

Modélisation analytique du protocole IEEE 802.11 mode Ad Hoc Avec qualité de service

Zahia AZIZOU

Laboratoire de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LAMOS)
Université de Béjaïa, Béjaïa 06000, Algérie
Tél. (213) 34 21 51 88 email : zahia.azizou1@gmail.com

Résumé Fournir une qualité de service (QoS) au sein de la norme IEEE 802.11 mode Ad Hoc est l'une des principales problématiques de recherche dans le domaine. Donc, l'évaluation des performances de cette norme s'avère indispensable pour les réseaux Ad Hoc. Dans cet article, nous proposons un modèle analytique qui prend en compte le paramètre de différenciation de service ainsi que le paramètre de la fragmentation garantissant une certaine qualité de service. Le modèle, utilisant une chaîne de Markov à deux dimensions, est développé sous les conditions de saturation. Nous avons utilisé la formule de Pollaczek-Khinchine pour calculer les métriques de performances : le débit et le délai d'accès pour chaque catégorie. Des simulations ont été réalisées sous NS2 afin de valider les résultats analytiques.

Mots clés : IEEE 802.11 mode Ad Hoc, QoS, Modélisation, Chaîne de Markov, Simulation, Fragmentation.

6.1 Introduction

Fournir une qualité de service (QoS) au sein de la norme IEEE 802.11 mode Ad Hoc est l'une des principales problématiques de recherche dans le domaine [1] [2] et [3]. Donc, l'évaluation des performances de cette norme s'avère indispensable pour les réseaux Ad Hoc. Dans ce travail, nous proposons un modèle analytique qui prend en compte le paramètre de différenciation de service ainsi que le paramètre de la fragmentation garantissant une certaine qualité de service. Le modèle, utilisant une chaîne de Markov à deux dimensions, est développé sous les conditions de saturation. Nous avons utilisé la formule de Pollaczek-Khinchine pour calculer les métriques de performances : le débit et le délai d'accès pour chaque catégorie.

6.2 Le protocole DCF avec qualité de service et fragmentation

Ce protocole est basé sur le mécanisme CSMA/CA. Cet algorithme distribué est exécuté localement sur chaque station afin de déterminer les périodes d'accès au médium. Avant chaque émission, la station désirent émettre écoute le support. S'il est libre pendant une certaine durée AIFS, la transmission est possible, une procédure de Backoff est déclenchée. Un mécanisme de la fragmentation est ajouté à DCF afin de réduire le taux de la collision.

Ce mécanisme consiste à diviser une trame MAC en un ensemble de fragments. Les fragments d'une même trame sont envoyés et acquittés séparément d'une manière séquentielle et seul une durée SIFS sépare deux séquences Fragment/ACK afin de permettre à l'émetteur de ne libérer le canal qu'une fois l'envoi de tous ses fragments terminés. Dans le cas où un ACK n'est pas reçu, l'émetteur libère le canal et essaie d'y accéder à nouveau. Pour offrir une qualité de service, un système de priorité est ajouté pour la gestion de l'accès au support de transmission grâce à deux paramètres la fenêtre de contention et l'AIFS.

6.3 Description du modèle

6.3.1 Description de la chaîne de Markov

Chaque station est modélisée comme un système d'attente à temps discret M/G/1 Le service est modélisé par une chaîne de Markov à temps discret (DTMC) bidimensionnel $\{a(t), b(t)\}$, tel que $a(t)$ et $b(t)$ sont des processus stochastiques qui représentent l'étage de Backoff et le compteur du Backoff respectivement pour une station donnée à un instant donné. Chaque état de station est décrit par (j,k) , tel que j représente l'étage du Backoff et k représente le délai de Backoff. Il prend des valeurs dans l'intervalle $[0..W_{i,j}-1]$, tel que $W_{i,j}$ est la taille de la fenêtre de contention à l'étage j du processus de Backoff qui définit comme suit :

$$W_{i,j} = \begin{cases} 2^j W_{i,0} & j \leq m_i \\ 2^{m_i} W_{i,0} & x \in [m_i + 1, m_i] \end{cases}$$

Les valeurs de m_i et m_i dépendent de la catégorie du paquet (Voix, vidéo, best effort ou background).

