



N° d'ordre :

UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA
FACULTE DES MATHEMATIQUES ET DE L'INFORMATIQUE

Département d'Informatique

MEMOIRE de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER

Domaine : Mathématiques et Informatique

Filière : Informatique

Spécialité : Systèmes d'Informations Avancés

Par: DJELLABI HAMZA

SUJET

**Conception et implémentation d'un protocole de routage
Pour les réseaux VANET**

Soutenu publiquement le : 15 / 06 /2015 devant le jury composé de :

**GUEMMOUGUI ABD RAZAK
MOKHTARI RABEH
TITOUNA CHAFIK**

**Université de M'sila
Université de M'sila
Université de M'sila**

**Président
Examineur
Encadreur**

Promotion : 2014/2015

TABLE DES MATIERES

Remerciements.....	i
Table des matières.....	ii
Liste des figures, tableaux.....	vii
Liste des abréviations.....	x
Introduction générale	1
Chapitre1 : Généralités sur les réseaux sans fil, les réseaux AD HOC et les réseaux VANET	
1. Introduction.....	5
2. Les réseaux sans fil.....	5
2.1 Classification selon la Zone de couverture.....	6
2.1.1 Réseaux personnels sans fil (WPAN).....	6
2.1.2 Réseaux locaux sans fils (WLAN)	9
2.1.3 Réseaux métropolitains sans fil (WMAN).....	10
2.1.4 Réseaux étendus sans fil (WWAN).....	10
2.2 Classification selon l'utilisation d'infrastructur.....	11
2.2.1 Réseaux cellulaires (avec infrastructure)	11
2.2.2 Réseaux ad hoc (sans infrastructure).....	12
2.2.2.1 Définition d'un réseau ad hoc	12
2.2.2.2 Principe de fonctionnement	12
2.2.2.3 Caractéristiques des réseaux ad hoc.....	13
2.2.2.4 Catégories des réseaux ad hoc.....	15

3. Réseaux Véhiculaires Ad hoc.....	15
3.1 Définition d'un réseau VANET.....	15
3.2 Le Nœud du réseau VANET	16
3.3 Technologies utilisées dans la communication véhiculaire.....	17
3.3.1 Communication de véhicule à véhicule.....	17
3.3.2 Communication de véhicule avec utilisation d'infrastructures.....	17
3.3.3 Communication Hybride.....	18
3.4 Caractéristiques des réseaux VANET	19
3.4.1 La Collecte d'informations et la perception de l'environnement proche.....	19
3.4.2 Capacité de traitement, d'énergie et de communication.....	19
3.4.3 Environnement de déplacement et modèle de mobilité.....	19
3.4.4 Forte mobilité, topologie du réseau et connectivité.....	20
3.4.5 Type de l'information transportée et diffusée.....	20
3.5 Applications des réseaux VANET	20
3.5.1 Application dans la prévention et la sécurité routière.....	20
3.5.2 Application pour l'optimisation du trafic et aide dans la conduite.....	21
3.5.3 Applications au confort du conducteur et des passagers.....	21
3.6 Travaux dans le domaine des VANET	21
3.6.1 Sécurité	21
3.6.2 L'accès aux canal.....	21
3.6.3 Localisation des véhicules.....	21
3.6.4 Problèmes de congestion.....	22
3.6.5 Mobilité dans la simulation des réseaux.....	22

3.6.6	Routage.....	22
3.7	Les Projets de recherche des VANETs.....	22
4.	Conclusion.....	24
Chapitre 2 : Routage dans les réseaux AD HOC et réseaux VANET		
1.	Introduction	27
2.	Routage de données dans les réseaux AD HOC	27
2.1.	Définitions	27
3.	Classification des protocoles de routage dans les réseaux mobiles Ad Hoc	28
3.1	Classification selon l'architecture	29
3.1.1	Les protocoles uniformes	29
3.1.2	Les protocoles non uniformes.....	29
3.2	Classification selon l'approche de routage.....	30
3.2.1	Les protocoles proactifs.....	30
3.2.2	Les protocoles réactifs.....	31
3.2.3	Les protocoles hybrids.....	31
4.	Routage de données dans les réseaux VANET.....	32
4.1	Protocole GSR (Geographic Source Routing).....	34
4.2	Le protocole A-STAR(Anchor-based Street and Traffic Aware Routing)..	34
4.3	Protocole UMB (Urban Multi hop Broadcast Protocol).....	34
4.4	Le protocole GyTAR(improved Greedy Traffic-Aware Routing protocol)..	35
5.	Étude détaillée du protocole AODV.....	39
5.1	Les différentes composantes du protocole AODV.....	39
5.1.1	Table de routage et paquets de contrôle.....	39

