

# Impact d'un système de communication réaliste en environnement urbain sur une transmission vidéo H.264/AVC par réseau AdHoc

WASSIM HAMIDOUCHE<sup>1</sup>, CLENCY PERRINE<sup>1</sup>, CHRISTIAN OLIVIER<sup>1</sup>, RODOLPHE VAUZELLE<sup>1</sup>, YANNIS POUSSET<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Poitiers, Laboratoire XLIM CNRS UMR6172, Département Signal Image et Communication,

<sup>1</sup> Téléport 2, Bd Marie Curie, BP 30179 86962 Futuroscope Cedex (France).

<sup>1</sup>hamidouche, perrine,olivier,vauzelle,pousset@sic.sp2mi.univ-poitiers.fr

**Résumé** - L'étude proposée dans ce papier porte sur l'évaluation de l'impact d'une transmission réaliste sur réseaux Ad Hoc en milieu urbain dense d'un flux vidéo H.264/AVC. Ainsi, nous avons intégré un modèle de propagation semi déterministe dans le simulateur de réseaux NS-2 pour calculer la puissance reçue. Ce modèle de propagation intègre toutes les spécificités liées à l'environnement (géométrique et électrique). On utilise le Taux d'Erreurs Binaire (TEB) comme critère pour évaluer la qualité d'un lien. Ce critère prend en compte toutes les perturbations d'un canal radio liées à des environnements réels complexes. De plus il permet d'évaluer la qualité d'un lien SISO et MIMO suivant respectivement les normes 802.11a et n. Notre étude confirme que les spécificités environnementales ont une grande influence sur la Qualité de Service (QoS) dans la transmission de vidéos sur les réseaux mobiles Ad Hoc. Cela montre la nécessité d'utiliser une couche physique réaliste dans l'évaluation des performances des solutions proposées.

**Abstract** - In this paper we investigate the impact of realistic physical layer on H.264/AVC video transmission over Ad Hoc networks in urban environment. Thus, we integrate a semi determinist propagation model into NS-2 to calculate the received power. This model takes into account all environmental specificity (geometric, electric) according to a real environment. The Bit Error Rate (BER) is used here to assess the radio link quality. The BER allows assessing both SISO and MIMO radio links according respectively to 802.11a and n standards. The simulation results show clearly a significant difference in term of QoS for the video transmission using realistic and empirical physical layer. This study shows also the interest of the physical layer which takes into account the specifications of an urban environment for proper evaluation of the performance on the video transmission solutions like H.264/AVC over Ad Hoc networks.

## 1 Introduction

Les réseaux Ad Hoc consistent en un groupe de terminaux mobiles hétérogènes communiquant via le médium hertzien. Dans un environnement complexe tel que urbain dense, le canal de transmission génère des perturbations significatives, notamment pour des applications temps réel de transmissions de vidéos à qualité de service garantie. Pour les chercheurs, l'objectif principal est de garantir une qualité de réception acceptable, tout en tenant compte de l'ensemble des contraintes et aléas présents dans de telles applications. Dans nos travaux nous nous focalisons plus particulièrement sur la transmission du flux vidéo H.264/AVC [1] par réseau mobile Ad Hoc.

Plusieurs solutions efficaces ont été proposées pour la transmission de vidéos sur les réseaux mobiles Ad Hoc mais dans des conditions particulières. Dans [2] par exemple, Mao et al ont proposé trois schémas qui consistent à transmettre les différents flux de la vidéo sur des routes disjointes. Ces travaux ont permis de montrer que la diversité des routes dans les réseaux mobiles Ad Hoc représente une solution efficace pour combattre les pertes de paquets. Une technique de protection UEP (Unequal Error Protection) basée sur le nombre de retransmissions simultanées selon l'importance de chaque flux a été adoptée dans [3] pour la transmission temps réel du flux vidéo. La puissance de réception est utilisée dans [4] pour ajuster en temps

