parking libre qui sont à moins de 200 mètres ? » et supposons qu'un certain nombre de place de parking libre soit stockées dans la base. L'objectif est donc d'évaluer de manière continue cette requête en minimisant le nombre de données réévaluées à chaque instant.

Dans un premier temps, nous évaluons la requête sans ses critères spatio-temporels. Autrement dit, nous l'évaluons sans considérer la proximité du véhicule par rapport aux données. De cette manière, nous obtenons un ensemble de résultats possibles. Dans notre exemple, il s'agit de toutes les places de parking libre présentes dans la base de données locale du véhicule. La réponse à la requête est forcément un sous-ensemble de cet ensemble. L'évaluation des critères spatio-temporels sur cet ensemble permet d'avoir les résultats de la requête. Par contre, ce qui est problématique, c'est que cette évaluation doit être continue. En effet, la forte mobilité du véhicule remet en cause l'évaluation des critères spatio-temporels à chaque instant. Pour pouvoir limiter de manière pertinente le nombre d'éléments pour lesquels il faut réévaluer les critères spatio-temporels, certaines informations sont nécessaires. En effet, puisque nous

voulons limiter le nombre d'éléments à réévaluer, il est nécessaire de bien choisir ces éléments. Pour cela, nous associons à chaque donnée du sur-ensemble : la distance entre le véhicule et la donnée depuis la dernière évaluation. Nous notons D_e cette distance. Les données sont indexées sur cette distance. Le tableau 2 montre les données attachées à la requête : « Quelles sont les places de parking libres qui sont à moins de 200 mètres ? » (en considérant que les identifiants des événements décrivent des places de parking libre).

Id Event	D_e
e1	152 m
e2	224 m
e3	277 m
...	...

Tableau 2. Représentation du résultat d'une requête

De cette manière, il est possible de ne réévaluer que les données les plus proches. Malheureusement, cela n'est pas suffisant. En effet, les données plus éloignées ne seront jamais réévaluées puisque leur D_e ne seront jamais mise à jour et resteront donc trop importantes pour que ces données soient sélectionnées, même si le véhicule s'en rapproche significativement. Pour résoudre ce problème, nous regroupons les données sur ΔD_e : la variation maximale de la distance depuis la dernière réévaluation. Le tableau 3 montre ce regroupement au départ de la requête. Ici, toutes les données ont été évaluées et sont donc regroupées dans une seule structure où $\Delta D_e = 0m$.

$\Delta D_e = 0 m$	
Id Event	D_e
e1	152 m
e2	224 m
e3	277 m
...	...

Tableau 3. Représentation du résultat d'une requête au départ

Le tableau 4 montre ce qu'il se passe lorsque la position du véhicule est mise à jour. ΔD_e est modifiée pour prendre en compte la distance parcourue par le véhicule. Aucune réévaluation n'a été faite à ce moment là et les résultats restent inchangés. ΔD_e représente donc la variation maximale possible pour chaque D_e des données.

Ainsi, ΔD_e nous permet de déterminer si le véhicule s'est déplacé fortement par rapport aux données. Nous pouvons alors réévaluer les données dont ΔD_e représente plus de $x\%$ de la distance depuis la dernière évaluation (D_e). Dans le tableau 5, nous

$\Delta D_e = 17 \text{ m}$	
Id Event	D_e
e1	152 m
e2	224 m
e3	277 m
...	...

Tableau 4. Représentation du résultat d'une requête après un déplacement de 17 mètres

avons choisi $x = 10$ et il n'y a que la donnée e1 qui est réévaluée. Un nouveau groupe est alors créé avec un $\Delta D_e = 0$ et D_e de e1 est recalculée.

$\Delta D_e = 0 \text{ m}$	
Id Event	D_e
e1	141 m

→

$\Delta D_e = 17 \text{ m}$	
Id Event	D_e
e2	224 m
e3	277 m
...	...

Tableau 5. Représentation du résultat d'une requête après un déplacement de 17 mètres et réévaluation des données dont la variation maximale de D_e est inférieure à 10%

Tous les déplacements du véhicule sont donc incorporés dans cette structure. Le tableau 6 montre l'état de la structure après un second déplacement (de 14 mètres) et la réévaluation des données sélectionnées par notre méthode. La donnée e1 n'est pas réévaluée puisque le déplacement ne représente pas les $x\%$ de sa D_e . Par contre, e2 et e3 doivent être réévalués. En effet, depuis leur dernière évaluation, le véhicule s'est déplacé de 17 mètres, puis de 14 mètres, ce qui représente un $\Delta D_e = 31 \text{ m}$. Notons que dans notre structure, nous avons décidé de ne pas mettre à jour les valeurs ΔD_e de chacun des groupes. Plutôt que de parcourir l'ensemble des groupes pour faire cette mise à jour, nous préférons mémoriser la somme des ΔD_e lors du parcours des groupes pendant la phase d'évaluation. En effet, chacun des groupes peut contenir des informations à réévaluer et donc, lors de la phase de réévaluation, tous les groupes doivent être parcourus successivement.

