



**HAL**  
open science

## UM-CRT : Un modèle de canal semi-déterministe pour les VANETs

Jonathan Ledy, Hervé Boeglen, Anne-Marie Poussard, Benoit Hilt, Rodolphe Vauzelle

► **To cite this version:**

Jonathan Ledy, Hervé Boeglen, Anne-Marie Poussard, Benoit Hilt, Rodolphe Vauzelle. UM-CRT : Un modèle de canal semi-déterministe pour les VANETs. 17e Journées Nationales Micro-ondes, May 2011, Brest, France. pp.4E-14. hal-00658995

**HAL Id: hal-00658995**

**<https://hal.science/hal-00658995>**

Submitted on 13 Jan 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

## UM-CRT : Un modèle de canal semi-déterministe pour les VANETs

Jonathan Ledy<sup>1</sup>, Hervé Boeglen<sup>2</sup>, Anne-Marie Poussard<sup>1</sup>, Benoît Hilt<sup>2</sup>, Rodolphe Vauzelle<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université de Poitiers, Laboratoire XLIM-SIC, Bvd Marie et Pierre Curie, 86962 Futuroscope Chasseneuil

<sup>2</sup>Université de Haute-Alsace, Laboratoire MIPS/GRTC, 12 rue des Frères Lumière 68093 Mulhouse Cedex  
ledy@sic.univ-poitiers.fr : correspondant principal

### Résumé

Le choix d'un modèle de canal efficace pour la simulation des VANETs (Vehicular Ad-hoc NETWORKS) est difficile. Avec un modèle de canal purement déterministe les simulations sont réalistes mais prennent un temps très long, voire prohibitif. Dans le cas d'un modèle purement statistique, les simulations sont rapides mais le réalisme obtenu est limité. Dans ce papier nous proposons UM-CRT, un modèle de canal semi-déterministe basé sur un simulateur 3D déterministe de canal et sur le modèle statistique géométrique de canal SCME-UM (Spatial Channel Model Extended – Urban Micro). Nous avons intégré ce modèle dans le simulateur de réseaux NS-2 et montré qu'il fournit des résultats proches de ceux du modèle déterministe en un temps très nettement réduit.

### 1. Introduction

Les VANETs (Vehicular Ad-hoc NETWORKS) constituent un domaine de recherche très prometteur aussi bien pour la communauté scientifique que pour les constructeurs automobiles et les opérateurs des télécommunications. En effet, les systèmes de communications inter-véhicules peuvent être utilisés pour mettre en place différents types d'applications pour améliorer la sécurité ou à visées commerciales. Cependant, de nombreux problèmes liés en particulier à la mobilité restent à régler, et la mise en place in situ de réseaux expérimentaux demande des investissements extrêmement importants. L'étude par simulation reste donc incontournable.

Afin de pouvoir simuler des réseaux VANETs efficacement et évaluer leurs performances dans des conditions réalistes, il faut un simulateur réseau capable de prendre en charge la mobilité associée à une modélisation réaliste de la couche physique, et en particulier du canal de transmission, et ceci en temps de calcul acceptable. A notre connaissance, seules quelques recherches étudient l'effet du modèle de propagation et montrent la nécessité d'un modèle réaliste pour les simulations VANETs [1][2].

Pour répondre à ce besoin nous proposons UM-CRT, un modèle de canal semi-déterministe. Celui-ci se

compose du modèle statistique Spatial Channel Model Extended en milieu urbain UrbanMicro [3] initialement proposé pour la technologie B3G (Beyond 3G), et du modèle de propagation déterministe, basé sur le concept de rayons, développé par le laboratoire XLIM-SIC : CRT (Communication Ray Tracer) [4]. UM-CRT associé à la prise en compte complète des normes IEEE. 802.11n/p, conduit à des modélisations réalistes de la couche physique (PHY) de réseaux VANETS qui sont intégrées au simulateur de réseau NS-2 (Network Simulator 2) [5].

