

Performances de IEEE 802.11 pour la communication dans un convoi de véhicules

Yacine KHALED, Bertrand DUCOURTHIAL et Mohamed SHAWKY

Heudiasyc, UMR-CNRS 6599, Université de Technologie de Compiègne, B.P 20529 F-60205, Compiègne, France
{Yacine.Khaled,Bertrand.Ducourthial,Mohamed.Shawky}@hds.utc.fr

Les réseaux locaux sans fil basés sur la norme IEEE 802.11 ont constitué ces dernières années une solution de connexion réseau offrant mobilité, flexibilité et faible coût de déploiement et d'utilisation. Cela encourage l'utilisation de ce protocole pour les nouvelles applications nomades. Parmi ces applications, nous pouvons citer les communications entre véhicules qui permettent une meilleure sécurité routière et de nouveaux services aux conducteurs. Un tel réseau à forte dynamique met à l'épreuve les performances de la norme IEEE 802.11. Dans cet article, nous nous sommes intéressés aux performances de la norme IEEE 802.11 pour la communication inter-véhicule à travers des simulations de convois de véhicules.

Keywords: Communication inter-véhicule, IEEE 802.11, Network Simulator 2

1 Etude des communications inter-véhicules

1.1 Objectif et méthodologie

De nos jours, le domaine de la communication inter-véhicules a vu une grande avancée [Tsu02, LH]. L'existence des équipements pour la norme IEEE 802.11 [LA04, Gas02] avec des prix abordables, encourage son utilisation dans ce type d'application. Ce type de réseaux est caractérisé par la forte mobilité des véhicules, ce qui peut occasionner une topologie très dynamique, un taux de perte important et une très courte durée de communication entre les véhicules. Par exemple, avec un rayon de communication de 250 mètres, deux véhicules qui se croisent à 90 km/h ne peuvent communiquer que durant 10 secondes. Dans ce type d'applications, les mobiles communiquant sont organisés, dans la plupart des cas, en convois circulant dans le même sens (convoi principal). Un autre convoi, qu'on considèrera comme perturbateur, circule dans le même sens ou dans le sens inverse. Les communications sont réalisées par diffusion de messages à plusieurs sauts.

L'étude des performances du IEEE 802.11 dans un convoi de véhicules est faite avec des simulations. Celles-ci sont réalisées avec Network Simulator 2 [ns]. Nous avons fixé plusieurs paramètres à partir des expérimentations sur route. Nous pouvons citer l'utilisation de cartes 802.11b d'une portée de communication de 520 mètres grâce à une antenne externe, le modèle de propagation *two-ray ground*, qui simule une communication avec une seule réflexion sur le sol, et l'utilisation du protocole UDP.

Dans les sections suivantes, nous présentons les différents scénarios et les résultats obtenus à travers notre étude des performances du IEEE 802.11 pour la communication inter-véhicules.

2 Convoi de véhicules

L'objectif de ce premier scénario est d'étudier les délais de transmission et les débits de réception dans un convoi de véhicules. Dans ce convoi, le véhicule de tête émet périodiquement des paquets de 1440 octets en broadcast en utilisant le protocole UDP (le débit du broadcast est 1 Mbit/s sans l'utilisation du mécanisme RTS/CTS). Quand les véhicules suivants reçoivent le paquet, ils le réémettent une seule fois. Les paramètres sont les suivants :

- Le nombre de véhicule dans un convoi : 4, 8, 12 et 16;
- Les distances inter-véhicules (ie. distance entre deux véhicules voisins) : 50, 100, 200 et 400 mètres;
- Le délai inter-paquet (représente la période d'émission des paquets par le véhicule de tête) : 11, 14, 20, 30 et 50 ms.

Afin d'évaluer les résultats, nous avons retenu les éléments suivants :

- Délai moyen entre deux véhicules voisins;
- Délai moyen de bout en bout : représente le délai de transmission moyen entre le véhicule de tête du convoi et le dernier;
- Délai de bout en bout pour le premier paquet reçu par le dernier véhicule du convoi;
- Taux de perte dans le convoi (ou le débit de réception);
- Nombre de sauts pour atteindre le dernier véhicule.

2.1 Délai de bout en bout du premier paquet

D'après la figure 1, nous remarquons que les délais du premier paquet sont très acceptables même avec un long convoi (de 16 véhicules) où le délai de bout en bout avec une distance inter-véhicule de 400 mètres est de 200 ms. On remarque aussi que pour une période inter-paquet de 11 ms, le délai de bout en bout du premier paquet est supérieur à ceux obtenus avec les autres périodes (14, 20, 30 et 50 ms). En effet, le véhicule de tête émet un paquet vers les véhicules suivants, et durant le temps de propagation du paquet de véhicule à véhicule, il essaiera d'émettre un autre paquet (après 11 ms). Ceci gênera la réémission de ces paquets intermédiaires par les autres véhicules (Fig. 2).