réel le débit et améliorer la qualité de la vidéo reçue. Les performances de ces solutions sont évaluées sur des plateformes de simulation réseaux, telle que NS-2 (Network Simulator 2) [5]. Néanmoins, les systèmes de transmission implémentés au niveau de la couche physique de ces outils ne prennent pas en compte les spécificités du canal de transmission liées à l'environnement. Ces systèmes sont basés sur un modèle d'erreur qui calcule le Taux de Perte de Paquet (TPP) d'un lien radio pour évaluer sa qualité. Cependant, le TPP est calculé à partir d'un simple seuillage de la puissance reçue par rapport aux seuils de sensibilités du récepteur. De plus, la puissance reçue sur chaque lien est calculée en utilisant des modèles de propagation empiriques tels que les modèles en espace libre, à deux rayons et à exposant [6]. Ces systèmes de transmission souffrent de deux inconvénients principaux : Le premier est lié aux limites des modèles de propagations utilisés. La puissance calculée avec les modèles empiriques ne dépend que de la distance entre l'émetteur et le récepteur, voire d'une caractéristique statistique de la densité de l'environnement, alors qu'en réalité le signal reçu est la somme des différentes répliques du signal émis. Ce phénomène est appelé propagation par multi trajets. Afin de remédier à cet inconvénient Stepanov et al ont intégré dans [7] un modèle de propagation déterministe dans NS-2, mais ils utilisent le modèle d'erreur basé sur le seuillage pour évaluer la qualité des liens radio. Le second inconvénient est dans l'utilisation

de la puissance comme critère pour évaluer la qualité d'un lien radio. Le critère de puissance ne prend pas en compte les perturbations d'un canal radio mobile : sélectivité temporelle et fréquentielles d'un canal radio et divers bruits de l'environnement. De plus, la puissance reçue ne peut à elle seule évaluer la qualité d'un lien MIMO (Multiple Input Multiple Output) où la description de l'environnement a un grand impact sur la qualité d'un lien radio [8].

Finalement, à notre connaissance, il n'est pas vraiment tenu compte dans les récentes études du comportement du canal de transmission en fonction des spécificités de l'environnement lors de la transmission de flux vidéo sur les réseaux Ad Hoc. C'est ce que nous proposons de traiter dans cet article. Ce papier est structuré en cinq parties. Dans la section 2 nous présentons les principes de la norme de compression de vidéo H.264/AVC ainsi que les méthodes de robustesses aux erreurs associées. La couche physique réaliste est décrite dans la section 3. Dans la section 4 nous présentons le contexte de simulation et les résultats obtenus. Nous terminons ce papier par une conclusion.

## 2 La norme H.264/AVC dans un contexte de transmission sans fil

La norme de compression de vidéos H.264/AVC [2] a été développée conjointement entre le groupe VCEG (Video Coding Expert Group) de l'ITU-T et le groupe MPEG de l'ISO dans le cadre du projet JVT (Join Video Team). Cette nouvelle norme de compression de vidéos est destinée à plusieurs types d'applications, notamment pour des applications de transmission de données multimédia via des canaux sans fil et de diffusion par ondes radio. H.264/AVC est constituée de deux principales couches, à savoir, la couche de codage vidéo (VCL) et la couche d'abstraction de réseau (NAL). Cette description en couches lui permet de se doter d'une grande flexibilité d'utilisation. A l'exception de certaines nouvelles fonctionnalités [2], le principe de la couche VCL reste similaire à celui des normes antérieures telles que MPEG-4 et H.263. Ainsi, ces nouvelles fonctionnalités permettent d'améliorer ses performances et de surpasser celles de H.263 et MPEG-4 en termes d'efficacité de compression. Quant à la couche NAL, elle formate la présentation du flux issu de la couche VCL et intègre des informations d'entêtes pour un meilleur acheminement par la couche transport. Dans le but d'améliorer la fiabilité de transmission du flux vidéo H.264/AVC sur des canaux sans fil plusieurs outils de robustesses [2] ont été intégrés dans la norme. D'une part, l'entête représentant l'information primordiale lors du décodage est disposée en structure spécifique. Ce traitement permet de réduire considérablement les erreurs de décodage causées principalement par la perte d'entêtes. D'autre part, dans un contexte de transmission, la probabilité d'erreur est directement liée à la taille des paquets : plus le paquet est long plus sa probabilité d'erreur est importante. Dans le but de réduire le taux de pertes de paquets, la norme H.264/AVC partitionne les paquets en plusieurs sous-

