

Réseaux

Chapitre 11 - Les réseaux véhiculaires

Claude Duvallet

Université du Havre
UFR Sciences et Techniques
25 rue Philippe Lebon - BP 540
76058 LE HAVRE CEDEX
Claude.Duvallet@gmail.com

Plan de la présentation

- 1 Introduction
- 2 Les réseaux véhiculaires (VANET)
- 3 Problèmes de recherche
- 4 Conclusion et perspectives

Contexte : Les Systèmes de Transport Intelligents (STI)

- Les moyens de transport : Voitures, Camions, Deux-Roues, Train, Bateaux.
- Transport de personnes et transport de marchandises.
- Des véhicules de plus en plus équipés :
 - Capteurs de pluie, Capteurs de luminosités, Radar/Caméra de recul, etc.
 - Systèmes d'aide au stationnement.
 - Ordinateurs de bord.
- De nombreux travaux dans le domaine de la sécurité routière :
 - Pallier aux erreurs de conduite.
 - Accroître la sécurité des passagers en cas d'accidents.
 - Améliorer l'entretien des véhicules.
 - Diminuer l'impact écologique.

Les systèmes d'aide à la conduite

Advanced Driver Assistance System (ADAS)

- Deux types de systèmes :
 - Des systèmes de sécurité passive (airbag, ceinture de sécurité, etc.).
 - Des systèmes de sécurité active (régulateur de vitesse à contrôle de distance et limiteur de vitesse intelligent).
- Les IHM : haptique, sonore et visuelle.

Les systèmes d'aide à la conduite pour les deux-roues motorisés (Advanced Rider Assistance System (ARAS))

- Différences avec les autres véhicules :
 - Plus vulnérables que les autres usagers de la route.
 - Un freinage en position inclinée.
 - Un gabarit plus petit qui les rends moins détectables.
 - Une perception visuelle des motards plus restreinte.

Les modes d'interaction

- Le mode instrumenté : mesure fournie au conducteur.
- Le mode avertissement : alerte en cas de pannes.
- Le mode limite : limiteur de vitesse.
- Le mode régulé : régulateur de vitesse.
- Le mode prescriptif : fixation de valeurs consignes par les autorités.
- Le mode automatisé : véhicule autonome.

Les réseaux véhiculaires

Vehicular Ad Hoc NETwork (VANET)

- Communications véhicule à véhicule.
- Norme WiFi 802.11p.
- Protocoles de routages pour acheminer les informations.
- De nombreux travaux de recherche dans ce domaine.

Applications

- Dans le domaines de la sécurité routière :
 - Prévention de collisions.
 - Détection de piétons.
 - Détection d'angle mort.
 - Etc.
- Dans le domaine de la gestion de trafic :
 - En milieu urbain (Projet PUMAS).
 - En milieu extra-urbain (Projet Co-Drive).
- Application de confort ou de détente :
 - Transport de données multimédia.
 - Informations touristiques.
 - Etc.
- Dans le domaine de la maintenance des véhicules :
 - Détection de pannes.
 - Échéance de maintenance.
 - Etc.

Acquisition de données

- Utilisation de différents types de capteurs :
 - Extéroceptifs : fournissent une mesure sur l'environnement.
 - Proprioceptifs : fournissent une mesure sur l'intérieur du véhicule.
- Utilisation de techniques de perception et d'analyse d'images sur des données en provenance de caméras.
- Prise en compte des contraintes temps réel des données.

Où sont traités les données ?

- À l'intérieur du véhicule :
 - En vue de fournir des informations élaborées au conducteur ainsi qu'éventuellement à ses passagers.
 - En vue de prendre des mesures immédiates (exemples : freinage, alerte, etc.)
 - En vue de transmettre des informations élaborées à d'autres véhicules, à un site central.
- À l'extérieur du véhicule :
 - Données brutes,
 - Données élaborées.

⇒ envoyées à un site central (base de données).
- Exemple : gestion de trafic routier, info-traffic, etc.

Comment sont transmises les données ?

- Par voie GSM :
 - Envoie de données à un site central.
- Par voie WiFi (norme 802.11p) :
 - À des infrastructures (Exemple : RSU) :
 - ⇒ communications V2I.
 - À d'autres véhicules :
 - ⇒ communications V2V : utilisation d'algorithmes de routage, réseaux VANET.

Exploitation des données

- Structuration des données acquises en bases de données.
- Filtrage des données redondantes et agrégations :
 - Certaines données peuvent être transmises plusieurs fois.
 - D'autres peuvent être contradictoires ou complémentaires.
- Extraction des données pertinentes.

