

Interopérabilité des technologies de communication dans les réseaux véhiculaires dans la ville intelligente

– Sujet de thèse de doctorat en informatique –

Directeur de thèse :	Benoît Hilt
Encadrants :	Sébastien Bindel, Frédéric Drouhin
Laboratoire d'accueil :	IRIMAS (EA7499)
Équipe de recherche :	Réseaux et Télécommunications
Lieu :	34 rue du Grillenbreit, Colmar (FR)
Durée de la thèse :	3 ans (à partir de septembre 2018)
Financement :	Bourse ministérielle
Contacts :	benoit.hilt@uha.fr sebastien.bindel@uha.fr frederic.drouhin@uha.fr

Introduction et problématique

L'une des thématiques de recherche de l'équipe Réseaux et Télécommunications porte sur les réseaux véhiculaires. Dans ce domaine des résultats significatifs ont été obtenus concernant l'évaluation de la qualité d'un lien Wi-Fi et la prédiction de sa rupture [GHD⁺14] [LDD⁺16] [BCH16]. L'équipe a également contribué à améliorer la diffusion de données dans les réseaux de systèmes autonomes mobiles communicants [BCHL17]. L'approche utilisée combine l'algorithmie distribuée et le traitement du signal, appliqués aux réseaux mobiles sans fil et permet de concevoir des solutions complètes de la couche physique à la couche applicative.

Dans un nouveau projet, l'équipe souhaite travailler sur les communications entre les véhicules et les infrastructures de la ville intelligente. Cette thématique permet d'ouvrir un champ d'application important tel que la gestion du trafic en temps réel. Elle constitue un enjeu majeur, puisqu'en France durant la période 2011-2016 le nombre de véhicules particuliers a augmenté (+742000) tout comme celui du nombre de kilomètres parcouru par véhicule (+582) [INS17b]. En parallèle, la hausse des immatriculations des véhicules neufs [INS17a] qui possèdent des interfaces de communication de type Bluetooth, Wi-Fi ou cellulaire rend possible la communication inter véhicules ou avec une infrastructure urbaine. L'objectif du sujet de thèse proposé est d'améliorer les interactions entre les véhicules et les infrastructures communicantes d'une ville intelligente (smart city), notamment au sein des carrefours pour réaliser une gestion du trafic [DDMM15].

Sujet de la thèse

Ce sujet de thèse s'inscrit dans la continuité d'une thèse menée actuellement dans l'équipe. Le sujet comporte deux parties. La première porte sur l'exploitation des interfaces de communication embarquées dans un véhicule. Les industriels notamment Marvell et Qualcomm développent actuellement des systèmes sur puces (Marvell 88W8987xA, Qualcomm QCA6584AU et Qualcomm C-V2X 9150) qui embarquent à la fois des interfaces Bluetooth, IEEE 802.11p et 802.11ac. Outre la technologie IEEE 802.11p dédiée aux communications véhiculaires [JD08], la technologie Bluetooth peut être

utilisée pour ce type de communication [BFCE16]. L'échange de données via plusieurs interfaces permet une utilisation de flux multiples entre un émetteur et un récepteur, qui peuvent être transmis par des interfaces différentes. La répartition des flux envoyés par les interfaces se ramène alors à un problème de multiflot [BCLR03] dans les graphes dynamiques [CFQS11]. On considérera que les nœuds peuvent être mobiles et que les capacités des liens devront être utilisés de manière équitable, avec la possibilité d'appliquer des contraintes supplémentaires. Cette partie sera consacrée à la conception d'un algorithme de répartition de charge entre différentes technologies. Cet algorithme sera testé et validé avec le simulateur JBotSim [Cas15].

La seconde partie porte sur l'ingénierie des protocoles. L'objectif est de concevoir un protocole qui devra pouvoir être déployé sur les réseaux Wi-Fi, Bluetooth et cellulaires (4G/5G). Il implantera l'algorithme conçu dans la première partie et devra de plus optimiser la taille des messages avec la capacité des liens pour réduire le taux de perte et la consommation de bande passante. La problématique de la gestion de files d'attente liées à la transmission des données via plusieurs interfaces sera également abordée. Ces problématiques seront étudiées dans une problématique véhiculaire, dans un environnement de type smart city. Le protocole sera modélisé et testé avec le simulateur de réseau ns-3 [RH10]. Il sera également implémenté sur un démonstrateur physique qui sera déployé sur une flotte de véhicules électriques autonomes communicants dans le cadre du projet SMART-UHA.