paquets moins vulnérables aux erreurs et indépendamment décodables. De plus, cette indépendance de décodage permet à la fois d'améliorer le délai de réception et d'exploiter ces sous-paquets dans n'importe quel ordre d'arrivée. Dans ce papier on utilise le profile étendu parmi les trois profiles [2] spécifiés dans la norme H.264/AVC. Le profile étendu est le plus approprié aux applications de transmission sans fil car il intègre toutes les spécificités de robustesses aux erreurs définies dans H264/AVC. Chaque image est transportée via deux paquets, ainsi la perte de ces deux paquets implique la perte de l'image associée. Lorsqu'une image est perdue un mécanisme simple de restauration est appliqué au niveau du décodage pour remplacer cette image par l'image précédente. Le Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) est utilisé ici comme critère objectif pour évaluer la qualité des vidéos reçues.

## 3 Couche physique réaliste

La couche physique dans les simulateurs de réseaux modélise la propagation des ondes dans l'environnement et les pertes de paquets liées au canal de transmission. Notre système de transmission réaliste implémenté au niveau de la couche physique est basé sur un modèle de propagation semi déterministe appelé CRT (Communication Rays Tracer) [9] et sur le critère du TEB pour évaluer la qualité des liens radio dans le réseau. Le modèle de propagation CRT utilise la méthode de tracé de rayon pour déterminer tous les trajets possibles entre la source et la destination. De plus CRT prend en compte toutes les spécificités (géométrique et électrique) liées à un environnement réel et fournit la puissance moyenne reçue et les informations de chaque trajet à savoir la phase, l'amplitude, le retard et la polarisation (réponse impulsionnelle complexe). La TEB est calculé suivant les normes 802.11a et 802.11n [10] pour évaluer respectivement la qualité d'un lien SISO (Single Input Single Output) et MIMO. Le système de transmission utilisé au niveau de la couche physique de ces normes est constitué de plusieurs blocs à savoir un code correcteur d'erreurs, un entrelaceur et la modulation numériques. De plus, des techniques d'estimations de canal et la modulation OFDM sont utilisées pour faire face respectivement à la sélectivité temporelle et fréquentielles du canal. La norme 802.11n intègre la diversité spatiale (MIMO) pour améliorer la robustesse ou le débit selon la qualité du lien. Les normes 802.11a et 802.11n ont été intégralement implémentées validées et intégrées dans NS-2. Les coefficients du canal multi-trajets sont fournis par la réponse impulsionnelle complexe calculée par CRT. Quant à la sélectivité temporelle, elle est ajoutée à ces coefficients suivant le spectre Doppler associé. Au final un bruit blanc gaussien est ajouté aux coefficients du canal pour modéliser les différentes sources de bruit. Ainsi on obtient des coefficients de canal qui tiennent compte de toutes les spécificités d'un environnement réel.

## 4 Résultats des simulations

## 4.1 Contexte de simulation

Les simulations sont effectuées sous le simulateur de réseaux NS-2. La Figure 1 illustre la position des nœuds dans Munich. Un modèle de mobilité réaliste permet aux terminaux de se déplacer en évitant les obstacles avec des vitesses maximum qui varient entre 2 et 14 m/s. Dans le cas de mobilité le nombre de nœuds est fixé à 100. Les paramètres de simulation utilisés au niveau de chaque couche sont représentés ci-dessous :