Le reste de ce papier est organisé comme suit. La section 2 présente le modèle SCME-UM et la section 3 le simulateur CRT. Dans la section 4, nous présentons la méthode associée au modèle semi-déterministe UM-CRT. La section 5 est dédiée à l'évaluation du modèle dans un contexte de réseaux VANETS. Finalement, la section 6 conclut ce papier et évoque les travaux futurs.

### 2. Modèle statistique de canal

Le modèle de canal statistique SCME est une évolution du modèle Spatial Channel Model (SCM) de 3GPP. Il a été développé dans le cadre du projet Européen WINNER [6] pour la simulation de systèmes B3G. Le modèle SCM a été conçu pour la simulation de systèmes à la fréquence 2 GHz et pour une largeur de bande de transmission de 5 MHz maximum. SCME permet quant à lui de simuler des systèmes aux fréquences de 2 et 5 GHz et ceci jusqu'à une largeur de bande de transmission de 100 MHz [3].

SCM et SCME sont des modèles dits géométriques dans lesquels les éléments dispersifs de l'environnement sont placés de manière stochastique. Le modèle SCME considère  $N$  clusters d'éléments dispersifs. Chaque cluster correspond à un trajet résolvable. A l'intérieur de chaque trajet, il y a  $M$  sous-trajets non résolubles.

SCME est un modèle nativement MIMO. Ainsi, pour un réseau d'antennes de station de base (BS) composé de  $N_T$  éléments et un réseau d'antennes mobiles (MS) de  $N_R$  éléments, les coefficients de canal des  $N$  composants multitrajets sont donnés par une matrice d'amplitudes complexes de dimension  $N_T \times N_R$  obtenue par la méthode de la somme de sinusoides [7]. Les auteurs de la référence [3] mettent à disposition de la communauté une

implémentation Matlab du modèle SCME [8] que nous avons utilisée dans nos simulations.

SCME permet de simuler des réponses impulsionnelles dans trois types d'environnements : Urban Macrocell (Macrocellule Urbaine; distance entre mobile et station de base de 3 km maximum), Suburban Macrocell (Macrocellule Suburbaine; distance entre mobile et station de base de 3 km maximum) et Urban Microcell (Microcellule Urbaine; distance entre mobile et station de base de 1 km maximum). Dans le contexte des VANETs, du fait des **distances** inter-véhicules généralement inférieures au kilomètre, nous avons choisi l'environnement Urban Microcell (UM).

### 3. Simulateur déterministe de canal et de couche PHY

CRT est un simulateur de propagation déterministe [4] développé à l'Université de Poitiers par le département SIC de XLIM. Il permet de modéliser tous les phénomènes de propagation d'une onde électromagnétique dans des environnements complexes. CRT se base sur une technique de tracé de rayon 3D pour la recherche des trajets entre deux points dans le réseau. Ainsi pour une liaison émetteur-récepteur choisie, il peut déterminer l'ensemble des trajets existants en termes de retard, d'atténuation, de phase et de polarisation. Ce simulateur, validé expérimentalement [9], permet d'avoir une approche réaliste du phénomène de multitrajets.

Grâce à cela, CRT contribue à modéliser à la fois la propagation des ondes dans l'environnement et les pertes de paquets induites par un canal radio mobile. En effet, associé à la modélisation des normes 802.11a et 802.11n, l'ensemble permet de calculer et d'associer à chaque **position** émetteur-récepteur un Taux d'Erreur Binaire (TEB), et de ce fait contribue à la caractérisation de la qualité de la transmission pour des systèmes SISO et MIMO. Une telle couche physique reposant sur CRT peut alors être intégrée à une plateforme de simulation réseaux telle que NS-2 afin de prendre en compte la qualité du lien radio dans les couches supérieures du modèle OSI. Soulignons que l'effet Doppler, qui dépend de la vitesse des nœuds, peut aussi être pris en compte dans les calculs.

L'inconvénient de cette couche physique réaliste vient du temps de simulation qu'elle induit. Dans le cas de simulations ayant une forte mobilité ou avec un grand nombre de nœuds (i.e dans le cas des VANETs), le temps de calcul est prohibitif. En effet, comme un TEB est associé à chaque couple émetteur-récepteur en fonction de sa **position**, les calculs de modélisation du canal doivent être refaits à chaque modification topologique du réseau. Il semble donc évident que, dans

le cas des VANETs, un tel modèle ne peut être utilisé pour des grandes séries de simulations.