5.1.2	Numéro de séquence.....	42
5.2	Principe de fonctionnement.....	43
5.2.1	Découverte d'une route.....	43
5.2.2	Maintenance des routes.....	45
5.2.3	Gestion de la connectivité locale.....	46
5.3	AODV : Avantages et inconvénients.....	46
6.	Conclusion.....	47

Chapitre3 : Amélioration de protocole standard AODV

1.	Introduction.....	49
2.	La problématique.....	50
3.	Calcul de la Métrique Stabilité de Lien (SL).....	52
4.	La solution proposée AODV-A.....	53
5.	Intégration dans AODV	55
5.1	Extension du paquet RREQ.....	56
5.2	Extension du paquet RREP.....	56
5.3	Extension de la table de routage.....	57
6.	Conclusion.....	57

Chapitre 4 : Simulation et discussion des résultats

1.	Introduction.....	59
2.	Qu'est-ce que la simulation?	60
3.	Quand et pourquoi simuler?.....	60
4.	Les methods de simulation.....	61
5.	Simulation des réseaux sans fil.....	61

6. Implementation.....	62
6.1 Environnement de travail.....	63
6.1.1 Environnement materiel.....	63
6.1.2 Environnement logiciel.....	63
6.2 Présentation d'AODV sous NS-2.....	63
6.3 Analyse des résultats de simulation.....	64
6.3.1 Délai de sélection de route.....	65
6.3.2 Optimalité de sélection de route.....	66
6.3.3 Coût de sélection de route.....	68
6.3.4 Comparaison entre AODV et AODV_A.....	69
7. Conclusion.....	71
Conclusion général	72
Bibliographie	74

INTRODUCTION GENERALE

Depuis la démocratisation de l'accès à Internet, Ce dernier a évolué très rapidement. Ses objectifs attendus l'ont fait propager jusqu'à ce qu'elle devienne un réseau mondial liant les différentes sociétés, universités et centres de recherche. Actuellement avec l'émergence du WWW (World Wide Web) - qui a permis l'échange d'informations entre les réseaux locaux à travers le monde - et avec le développement de la technologie moderne des télécommunications, les chercheurs ont commencé à voir la nécessité de développement des réseaux sans fil afin de ne pas restreindre l'utilisateur d'Internet à une borne fixe dans le réseau. Cela était rendu possible grâce à l'exploitation de la technologie du radio moderne [1].

Avec l'émergence de ce réseau, nous sommes devenus capable de rendre ces éléments libres de mouvement. C'est ce que l'on appelle dans le jargon de réseau le « MANET » (Mobile ad hoc networks) où chaque élément est capable de se déplacer dans n'importe quelle direction et de modifier ses liens fréquemment. Chacun de ces éléments (nœuds) dans ce réseau gère son trafic de transmission à sa manière avec ses propres propriétés, c.à.d. il joue lui-même un rôle de routeur.

Le défi situé dans le MANET est la façon de télécharger les informations appropriées et nécessaires pour pouvoir assurer la transmission correcte et systématique de trafic.

C'est ici que nous obtenons notre domaine de recherche le VANET, c'est une mini partie de MANET.

En 1990, l'Organisation de transports intelligents (STI) a intégré la technologie de l'information de la connectivité sans fil aux infrastructures de transport et de véhicules pour améliorer le système de transportation et sa sécurité et pour résoudre ses problèmes de circulation.

Le réseau VANET utilise les voitures comme un nœud ou un routeur permettant à ces dernières de communiquer les unes avec les autres et de profiter de cette technologie.

La gestion de l'acheminement de données ou le routage, consiste à assurer une stratégie qui garantit, à n'importe quel moment, la connexion entre n'importe

quelle paire de nœuds appartenant au réseau. La stratégie de routage doit prendre en considération les changements de la topologie ainsi que les autres caractéristiques du réseau ad hoc (bande passante, nombre de liens, ressources du réseau...etc.). En outre, la méthode adoptée dans le routage, doit offrir le meilleur acheminement des données en respect des différentes métriques de coûts utilisées.