(i) Couche application : Le support vidéo est la séquence "Foreman" en format QCIF (176×144 pixels/image). Une séquence de 300 images de la vidéo est codée à 15 images/s à l'aide du profil étendu du codeur vidéo H.264/AVC. La taille des GOP (Group Of Pictures) est fixée à 12 et le PSNR moyen de la vidéo avant transmission est égal à 36.65 dB. (ii) Couche routage : le routage dans le réseau est assuré par le protocole AODV (Ad Hoc On Demand Distance Vector). (iii) Couche physique : Les paramètres de transmission (puissance et fréquence de transmission, seuils de sensibilité) ont été fixés suivant la norme 802.11a. Ils restent les mêmes dans la norme 802.11n à la différence que l'on utilise un système MIMO 2×2 (deux antennes à l'émission et deux à la réception) en privilégiant la robustesse (Codeur Alamouti). Nous considérons trois modèles de propagation: deux modèles empiriques (espace libre et à exposant), et un modèle réaliste (CRT) avec et sans diversité spatiale (MIMO et SISO resp.). Pour le modèle à exposant, on fait varier le paramètre  $\beta$  qui dépend de l'environnement de propagation. Pour modéliser un environnement urbain dense comme Munich, on utilise deux valeurs de  $\beta$  2.5 et 2.7 [7].

La qualité de service est mesurée par les quatre métriques suivantes: le pourcentage de vidéos reçues, le PSNR moyen, le nombre de sauts moyen et le temps moyen de transmission des paquets vidéo. Pour tous les résultats présentés ci-après, le débit est fixé à 6 Mb/s.

## 4.2 Résultats et discussion

La Figure 1 illustre les routes utilisées lors de la communication des nœuds 30 et 26 en vert et en bleu suivant respectivement les modèles espace libre et CRT (SISO). Dans le deuxième cas, le choix de la route dépend alors des spécificités de l'environnement : la route contourne les bâtiments. Dans le Tableau 1 nous donnons la répartition des valeurs de TEB des liens dans l'environnement Munich suivant les normes 802.11a et n. Nous constatons que la diversité spatiale permet d'améliorer la qualité des liens dans le réseau. Ainsi, à un débit de 6 Mb/s le pourcentage de liens avec un TEB inférieur à 0.1 est nettement plus important pour une configuration MIMO que pour une configuration SISO. Dans notre étude, on précise par ailleurs que le PSNR minimum obtenu pour les vidéos reçues est de 34 dB, ce qui représente une bonne qualité visuelle. Ainsi, on peut considérer une vidéo reçue comme étant une vidéo de bonne qualité visuelle. La Figure 2 représente le pourcentage de vidéos reçues sur 150 couples source-

destination en fonction du nombre de nœuds. En utilisant un modèle en espace libre on constate que, indépendamment du nombre de nœuds, plus de 95% des vidéos sont reçues, alors que pour les autres modèles de propagation le nombre de vidéos reçues augmente avec la densité du réseau. Cette figure montre aussi que la prise en compte de l'environnement (modèles avec CRT) diminue considérablement le nombre de vidéos reçues, car même si la densité du réseau est élevée (120 nœuds) les obstacles dans l'environnement et le phénomène de multi trajets dégradent la qualité des liens radio. En outre, le système MIMO, comme le montre le Tableau 1, améliore la qualité des liens, ainsi, le nombre de vidéos reçues est plus important sur une configuration MIMO que sur configuration SISO. La Figure 3 illustre le nombre de sauts moyens des paquets vidéo reçus en fonction du nombre de nœuds. Pour le modèle en espace libre, le nombre de sauts reste faible et constant quelque soit le nombre de nœuds. Cela est dû à la zone de communication importante (500 m) obtenue par le modèle en espace libre, ainsi, tous les nœuds communiquent à travers au plus deux sauts. On constate aussi que le nombre de sauts des modèles à exposants est plus important que celui des modèles réalistes car la composante  $\beta$  dans les modèles à exposants réduit considérablement et uniformément la zone de communications des nœuds. Pour les modèles réalistes la zone de communication dépend de la position des nœuds par rapport aux obstacles. Les liens de bonne qualité apportés par le système MIMO par rapport au système SISO (Tableau 1) permet de diminuer le nombre de sauts moyens nécessaires à délivrer les paquets vidéo. On constate que l'allure des courbes représentant le temps moyen de réception des paquets vidéo, non montré ici faute de place, sont similaires à celles de la figure 3 car le temps de recherche des routes et le temps de délivrer les paquets est proportionnel au nombre de sauts.