Cela nous a amené à envisager l'alternative réduisant significativement le temps de calcul que nous présentons dans le paragraphe suivant.

### 4. Modèle semi-déterministe de canal et de couche PHY

Les modélisations purement déterministes ou statistiques présentent chacun des avantages, les premiers en réalisme et les seconds en temps de calcul. Mais aucune de ces approches ne permet de simuler efficacement les conditions de transmission pour les VANETs où ces deux propriétés sont nécessaires. C'est pourquoi nous proposons le modèle semi-déterministe UM-CRT qui associe la prise en compte de l'environnement de propagation à un modèle statistique paramétrable permettant des simulations fiables et rapides, dans le cadre d'une intégration dans NS-2.

UM-CRT est le résultat de la combinaison des deux modèles dont le principe est décrit sur la figure 1.

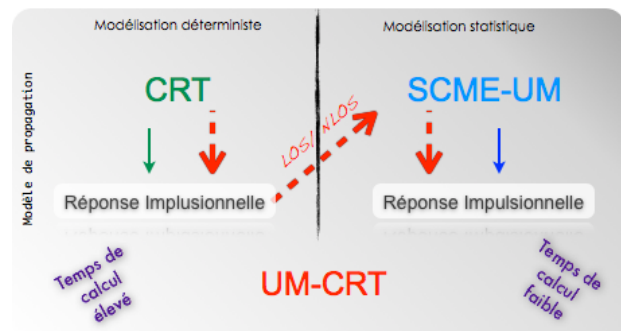


Figure 1. Le modèle UM-CRT

Ce modèle fonctionne en deux étapes. UM-CRT détermine tout d'abord à partir de la réponse impulsionnelle calculée avec CRT (déterministe) une situation LOS (Line Of Sight) ou NLOS (Non Line Of Sight), qui est le seul critère que nous prendrons en compte dans cet article. Toutefois, soulignons que des travaux en cours exploitent d'autres informations issues de la caractérisation du canal modélisé par CRT. UM-CRT utilise ensuite ce critère associé à la **distance** émetteur-récepteur pour choisir une réponse impulsionnelle SCME (statistique) pré-calculée.

Sur cette base, il devient alors possible de calculer rapidement le Taux d'Erreur Binaire selon une norme IEEE 802.11 à partir d'une **distance** et non plus d'une **position** comme dans le cas déterministe. En effet, si on considère une zone de stationnarité autour de chaque nœud, il y a un grand nombre de **positions** possibles pour chaque véhicule dans un scénario VANET mais un nombre plus limité de **distances** possibles entre eux. Le

nombre de valeurs de TEB à calculer devient donc nettement plus faible.

Dès lors, le simulateur de réseau dispose de tous les éléments pour décrire une transmission réaliste. Selon la **distance** émetteur-récepteur et le critère LOS-NLOS, le simulateur NS-2 choisit un TEB pré-calculé à partir de la réponse impulsionnelle de SCME-UM.

## 5. Résultats

Pour juger de la validité de notre modèle, nous l'avons comparé au modèle purement déterministe CRT dans le cas d'un environnement de simulation urbain : le centre ville de Munich (figure 2). CRT sera considéré comme le modèle de référence.

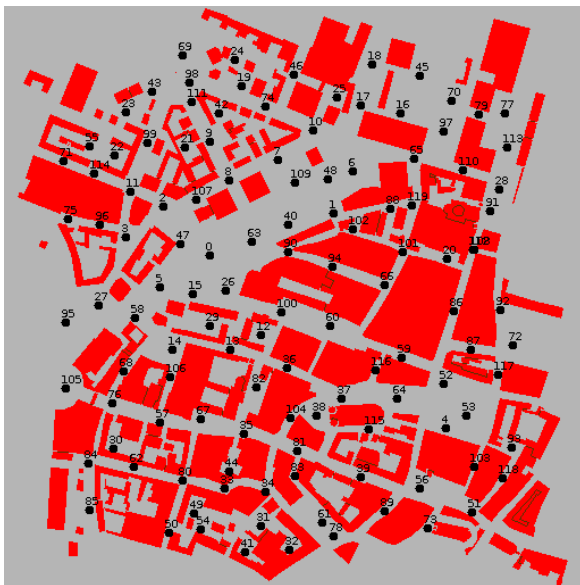


Figure 2. Un exemple de simulation avec 120 véhicules dans le centre ville de Munich.