Ainsi, dans chacun des groupes, seule une partie des informations est réévaluée et ces informations sont déplacées vers le groupe correspondant à $\Delta D_e = 0$. De cette manière, les groupes se vident petit à petit et le nombre de groupes reste donc assez

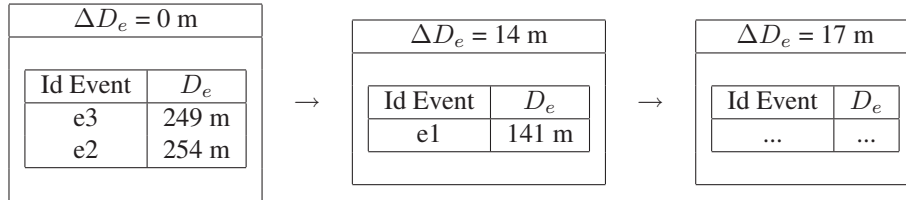


Tableau 6. Représentation du résultat d'une requête après un déplacement de 14 mètres et réévaluation des données dont la variation maximale de D_e est inférieure à 10%

limité. De plus, les événements plus proches seront bien réévalués plus souvent que les événements plus éloignés.

5. Conclusion et perspectives

Nous avons présenté dans cet article une solution permettant de représenter les différents événements pouvant survenir sur nos routes. L'évaluation de requêtes continues dépendantes de la localisation sur ces événements a ensuite été abordée. La solution proposée permet de gérer un certain nombre d'événements et de requêtes.

Pourtant, les perspectives de ces travaux sont nombreuses. Dans un premier temps, nous devons évaluer la solution que nous avons présentée. Ensuite, nous voudrions trouver d'autres moyens de sélectionner les informations à réévaluer. Les critères de sélection des informations à réévaluer devraient certainement dépendre des critères spatio-temporels de la requête continue dépendante de la localisation considérée. Il faudra donc généraliser l'approche pour pouvoir l'adapter à différents critères.

Nous nous intéressons par ailleurs à l'historisation des données. Notre objectif est ici de pouvoir déterminer par exemple le lieu où il est le plus probable de trouver une place de stationnement disponible lorsque aucune place libre n'a été diffusée par les véhicules voisins. La définition de groupes de véhicules [LUO 05] connectés pendant un laps de temps un peu plus important pourrait par ailleurs permettre de partager ces « connaissances » en échangeant certaines données historisées en plus des échanges spontanés.

6. Remerciement

Les travaux de recherche présentés sont supportés par le Campus International sur la Sécurité et l'Intermodalité des Transports, la région Nord-Pas-De-Calais, la Communauté Européenne, la Délégation Régionale à la Recherche et à la Technologie, le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, et le Centre National de

la Recherche Scientifique. L'auteur tient à remercier avec gratitude le soutien de ces institutions.

7. Bibliographie

- [AIJ 06] AIJAZ A., BOCHOW B., DÖTZER F., FESTAG A., GERLACH M., KROH R., LEINMÜLLER T., « Attacks on Inter Vehicle Communication Systems - an Analysis », *Proc. of the 3rd International Workshop on Intelligent Transportation (WIT 2006)*, 2006.
- [CEN 08] CENERARIO N., DELOT T., ILARRI S., « Dissemination of Information in Inter-Vehicle Ad Hoc Networks », *Intelligent Vehicles Symposium (IV'08)*, IEEE Computer Society, June 2008, p. 763-768, poster paper.
- [DEL 07a] DELOT T., CENERARIO N., « Evaluation continue de requêtes dans les réseaux de communication inter-véhicules », *GEDSIP*, 2007.
- [DEL 07b] DELOT T., CENERARIO N., « Evaluation de requêtes spatio-temporelles dans les environnements pair-à-pair mobiles », rapport, 2007, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis.
- [FES 02] FESTAG A., FÜSSLER H., HARTENSTEIN H., SARMA A., SCHMITZ R., « Fleetnet : Bringing car-to-car communication into the realworld », *Proc. of the World Congress on Intelligent Transport Systems (ITS)*, 2002.
- [LUO 05] LUO J., HUBAUX J.-P., « A Survey of Research in Inter-Vehicle Communications », *Embedded Security in Cars - Securing Current and Future Automotive IT Applications*, Springer-Verlag, 2005.
- [MOR 03] MORSINK P., HALLOUZI R., DAGLI I., CSEH C., SCHÄFERS L., NELISSE M., BRUIN D. D., « CARTALK 2000 : Development of a cooperative ADAS based on vehicle-to-vehicle communication », *Proc. of the 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services*, 2003.
- [THI 05] THILLIEZ M., DELOT T., LECOMTE S., « Requêtes dépendantes de la localisation. Evaluation distribuée et optimisation », *Ingénierie des Systèmes d'Information*, vol. 10, n° 5, 2005, p. 39-58.
- [TRA 04] TRAJCEVSKI G., SCHEUERMANN P., WOLFSON O., NEDUNGADI N., « CAT : Correct Answers of Continuous Queries Using Triggers », *Proceeding of the International Conference on Extending Database Technology (EDBT04)*, Heraklion, Greece, March 2004, p. 837-840.
- [XU 04a] XU B., OUKSEL A. M., WOLFSON O., « Opportunistic Resource Exchange in Inter-Vehicle Ad-Hoc Networks. », *Proc. of the 5th IEEE International Conference on Mobile Data Management*, 2004, p. 4-12.
- [XU 04b] XU B., WOLFSON O., « Data Management in Mobile Peer-to-Peer Networks », *Proc. of the 2nd International Workshop on Databases, Information Systems, and Peer-to-Peer Computing (DBISP2P'04)*, Springer Verlag Lecture Notes in Computer Science, 2004.