Tab 1 : répartition de TEB des liens dans Munich à 6 Mb/s

TEB	TEB=0	0<TEB<0.1	TEB>0.1
802.11a(SISO)	71.79%	7.37%	20.85%
802.11n(MIMO)	79.46%	11.46%	9.08%

Pour le modèle à exposant avec  $\beta=2.7$ , on remarque une grande augmentation du nombre de vidéos reçues entre 60 et 80 nœuds dans le réseau, mais cela au détriment du nombre de sauts et du temps de transmission. Avec seulement 60 nœuds la zone de communication avec ces modèles ne permet pas aux nœuds de délivrer les vidéos, cependant à 80 le réseau devient plus dense et le protocole de routage retrouve des nœuds relais pour acheminer la vidéo à la destination. Au-delà de 80 nœuds ces paramètres deviennent plus stables. La Figure 4 montre le pourcentage de vidéos reçues par rapport à la vitesse de déplacement. Pour les modèles empiriques, le nombre de vidéos reçues est légèrement affecté par la mobilité des nœuds, alors que ce dans le

cas d'un canal réaliste la mobilité diminue considérablement le nombre de vidéos reçues.

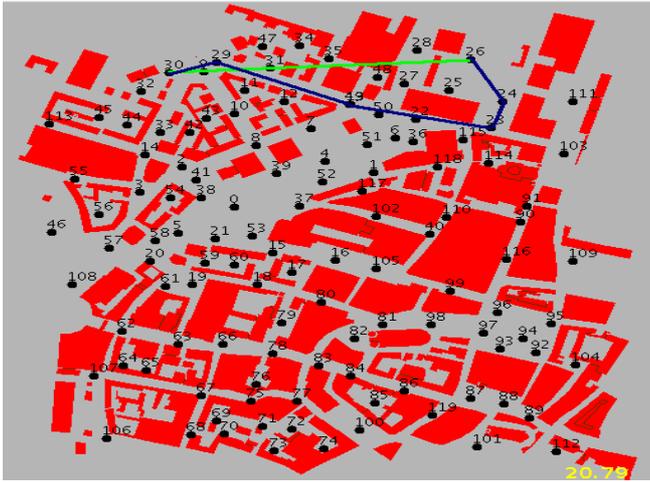


Figure 1 : Nœuds dans l'environnement Munich

Cela est dû à deux principales raisons. La première est le déplacement des nœuds vers des zones non couvertes (entre des bâtiments). La seconde est liée à la dégradation de la qualité des liens radio due aux valeurs importantes de la fréquence Doppler. À partir de cette étude on peut conclure qu'un système MIMO garantit une meilleure QoS dans le réseau par rapport à un système SISO.

## 5 Conclusion

Dans ce papier nous avons évalué l'impact d'une couche physique réaliste sur la transmission de vidéo H.264/AVC en environnement urbain dense. La couche physique proposée combine un modèle de propagation réaliste, appelé CRT, avec un modèle d'erreurs pour évaluer la qualité des liens radio. D'une part, CRT prend en compte toutes les spécificités environnementales et fournit toutes les informations liées à un canal multi trajets. D'autre part, le modèle d'erreur repose sur le critère du TEB pour évaluer finement la qualité des liens SISO et MIMO suivant respectivement les normes 802.11a et 802.11n. Les résultats de simulations montrent que la couche physique réaliste a un grand impact sur la QoS des vidéos transmises sur un réseau Ad Hoc. Ainsi, notre étude monte clairement l'intérêt d'utiliser une couche physique réaliste pour l'évaluation des performances des solutions proposées telles que la transmission d'un flux vidéo H.264/AVC.

## 6 Références

[1] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaar, and A. Luthra, *Overview of the H264/ACV video coding standard*, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 13, no. 7, pp. 560-576, Jul. 2003.

[2] S. Mao, S. Lin, S. S. Panwar, Y. Wang and E. Celebi, *Videotransport over ad hoc networks: Multistream coding with multipath transport*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, pp. 1721-1737, Jun. 2003.

[3] A. Abdelal, T. Saadawi, M. Lee, *Unequal Error Protection for Real-time Video in Mobile Ad Hoc Networks via Multi-Path Transport*, Computer Communications Journal, special issue on Concurrent Multipath Transfer, vol. 30, no. 17, pp. 3293-3306, Nov. 2007.