L'application des techniques de simulation dans le domaine des réseaux VANETs a pour but l'identification des caractéristiques, des performances et des mutations des protocoles de routage dans les VANETs.

Dans le domaine de la simulation, il est communément reconnu que pour pouvoir utiliser correctement et intelligemment des méthodes de ce domaine, il faut disposer de connaissances plus ou moins solides dans des domaines variés (Probabilités et Statistiques, Modélisation, Programmation, etc.) [2].

Malheureusement, de part la nature distribuée de l'environnement et la topologie complexe des réseaux véhiculaires, une mise en œuvre réelle peut être difficile aussi bien sur le plan économique que logistique. Pour contourner ce problème, la simulation est le moyen le plus largement utilisé. En effet, il est plus facile et moins cher, par le biais de la simulation, de concevoir, d'analyser et d'évaluer les performances de toute solution. Un paramétrage approprié permet de reproduire les différents scénarios de l'environnement et d'analyser leur impact sur les protocoles et applications développés [3].

Le présent travail entre dans le cadre d'adapter un protocole de routage, dédié aux réseaux ad hoc, aux contraintes des réseaux VANET. Notre étude offre principalement une étude précise de protocole AODV, puis faire une extension nommée AODV_A qui se base sur la métrique Stabilité de Lien afin d'offrir un routage plus fiable et plus sûr.

Organisation du mémoire :

- Le premier chapitre présente des généralités sur les réseaux sans fil, réseaux ad hoc et les réseaux VANET.
- Le deuxième chapitre décrit le routage dans les réseaux ad hoc et VANET. Une étude détaillée sur le protocole AODV sera aussi présentée.
- Dans le troisième chapitre décrit les détails de notre proposition.
- Le dernier chapitre décrit les résultats de simulation issus de la comparaison du protocole standard AODV avec notre protocole AODV-A.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les systèmes de transport intelligents ne sont qu'à leurs balbutiements. A termes, le développement des nouvelles technologies a favorisé une formidable évolution des réseaux véhiculaires. Cette évolution vise à rendre les réseaux plus efficaces, plus fiables, plus sûrs et plus écologiques aussi bien du point de vue de l'industrie automobile que des opérateurs de réseaux et de services. Les réseaux véhiculaires sont en effet une extension des réseaux MANET, permettant des échanges de données véhicules to véhicules ou encore véhicules et infrastructure. Ils visent l'amélioration de la sécurité et l'efficacité du transport routier ainsi que l'amélioration du confort de l'utilisateur en offrant différents services tels que l'accès à Internet, l'aide à la décision et le guidage.

Notre objectif était d'analyser des mécanismes et des protocoles de communication adaptés aux caractéristiques de ces réseaux de véhicules et aux applications ciblées.

Dans un premier temps, nous avons présenté les principaux concepts, spécificités et challenges liés aux réseaux de véhicules. Nous avons également présenté la dynamique autour de ce type de réseaux mais surtout d'assimiler les bases nécessaires qui permettent de comprendre le fonctionnement et les mécanismes de bases des réseaux véhiculaires.

D'après les résultats qu'on a obtenus, on a déduit que le routage de données joue un rôle très important dans l'étude des performances d'un réseau de Véhicules. C'est pourquoi, il est nécessaire de choisir un protocole de routage pour que les résultats de la simulation soient fiables.

Notre domaine d'étude est concentré à l'étude en particulier le protocole de routage AODV Dans cette étude, nous avons proposé aussi un nouveau protocole de routage pour AODV nommée (AODV_A).

Autre point, l'étude par simulation, sous NS2 en considérant des scénarios proche à la réalité pour des solutions de déploiement en entreprise. Nous avons montré l'efficacité de notre proposition dans le protocole AODV par rapport au protocole standard.

Perspectives

À travers ce travail, nous avons été en mesure de comprendre et assimiler les différentes étapes par lesquelles un projet de recherche doit progresser. Nous avons également acquis une expérience interne et un bon aperçu des méthodes de travail d'un chercheur, avec une connaissance approfondie dans ce domaine.

Tout au long de ce travail, nous avons développé des techniques et des nouvelles idées prometteuses qui vont nous permettre dans l'avenir proche d'élargir ce sujet de recherche et s'attaquer aux problématiques plus pointues dans le domaine de réseau de VANET et potentiellement autres réseaux de nature proche avec des solutions plus génériques.