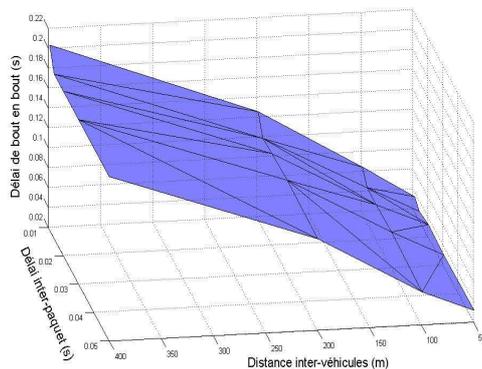


Fig. 1: Délai de bout en bout pour le premier paquet dans un convoi de 16 véhicules.

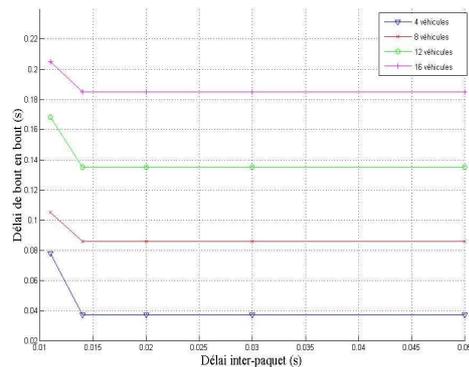


Fig. 2: Délai de bout en bout pour le premier paquet avec une distance de 400 m.

2.2 Délai moyen de bout en bout

La figure 3 montre que le délai moyen de bout en bout, de l'ordre de plusieurs secondes, est grand par rapport à celui du premier paquet surtout avec des faibles délais inter-paquet (11 et 14 ms) et des courtes distances inter-véhicules (50 et 100 mètres). Or, si nous prenons une distance inter-véhicules de 400 mètres, le véhicule de tête aura un seul voisin. Dans notre scénario, le véhicule de tête émet des paquets de 1440 octets avec une période prédéfinie (e.g. 14 ms), et à la réception du paquet, le véhicule suiveur le réémet une seule fois. Quand le véhicule de tête essaiera d'émettre un deuxième paquet, ce dernier s'arrêtera au niveau de la couche MAC, puisque le canal sera occupé par la réémission du premier paquet par les véhicules intermédiaires, provoquant ainsi un délai plus important.

Nous constatons que la valeur importante du délai moyen de bout en bout est causée par l'attente au niveau de la couche MAC occasionnée par la concurrence des autres véhicules essayant d'accéder au canal en même temps.

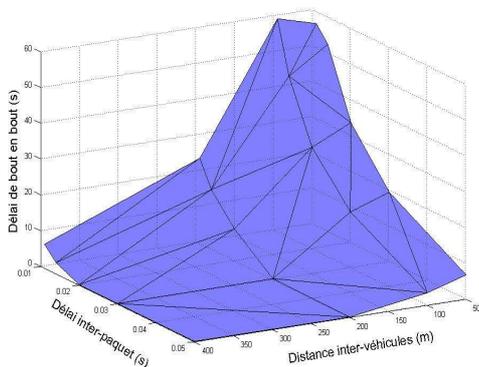


Fig. 3: Délai moyen de bout en bout dans un convoi de 16 véhicules.

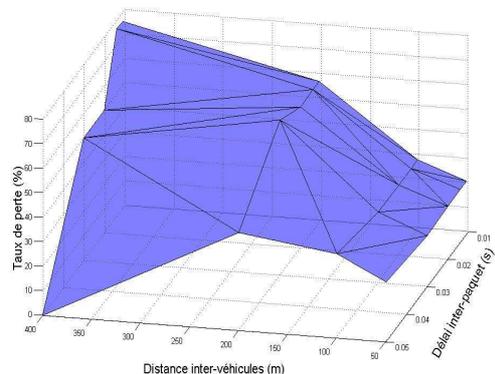


Fig. 4: Taux de perte moyen dans un convoi de 16 véhicules.

2.3 Taux de perte

Comme illustré par la figure 4 avec un convoi de 16 véhicules, on remarque que tous les paramètres de notre simulation ont une influence sur le taux de perte. Celui-ci est proportionnel à la distance inter-véhicules, puisque plus la distance est grande plus la détection de transmission en cours s'affaiblit, ce qui peut augmenter le risque de collisions.

D'un autre côté, le taux de perte est inversement proportionnel au délai inter-paquets. Pour un délai élevé, le véhicule de tête permettra aux autres véhicules de réémettre leurs paquets avant d'en émettre un nouveau.

Le nombre de véhicules influence également le taux de perte : plus le nombre de véhicules est grand et plus le taux de perte sera grand. En effet, le nombre de véhicules affecte d'une manière directe la longueur du convoi, ce qui augmente le risque de perte de paquets.