La mise en œuvre d'un démonstrateur permettra de capitaliser des résultats que nous avons obtenus antérieurement. Elle constituera un point de départ pour le développement de solutions innovantes autour des véhicules communicants et la ville intelligente de demain. Par ailleurs, il n'existe pas aujourd'hui à notre connaissance de proposition opérationnelle allant dans ce sens.

Programme prévisionnel de la thèse

Les étapes de la thèse seront :

- Etat de l'art du domaine
 - étudier des différentes technologies de communication embarquées dans les véhicules,
 - étudier les algorithmes relatifs aux graphes dynamique et aux algorithmes du problème multiflot,
 - déterminer un scénario d'application possible pour un réseau véhiculaire dans un environnement de type smart city.
- Conception des algorithmes et du protocole
 - réaliser un prototypage de l'algorithme de répartition de flux,
 - développer un algorithme d'optimisation du ratio taille de messages / perte,
 - intégrer les algorithmes développés dans un protocole,
- Conception d'un démonstrateur physique
 - choisir les solutions technologiques pour le démonstrateur,
 - définir le contexte d'évaluation du protocole,
 - mettre en œuvre et valider le protocole en situation réelle.

Références

- [BCH16] Sébastien Bindel, Serge Chaumette, and Benoît Hilt. F-ctx : a predictive link state estimator for mobile networks. *EAI Endorsed Transactions on Mobile Communications and Applications*, 16(7), 6 2016.

- [BCHL17] S. Bindel, S. Chaumette, B. Hilt, and P. Lorenz. S-rogue : Routing protocol for unmanned systems on the surface. In *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, pages 1–7, May 2017.
- [BCLR03] Mohamed Bouklit, David Coudert, Jean-François Lalande, and Hervé Rivano. Approximation Combinatoire de Multiflot Factionnaire : Améliorations. In *AlgoTel'03 : 5èmes Rencontres Francophones sur les Aspects ALGOarithmiques des TELécommunications*, Banyuls-sur-Mer, France, May 2003.
- [BFCE16] Walter Bronzi, Raphael Frank, German Castignani, and Thomas Engel. Bluetooth low energy performance and robustness analysis for inter-vehicular communications. *Ad Hoc Networks*, 37 :76 – 86, 2016. Special Issue on Advances in Vehicular Networks.
- [Cas15] Arnaud Casteigts. JBotSim : a tool for fast prototyping of distributed algorithms in dynamic networks. In *Proceedings of the 8nd international ICST conference on simulation tools and techniques, SIMUTools'15, Athens, Greece, 2015*.
- [CFQS11] Arnaud Casteigts, Paola Flocchini, Walter Quattrociocchi, and Nicola Santoro. Time-varying graphs and dynamic networks. In Hannes Frey, Xu Li, and Stefan Ruehrup, editors, *Ad-hoc, Mobile, and Wireless Networks*, pages 346–359. Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [DDMM15] S. Djahel, R. Doolan, G. M. Muntean, and J. Murphy. A communications-oriented perspective on traffic management systems for smart cities : Challenges and innovative approaches. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 17(1) :125–151, Firstquarter 2015.
- [GHD⁺14] H. Gabteni, B. Hilt, F. Drouhin, J. Ledy, M. Basset, and P. Lorenz. A novel predictive link state indicator for ad-hoc networks. In *2014 IEEE Global Communications Conference*, pages 149–154, Dec 2014.
- [INS17a] INSEE. Statistique sur les immatriculations de véhicules neufs en 2016. www.insee.fr/fr/statistiques/2012702, Feb 2017.
- [INS17b] INSEE. Statistique sur les véhicules en service en 2016. www.insee.fr/fr/statistiques/2045167, Oct 2017.
- [JD08] D. Jiang and L. Delgrossi. Ieee 802.11p : Towards an international standard for wireless access in vehicular environments. In *VTC Spring 2008 - IEEE Vehicular Technology Conference*, pages 2036–2040, May 2008.
- [LDD⁺16] J. Ledy, F. Drouhin, J. Daniel, M. Basset, B. Hilt, H. Gabteni, and P. Lorenz. Data fusion for a forecasting link state indicator in vanets. In *2016 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, pages 1–6, Dec 2016.
- [RH10] George F. Riley and Thomas R. Henderson. *The ns-3 Network Simulator*, pages 15–34. Springer Berlin Heidelberg, 2010.