Ce travail présenté dans ce mémoire n'est qu'une partie d'un mécanisme qui a pour objectif d'améliorer les performances d'un réseau Vanet en termes d'acheminement des données et aussi de l'information utiles aux conducteurs des véhicules. Il nous reste une partie de travail qui touche la couche MAC et ceci pour développer un système inter-couche (CrossLayer) assurant une fiabilité malgré la contrainte la plus gênante, celle de la forte mobilité des nœuds.

BIBLIOGRAPHIE

Un mémoire ou une thèse :

- [1] Caterina Manes Gallo Maria .(2008).Communication Homme Machine et Recherche documentaire : Le partage du sens .Communication Homme Machine et Recherche documentaire : Le partage du sens - Articles du congrès 2008 de la SFSIC. EA 4195 TELEM - Université de Bordeaux.
- [2]. Korichi Ahmed. (2009). TCAO et Simulation : Vers une plate-forme d'analyse et de conception de systèmes de production orientée groupe. Thèse de Doctorat de L'Université de Batna. 15 Janvier 2009.
- [3] Ait Ali Kahina. (2012). Modélisation Et Etude De Performances Dans Les Réseaux VANET. Thèse de doctorat de l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard. Mardi 16 Octobre 2012.
- [4] Projet(2013) :Les réseaux véhiculaires (VANET) Présenté par :TALHA Sidahmed ,Walid CHOUCHAOUI .Mohamed Ilies ,SAHEL Houda, ABBAD Ali.Université des sciences et de la technologie Houari-Boumediene, Faculté d'Electronique et d'Informatique
- [5] Guy Pujolle – *Les Réseaux* édition 2005, Groupe Eyrolles 2004
- [6] IEEE Standard for Information technology– Telecommunications and information exchange between systems– Local and metropolitan area networks– Specific requirements, Part 11 : Wireless LAN Medium, Access Control (MAC) and Physical, Layer (PHY) Specifications ISO/IEC 8802-11 :1999(E).
- [7] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Royer, Samir R. Das: IP Address Autoconfiguration for Ad Hoc Networks, Mobile Ad Hoc Networking Working Group, July 2000.
- [8] Mariam Dawoud(2005/2006).Mémoire: Analyse du protocole AODV. Université libanaise. Faculté des sciences.

- [9] Vehicle Safety Communications (VSC) Projects. <http://www.car-tocar>. Visité en Mars 2015.
- [10] Collision Avoidance Metrics Partnership – CAMP (US).
http://www.its.dot.gov/cicas/cicas_current_act.htm . visité en Mai 2015.
- [11] Car-to-car communication consortium C2C-CC. <http://www.car-to-car.org>. visité en Mars 2015.
- [12] Advanced Safety Vehicle (ASV) Program.
http://www.itslectures.ae.keio.ac.jp/2001/2001_eb_45.htm. Visité en Mars 2015.
- [13] Vehicle Infrastructure Integration – VII. <http://www.its.dot.gov/vii/>. Visité en Mars 2015.
- [14] SafeSpot. <http://www.safespot-eu.org/> . visité en Mars 2015.
- [15] WATCH-OVER. <http://www.watchover-eu.org/>. Visité en Mars 2015.
- [16] Global System for Telematics . <http://www.gstforum.org/>. Visité en Avril 2015.
- [17] Secure Vehicular Communication . <http://www.sevecom.org/>. Visité en Avril 2015.
- [18] Mémoire online : Routage Avec QoS Dans AODV. Présenté par :Houari MAOUCHI.Université Mouloud MAMMERI de TIZI-OUZOU.Faculté du Génie Electrique et d'Informatique Département d'Informatique 2008/2009.
- [19] C. Perkins, E. Belding-Royer, S.Das: «Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV)Routing,NetworkWorkingGroup, July2003:<ftp://ftp.nordu.net/rfc/rfc3561.txt>
- [20] Meriem BELGAID Saida OUHAB« Routage et qualité de service dans AODV etOLSR » Mémoire 2006-2007 Université A/Mira de Bejaïa.