Généralités sur les VANET

Vehicular Ad Hoc NETwork (VANET)

- Chaque véhicule (équipé) devient un nœud du réseau.
- La communication Véhicule à Véhicule (V2V).
- La norme WiFi : 802.11p.
- Trois catégories d'applications concernées :
 - la sécurité routière,
 - l'optimisation des systèmes de transports,
 - et les informations et divertissements.
- La communication inter-véhiculaires peut permettre de transmettre différents types d'informations.
- Des informations concernant les conditions de circulation peuvent être transmises en temps réel.

Objectifs principaux

- Améliorer les conditions de circulation par une meilleure fluidité sur les routes.
- Diminuer les temps de conduite \implies réduction de l'impact sur l'environnement (moins de rejet de CO₂).
- Diminuer les délais de transmission des informations par rapport aux informations en provenance des gestionnaires d'infrastructures.
- Permettre une plus grande réactivité des conducteurs face au comportement des véhicules.

Les premiers travaux

- Le point de départ de ces travaux de recherche se situe dans la possibilité d'adapter les réseaux de types MANET aux véhicules.
- Travailler à partir des appareils mobiles pouvant être présents au sein des véhicules : GPS, téléphone portable, etc.
- Apparition de deux technologies :
 - IVC (Inter-Vehicle Communications) : communication inter-véhiculaires ou V2C ou Car2Car.
 - RVC (Road-Vehicle Communications) : communication entre les véhicules et les unités de bord de routes (V2I).
- Les réseaux de type VANET peuvent être considérés comme une sous-classe des réseaux MANET :
 - Les nœuds sont les véhicules et les unités de bord de routes.
 - Le comportement de ces nœuds est fondamentalement différent :
 - La mobilité est influencée par le comportement des conducteurs.
 - Le déplacement est restreint aux routes existantes.
 - La vitesse de déplacement peut-être élevée.

Caractéristiques techniques

- Lors de l'utilisation du standard 802.11 pour la communication inter-véhicules, un paquet d'informations utile ne peut pas dépasser la taille de 2312 octets.
- Changement rapide de la topologie de réseau due à la mobilité des véhicules \implies la connectivité est instable (Exemple un véhicule qui roule à 25 m/s avec un signal d'une portée de 250 m aura une connectivité maximum de 20 sec.
- Pour les véhicules roulant à haute vitesse dans un trafic trop dynamique la déconnexion est très probable.
- Une bande passante limitée qui oblige la mise en œuvre de mécanismes d'agrégation ou de compression.
- L'anticipation et la prédiction de déplacement des véhicules est possible seulement dans le cas des trajectoires bien définies.
- La consommation d'énergie ne présente pas un enjeu pour les VANET : elle est limitée mais suffisante.

Le projet SOTIS

- Objectifs : résoudre les problèmes liés à la centralisation de traitements dans les systèmes d'info-traffic.
- Méthode : utiliser le potentiel des véhicules :
 - capacités de communication,
 - puissance de calcul.
- Hypothèses de travail :
 - Le comportement d'un conducteur n'est influencé, généralement, que par l'état du trafic dans son voisinage (environ 50 Km).
 - Chaque véhicule est équipé d'un GPS, une carte routière numérique, une interface de communication sans fils et une unité de traitement de données.
 - La dissémination de l'info-traffic demeure possible même avec un taux d'équipement faible.
 - La dégradation de la qualité de l'info-traffic doit être faible dans les voisinages proches.
 - Ce service doit être assuré dans les zones urbaines et dans les zones rurales.

Fonctionnement de SOTIS (1/4)

- L'autonomie du SOTIS consiste à ce que chaque véhicule analyse et traite l'info-traffic de manière individuelle en fonction des informations reçus dans les messages diffusés dans le VANET.
- Afin de réduire la taille des données traitées, les routes sont divisées en segments de longueur relatives à la portée du signal de transmission.
- Les données sont fusionnées et enregistrées dans une base de connaissances.
- Un coefficient d'utilité est associé aux données de cette base pour n'enregistrer que les informations provenant d'un voisinage inférieure à 50 Km.
- Deux types de paquets peuvent être échangé dans SOTIS :
 - les paquets périodiques,
 - et les paquets d'urgence.