[4] Y. Yadong, R. X. Young, L. Heng, *Estimate of Quality Of The ad hoc Network Proactively for Video Transmission*, Int. Conf. on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, pp. 2907-2910, Shanghai, Sept. 2007.

[5] [www.http://www.isi.edu/nsnam/ns/](http://www.isi.edu/nsnam/ns/)

[6] J. D. Parsons: *The Mobile Radio Propagation Channel*, Second Edition 2000.

[7] I. Stepanov, K. Rothermel, *On the impact of a more realistic physical layer on MANET simulations results*, Elsevier Ad Hoc Networks Journal, vol. 6, no. 1, pp. 61-78, Sept. 2006.

[8] C. Pereira, Y. Pousset, R. Vauzelle, P. Combeau, *Sensitivity of the MIMO Channel Characterization to the Modeling of the Environment*, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Mar. 2009.

[9] F. Mora, L. Aveneau, *Optimized scanning of a visibility graph data structure for efficient ray-tracing*, in ECWT2005, Paris, Oct. 2005.

[10] IEEE Standard for Part 11: *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY): Specifications: Amendment 4: Enhancements for Higher Throughput*, 2003.

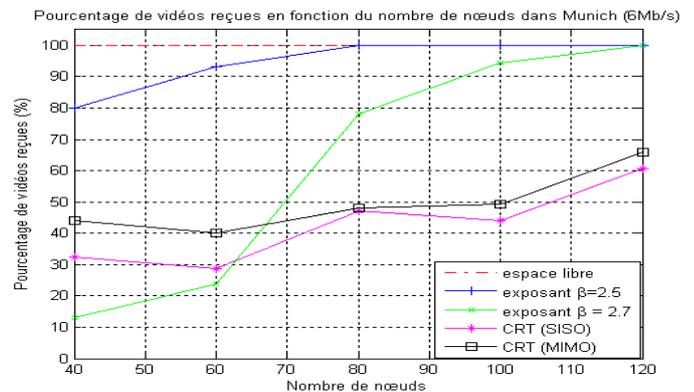


Figure 2 : pourcentage de vidéos reçues

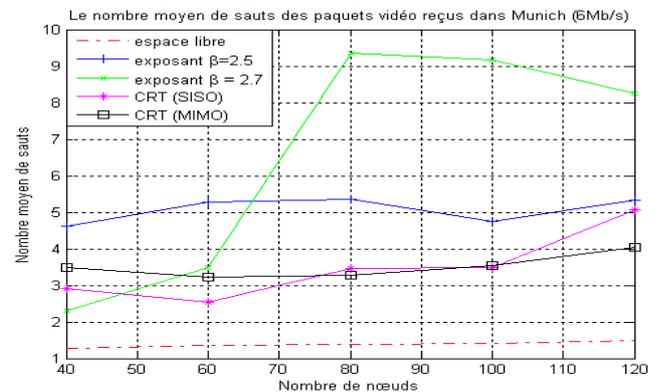


Figure 3 : nombre de sauts moyen

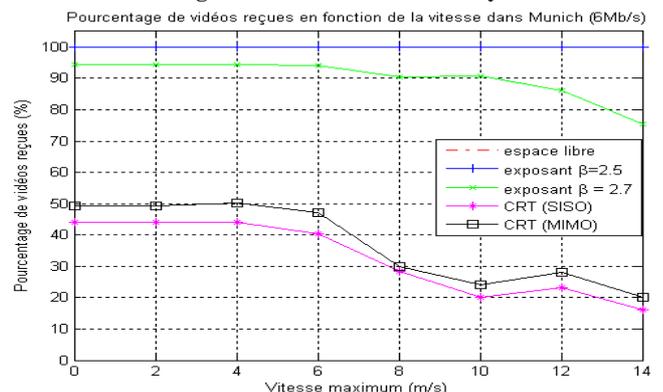


Figure 4 : pourcentage de vidéos reçues en fonction de la vitesse