- [21] Dominique Dhoutaut, « Etude du standard IEEE 802.11 dans le cadre des réseaux ad hoc: de la simulation à l'expérimentation » L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon Thèse Décembre 2003.
- [22] Philippe Jacquet Thomas Clausen. RFC 3626 «Optimized Link State Routing Protocol(OLSR), (draft IETF) 2003.
- [23] Jean-Marc Percher et Bernard Jouga «Détection d'intrusions dans les réseaux ad hoc »Ecole Supérieure d'Electronique de l'Ouest (ESEO) France.
- [24] Tayeb LEMLOUMA «Le Routage dans les Réseaux Mobiles Ad Hoc »Université desSciences et de la Technologie Houari Boumèdiene, Septembre 2000.
- [25]MK Marina, and S.R Das. «Ad hoc on-demand multipath distance vector routing. Wiley Wireless Communications and Mobile Computing», vol. 6(7), 2006, pp. 969–988.
- [26]Z. Ye, S. V. Krishnamurthy, and S. K. Tripathi.«A routing framework for providing robustness to node failures in mobile ad hoc networks». Elsevier Ad Hoc Networks Journal, vol2(1) 2004, pp. 87–107.
- [27]S.-J. Lee, and M. Gerla: « AODV-BR: Backup Routing in Ad hoc Networks. », the IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2000). Vol 3, September 2000pp. 1311–1316.
- [28] :Hui.Yao .Zhang, Marek.Bialkowski, Garry.Einicke and Jhon.Homer «An extended AODV protocol for VoIP application in mobile ad hoc network», SITEE, university of Brisbane Australia(2007).
- [29]:Shan Gong« Quality of Service Aware Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks»these de magister, HUT communication laboratory Finlande (2006).
- [30]Mémoire online : Etude de stabilité de nœud dans le protocole OLSR. Présenté par : Ben Mazouz Nabil 10/10/2010 Universitaire de Bordj Bou Arréridj.

ملخص

في عالمنا المعاصر، تلعب شبكة السيارات دورا هاما. فهي مجال مثير للاهتمام للغاية لجميع شركات الأبحاث. في الواقع، الهدف من أنظمة النقل الذكية هو تحسين سلامة وأمن الركاب وتقديم العديد من الخدمات والتسهيلات لمستخدمي الطريق. وتعتمد هذه الأنظمة على البروتوكولات التي تضمن تبادل المعلومات والتواصل بين المركبات لأنه من الواضح أن تحسين الاتصال بين المركبة يعود إلى تحديد مدى فعالية هذه البروتوكولات. هدفنا في هذه المذكرة تحليل الذاكرة في بروتوكول توجيه AODV وتحسينه إلى بروتوكول جديد أكثر استقرارا يدعى AODV_A في VANET والهدف من تطوير بروتوكول توجيه جديد AODV_A تم تطبيقه في بيئة الشبكات (أوبونتو) باستخدام NS2 (محاكي شبكة) بروتوكول توجيه أفضل من حيث الاستقرار والجودة والكفاءة وملائمة مثل هذه البيئة. كلمات البحث: VANET، بروتوكول التوجيه، NS2، AODV.

Summary

Nowadays, vehicle communication represents an interesting field for both researches. Indeed, the systems can be used to improve road safety and provide many other services to road users. Therefore, vehicular communications applications have been undertaken by several consortium and research projects.

However, to optimize the communication between vehicles, it is indispensable to define a routing protocol for each application of vehicular networks. Our objective was to Analysis of Routing Protocol AODV and enhance this new protocol more stable extension named AODV_A in VANET.

The second step of our work was develop a new routing protocol via simulation using NS2 in an UBUNTU environment to determine the best protocol in terms of stability, quality, efficiency and appropriateness of such an environment.

Keywords: VANET, Routing Protocol, NS2, AODV.

Résumé

Dans notre monde contemporain, les réseaux des voitures jouent un rôle significatif. C'est un domaine très intéressant pour toutes les sociétés de recherche. En effet, l'objectif de ces systèmes de transport intelligents est d'améliorer la sécurité et la sûreté des passagers et de fournir de nombreux services et facilités aux usagers routiers.

Ces systèmes reposent sur des protocoles qui assurent l'échange d'informations et la communication entre les véhicules puisqu'il est évident que l'amélioration de la communication entre les véhicules revient à la détermination de l'efficacité de ces protocoles. Notre but dans mémoire était d'analyser le protocole de routage AODV et améliorer ce protocole dans nouvelle extension plus stable nommé AODV-A dans VANET.

L'objectif de notre recherche est développer une nouveau protocole de routage AODV_A appliqués dans les réseaux d'un environnement (Ubuntu) en utilisant NS2 (Simulateur Network). Pour déterminer le meilleur protocole en termes de stabilité, qualité, efficacité et adéquation d'un tel environnement.

Mots clés : VANET, Protocole de Routage, NS2, AODV.