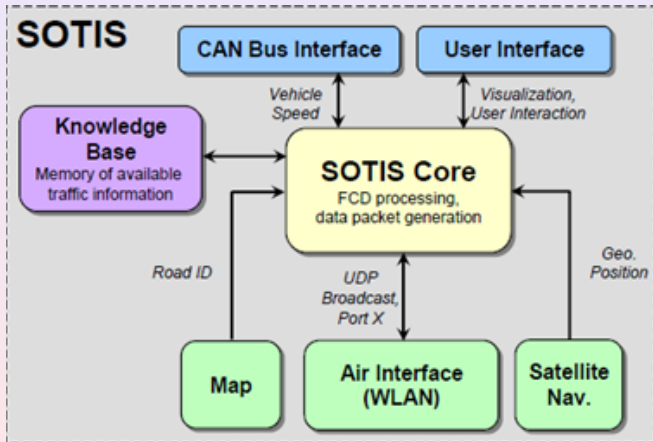
Fonctionnement de SOTIS (2/4)

- Pour chaque paquet générer, un entête de format identique est associée.
- Cet entête comporte cinq champs :
 - le type du paquet (périodique ou urgence),
 - le temps (estampille),
 - un identifiant de la route,
 - une position,
 - et la vitesse.
 - et les paquets d'urgence.
- La périodicité de génération des paquets est variable et peut être gérée en fonction des conditions et des événements dans le voisinage.

Fonctionnement de SOTIS (3/4)

- SOTIS se base sur trois phases de traitement :
 - la réception,
 - l'analyse,
 - et la transmission.
- Pour la réception, les paquets sont filtrés en fonction de leur fraîcheur.
- Après leur réception, dans la phase d'analyse, les données extraites seront traitées pour avoir une information plus au moins générale sur les conditions de circulation.
- La phase de transmission nécessite la définition de périodes de transmission ainsi que le type des données à transmettre.
- Le déroulement de ces trois phases permet la propagation de l'info-traffic dans le réseau VANET.

Fonctionnement de SOTIS (4/4)



Le projet VESPA

- VESPA (Vehicular Event Sharing with a mobile P2P Architecture) est un système d'échange d'information inter-véhicules dans les réseaux VANET.
- Ce système est présenté comme un complémentaire aux systèmes de navigation existants.
- VESPA doit permettre de fournir aux utilisateurs des informations sur les dangers de la route qu'ils peuvent rencontrer.
- Il peut aussi les aider à trouver une place de parking disponible une fois qu'ils ont atteint leur destination.
- Plusieurs méthodes d'agrégation de données sont comparées.
- Une agrégation d'événements est proposée grâce à une matrice d'événements basée sur l'attribution d'un coefficient (probabilité) de confiance pour chaque case ou cellule.
- Les cellules décrivent à leurs tours un événement observé dans un intervalle spatial ou temporel d'où l'agrégation d'événements.

Le projet LSBTIS (1/2)

- L'idée de base est d'intégrer les processus de collecte de l'info-traffic dans les processus de mise à jour de la localisation.
- Les processus de localisation ou de mise à jour de positions sont utilisés par plusieurs algorithmes de routage dans les VANET.
- Dans LSBTIS (Location Service Based Traffic Information System), le réseau véhiculaire est subdivisé sur des régions (clusters) adjacentes ce qui permet de classifier géographiquement l'information sur les routes à l'aide d'une carte numérisée.
- Un serveur de localisation, associé à chaque région, agrège les informations pour la localisation.
- L'information sur le trafic se traduit par l'exploitation des données (position, vitesse, direction, estampille) échangées par le système de localisation des véhicules.

Le projet LSBTIS (2/2)

- Plusieurs hypothèses ont été faites dans LSBTIS :
 - Un véhicule équipé possède un GPS, un ordinateur de bord, une interface de communication inter-véhicule (sans fils) et une carte routière numérisée.
 - Les routes sont segmentées de sorte que chaque segment est distingué par un identifiant de route plus un identifiant de segment.
 - La longueur de segment est proportionnelle à la portée du signal de transmission.
 - La diffusion du message de localisation est périodique (direction, vitesse).

Fonctionnement du projet LSBTIS (1/2)

- La première étape de construction du système d'info-traffic consiste à définir le VLS (Vehicular Location Service), dans lequel sont intégrés les processus de collecte de l'info-traffic.
- Le VLS se base sur la classification des segments routiers en 5 classes relatives aux types des routes.
- Une carte représentant un réseau routier est divisée sur $M \times M$ régions carrées.
- Une fonction de hachage permet d'affecter un véhicule à une région donnée.
- Un algorithme de « map-matching » permet d'affecter le véhicule à un segment donné.
- En fonction des informations collectées dans les messages de localisation, le véhicule le plus proche du centre d'une région, se présente comme le serveur de localisation pour une période définie.