3 Influence d'un convoi perturbateur

La section précédente était consacrée à l'étude des communications dans un convoi de véhicule. Dans cette section, nous complétons cette étude en analysant l'influence d'un convoi perturbateur. Nous utilisons donc deux convois dans lesquels ont lieu des communications. L'étude porte sur les communications dans le premier convoi, dit convoi principal. Le second convoi joue le rôle de convoi perturbateur.

3.1 Objectif et méthodologie

L'objectif de ce scénario est d'étudier les délais de transmission et les débits de réception dans le convoi principal. Le convoi principal est paramétré comme suit : le nombre de véhicules est 12, la distance inter-véhicules est de 50 mètres, les paquets sont émis par le véhicules de tête chaque 14 ms (avec un débit de 100 KO/s) et les véhicules se déplacent avec une vitesse de 90 km/h.

Les paramètres du convoi perturbateur varient de la même façon que dans le scénario à un seul convoi de véhicules (cf section 2). Nous ferons les mêmes mesures que dans le premier scénario.

Le convoi perturbateur peut se déplacer avec trois vitesses relatives au convoi principal: 0 km/h, 90 km/h, 180 km/h.

La configuration du convoi principal représente un cas réel puisque la distance de sécurité est de 2 secondes et comme nous avons choisi une vitesse de 90 km/h, cette distance est de 50 mètres. Le choix d'un convoi de 12 véhicules nous permet d'étudier l'influence de la longueur du convoi perturbateur sur la qualité de la communication (sachant que le convoi perturbateur peut avoir 4, 8, 12 et 16 véhicules).

3.2 Résultats du convoi principal avec perturbation

D'après la figure 5 et la figure 6, on constate que la longueur du convoi perturbateur a une grande influence sur la qualité de la communication dans le convoi principal et cela selon la vitesse relative. Si la longueur du

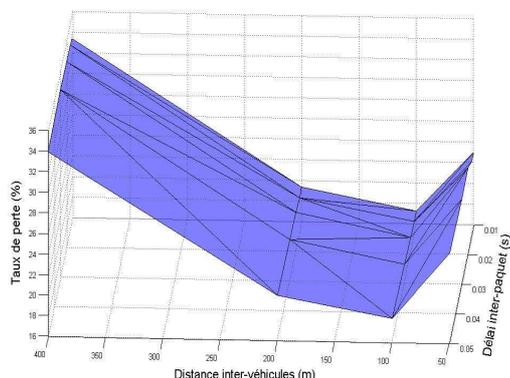


Fig. 5: Taux de perte dans le convoi principal avec une vitesse relative de 0 km/h.

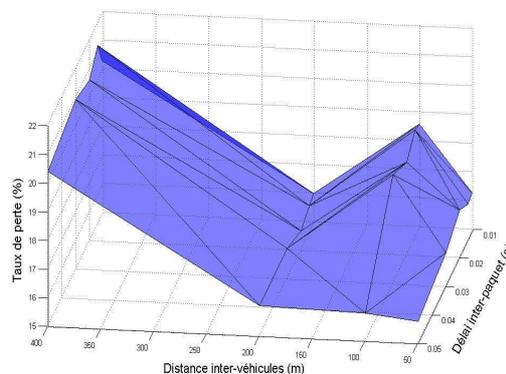


Fig. 6: Taux de perte dans le convoi principal avec une vitesse relative de 20 km/h.

convoi perturbateur est égale ou peu supérieure au convoi principal, on aura un meilleur taux de perte mais un délai moyen de bout en bout important. En effet, dans cette configuration, nous assurons une meilleure retransmission des paquets, donc le taux de perte moyen diminue mais le délai moyen de bout en bout augmente.

4 Conclusion

Suite aux résultats obtenus avec les simulations sous ns-2, nous constatons que la norme IEEE 802.11 peut être utilisée pour la communication inter-véhicules avec un faible débit. Nous estimons qu'avec l'ajout d'heuristiques appropriées pour la retransmission des paquets dans un convoi de véhicules, nous obtiendrons de meilleurs résultats. Avec de telles améliorations, des débits plus importants pourront être atteints, tout en assurant de faibles délais de transmission.

Actuellement, nous travaillons sur la conception d'algorithmes multi-sauts adaptés à la communication inter-véhicules.

Finalement, suite aux limitations de la couche MAC dans un environnement de forte mobilité, nous planifions d'étudier l'impact de la norme 802.11g, qui propose un débit plus important que la 802.11b.

References

- [Gas02] M. S. Gast. "802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide". O'Reilly Associates, Avril 2002.
- [LA04] H. Labiod and H. Afifi. "De Bluetooth à Wi-fi, Sécurité, qualité de service et aspects pratiques". Hermès Science, Février 2004.
- [LH] J. Luo and J-P. Hubaux. "A Survey of Inter-Vehicle Communication". *EPFL Technical Report IC/2004/24*.
- [ns] Network simulator 2: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [Tsu02] S. Tsugawa. "Inter-vehicle communications and their applications to intelligent vehicles: an overview". In *proceeding of IV'2002, Versailles, France, 2002*.