Nous avons fait varier le nombre de véhicules, le nombre de communications simultanées et la vitesse des véhicules de manière à avoir plusieurs cas de figures représentatifs pour comparer UM-CRT à CRT. Il faut cependant souligner que l'analyse des résultats présentés ici permet de dégager des tendances, mais ne permet pas de définir des résultats statistiquement significatifs.

Une première constatation concerne le temps de simulation. Avec CRT, chaque simulation VANET prend environ 3 jours. Dans le cas d'UM-CRT, la phase de pré-traitement reste longue, mais elle n'est à faire qu'une seule fois. Lorsque les réponses impulsionnelles sont calculées, le temps d'une simulation n'excède pas 5 minutes.

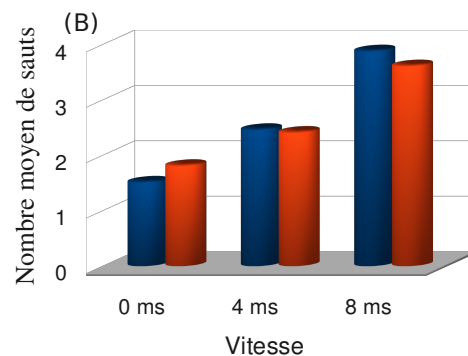
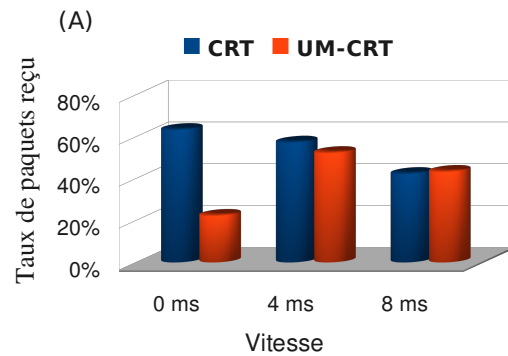
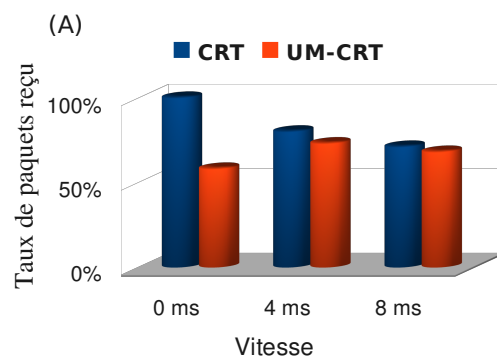


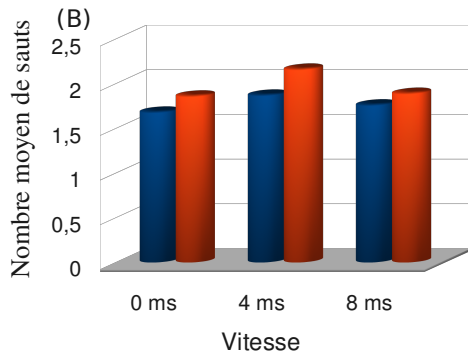
Figure 3. Taux de paquets reçu (A) et nombre moyen de sauts (B) dans le cas SISO

Dans une situation SISO, la figure 3 montre que pour des simulations avec des vitesses nulles, le modèle UM-CRT n'est pas fidèle à la réalité. Cela s'explique par le fait que la composante statistique de ce modèle n'est correcte que pour une certaine diversité des liaisons radios qui n'existe qu'en cas de mobilité. En revanche, dès que la vitesse augmente le modèle devient performant.