Fonctionnement du projet LSBTIS (2/2)

- Au cours de cette période, le serveur de localisation enregistre les détails de localisation des autres véhicules qui lui sont associés.
- Ensuite, il encapsule une liste des véhicules avec les informations de localisation dans un message qu'il diffuse au sein du VANET de façon périodique.
- Ces messages seront collectés par un véhicule délégué pour être le "hub" de l'information trafic dans les MxM régions.
- Ce véhicule assure ainsi l'analyse de l'ensemble des données trafic, l'agrégation et la distribution de l'info-traffic globale sur tous les serveurs de localisation.
- Si un véhicule souhaite obtenir de l'info-traffic, il doit alors envoyer une requête au serveur de localisation le plus proche.

Le projet TrafficView (1/3)

- Il est basé sur une étude comparative de différents modèles de dissémination dans les VANET.
- Cette étude compare les méthodes d'inondation et de dissémination des informations dans les réseaux de véhicules (VANET).
- La dissémination permet la propagation des informations sans surcharger le réseau ce qui n'est pas le cas pour l'inondation.
- Trois modèles de dissémination existent :
 - même direction,
 - direction opposée,
 - et bidirectionnelle.
- Une classification de l'échange des messages dans les VANET définit deux modèles « push » (~broadcast) et « pull » (~à la demande).

Le projet TrafficView (2/3)

- TrafficView utilise le modèle « push » pour la dissémination.
- Il est conçu principalement pour la dissémination des données trafic et la visualisation de ces informations pour le bien des conducteurs dans les réseaux VANET.
- De façon similaire à la majorité des systèmes d'info-traffic, un véhicule qui participe à TrafficView doit être équipé par un GPS, un ordinateur de bord, une interface de communication inter-véhicule (sans fils) et une carte routière numérisée.
- Optionnellement, il est possible d'ajouter un système de diagnostic embarqué pour l'acquisition des données de capteurs qui peuvent être utiles pour des applications particulières.

Le projet TrafficView (3/3)

Réalisation d'un prototype :

- Il est implémenté en java avec l'intégration de quelques parties en C.
- L'interface utilisateur offre deux modes d'utilisation :
 - Un mode proche qui permet de visualiser le voisinage en 3D,
 - et un mode éloigné qui permet d'obtenir une vue globale sur le trafic routier.
- Pour la communication inter véhicules une antenne omnidirectionnelle est utilisée.
 - Cette antenne offre une couverture de 300 mètres.

Les problèmes de recherche dans les VANET

- Des problèmes de réseaux mais pas uniquement.
- Des problèmes de routage et d'optimisation.
- Des problèmes liés à l'agrégation des données (problématique de clustering).
- Des problèmes de gestion temporelle des données acquises .
- Des problèmes de traitement temps réel des informations.

Le point faible : le conducteur

Les conducteurs :

- Limitation physiologique : perte d'attention, endormissement, temps de réaction.
- Non respect des règles.

⇒ Prise en compte du facteur humain.

- Doit-on contrôler le véhicule à la place du conducteur ?
- Quelle sera la place du conducteur dans les véhicules du futur ?
Vers des véhicules autonomes ou semi-autonomes ?

Les conditions météorologiques

- Détection de la pluie pour régler automatiquement les essuies-glaces mais peut-être bientôt la vitesse.
- Détection du brouillard pour l'allumage automatique des feux adéquats.
- Détection du verglas pour régler la vitesse et les paramètres de conduite.

Les infrastructures

- Différents contextes : autoroutes, routes nationales, départementales.
- Des infrastructures inégales suivant les pays...
- Des infrastructures très peu équipées : parfois, inexistence du marquage au sol.
- Problème de couverture du réseau.
- Peu de véhicules en circulation dans certaines zones.
- Des travaux de recherche pour pallier aux insuffisances des infrastructures.
- Exemple : Détection de véhicules non visible à l'approche d'un virage.

Conclusion et perspectives

- Des véhicules intelligents qui :
 - Informent le conducteur,
 - Alertent le conducteur,
- Ou prennent le contrôle du véhicule.
- Quelle autonomie pour le conducteur ?
 - Quand le véhicule doit-il prendre le contrôle ?
 - En fonction des conditions météorologiques,
 - physiologiques du conducteur,
 - de l'analyse de son comportement,...
 - Quelles sont les limites d'acceptabilité ?