Les résultats de la figure 3 montrent aussi :

- l'influence de la vitesse sur le taux de paquets reçus dans les VANETs : plus la vitesse augmente, plus le taux de paquets reçus décroît.
- l'influence de la vitesse sur le nombre de sauts dans les VANETs : plus la vitesse augmente, plus le canal se détériore et plus il faut faire de sauts pour pouvoir communiquer.





**Figure 4. Taux de paquets reçu (A) et nombre moyen de sauts (B) dans le cas MIMO**

Dans une situation MIMO, la figure 4 confirme les tendances observés dans le cas SISO, à savoir que plus la vitesse est importante, plus les résultats entre CRT et UM-CRT coïncident. De plus, les différents taux de paquets reçus de la figure 4 sont tous meilleurs que ceux de la figure 3 et on voit que le nombre de sauts n'augmente pas avec la vitesse dans le cas MIMO, ce qui démontre une robustesse accrue du canal MIMO par rapport au canal SISO.

De ces résultats, on peut conclure que pour des simulations avec des vitesses faibles, le modèle UM-CRT n'est pas fidèle à la réalité, mais qu'en revanche, plus la vitesse augmente plus le modèle devient précis et se rapproche de CRT.

## 6. Conclusion

Dans ce papier, nous avons présenté UM-CRT, un modèle de canal semi-déterministe pour les VANETs basé sur les modèles SCME-UM et CRT associé à la prise en compte d'une norme WiFi. Cet ensemble a été incorporé dans le simulateur de réseau NS-2. Ce modèle comporte une phase de pré-traitement qui reste assez longue mais qui n'est réalisée qu'une seule fois et sans réelle contrainte de temps. Ensuite, il permet des simulations très rapides de réseau.

La tendance qui se dégage de nos résultats montre que le modèle UM-CRT permet de simuler ce type de réseau de manière rapide et réaliste. L'intérêt de la technique MIMO est aussi démontré.

Nous travaillons actuellement à l'amélioration d'UM-CRT notamment pour réduire le temps de calcul au niveau de la phase de pré-traitement. Cette optimisation sera complétée par l'incorporation d'autres critères à partir des informations de la réponse impulsionnelle de CRT, tels que l'étalement des retards en valeur efficace ou la capacité.

Ce travail s'inscrit partiellement dans le cadre du projet MOCAMIMODYN, soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche.

## 7. Bibliographie

- [1] Francisco J. Martinez, Chai-Keong Toh, Juan-Carlos Cano, Carlos T. Calafate, Pietro Manzoni, "Realistic Radio Propagation Models (RPMs) for VANET Simulations", IEEE Wireless Communications and Networking Conference 2009, Mar. 2009.
- [2] A.Mahajan, N.Potnis, K.Gopalan, A.Wang, "Modeling vanet deployment in urban settings", International Workshop on Modeling Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems 2007, Oct. 2007.
- [3] D. S. Baum, J. Hansen, J. Salo, "An interim channel model for beyond-3G systems: extending the 3GPP spatial channel model (SCM)", 2005 IEEE 61st Vehicular Technology Conference, VTC 2005-Spring, pp. 3132-3136 Vol. 5.
- [4] Delahaye R., Poussard A.-M., Pousset Y., Vauzelle R., "Propagation Models and Physical Layer Quality Criteria Influence on Ad hoc Networks Routing", 7th ITST, June 2007
- [5] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [6] <http://www.ist-winner.org/>
- [7] M. F. Pop, and N. C. Beaulieu, "Limitations of sum-of-sinusoids fading channel simulators", IEEE Trans. Commun., vol. 49, no. 4, Apr. 2001, pp. 699-708.
- [8] [http://radio.tkk.fi/en/research/rf\\_applications\\_in\\_mobile\\_communication/radio\\_channel/scme-2006-08-30.zip](http://radio.tkk.fi/en/research/rf_applications_in_mobile_communication/radio_channel/scme-2006-08-30.zip)
- [9] F. Escarieu, V. Degardin, L. Aveneau, R. Vauzelle, Y. Pousset, M. Lienard, P. Degauque: « 3D modelling of the propagation in an indoor environment: a theoretical and experimental approach », pp 217-220, ECWT'2001, Sept 2001, London, UK.