6.3.2 La probabilité de transmission d'un paquet

L'analyse de cette chaîne, nous a permis d'obtenir la formule du taux de transmission τ_i , qui est un paramètre indispensable pour déterminer les expressions des métriques de performances.

Probabilité pour qu'une catégorie i accède au canal

τ_i est la probabilité qu'une station essaie d'accéder par l'intermédiaire de l'une de ses quatre ACs. Ce qui veut dire qu'au moins une de ses quatre ACs essaie d'accéder au canal. Ceci se traduit analytiquement par l'équation suivante :

$$\tau_i = \frac{1 - P_i^{m_i}}{1 - P_i} \pi_{i,0,0}$$

P_i : Probabilité qu'un paquet soit retransmis.

$\pi_{i,0,0}$: 'état de la chaîne de Markov quand $j=0$ et $k=0$ pour un paquet de la catégorie i .

Probabilité pour qu'une station accède au canal

τ est la probabilité qu'une station essaye d'accéder par l'intermédiaire de l'une de ses quatre ACs. Ce qui veut dire qu'au moins une de ses quatre ACs essaie d'accéder au canal. Ceci se traduit analytiquement par l'équation suivante :

$$\tau = 1 - \prod_{i=0}^3 (1 - \tau_i)$$

Collision interne

La probabilité de collision interne vue par une AC[i] est la probabilité qu'au moins une des ACs de priorité supérieure essaie d'accéder au canal au même instant, donc :

$$P_{c,int,i} = 1 - \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \tau_j)$$

Collision externe

La probabilité d'une collision externe vue par une station est la probabilité qu'au moins une des autres (N-1) stations actives accède au canal au même instant. N étant le nombre total de stations actives dans le réseau, donc

$$P_{c,ext,i} = 1 - (1 - \tau)^{N-1}$$

Donc, une AC[i] ne sera pas collisionner si et seulement si aucune autre AC de priorité supérieure et aucune des autres (N-1) stations n'est en état de tentative d'accès au canal au même instant. D'où finalement la valeur de la probabilité de collision vue par une AC[i] est donnée par l'équation :

$$P_i = 1 - (1 - \tau)^{N-1} \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \tau_j)$$

Probabilité d'atteindre la fin d'un paquet

Elle est donnée par l'équation suivante :

$$P_f = \frac{F}{E[P]}$$

tel que

F : est la taille d'un fragment.

E[p] : est la taille de la charge utile d'un message.

Probabilité d'occupation du canal par une station

La probabilité d'occupation est la probabilité d'avoir au moins une des (N-1) stations actives accède au canal au même instant et il est défini comme suit :

$$P_b = 1 - (1 - \tau)^{N-1}$$

6.3.3 Le débit atteignable par AC[i]

Le débit est défini par le rapport de la quantité de données utiles transmises par l'AC[i] sur l'intervalle de temps entre deux transmissions successives, donc

$$S_i = \frac{P_{tr} P_{i,succ} T^{E[p]}}{\sigma(1 - P_b) + P_{tr} \sum_{i=0}^3 P_{i,succ} T^{x_{i,succ}} + P_{tr}(1 - \sum_{i=0}^3 P_{i,succ}) T^{x_{i,col}}}$$

$P_{i,succ}$: est la probabilité qu'il y a une transmission réussie sur le réseau, donc

$$P_{i,succ} = \frac{N \tau_i (1 - \tau)^{N-1} \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \tau_j)}{1 - (1 - \tau)^N}$$

P_{tr} : la probabilité qu'il y'ait au moins une transmission sur le réseau dans un slot donné, donc

$$P_{tr} = 1 - (1 - \tau)^N$$

$T_{i,succ}^x$ et $T_{i,col}^x$ sont les durées de temps pendant laquelle le canal est occupé par une transmission réussie et échouée respectivement pour un paquet de catégorie i dans les deux cas fragmentation et sans fragmentation.

P_{idle} : est la probabilité que le canal est libre et son expression est comme suit :

$$P_{idle} = 1 - P_b$$

6.3.4 Temps moyen de réponse

Selon la formule de Pollaczek-Khinchine pour M/G/1, nous obtenons le temps moyen de réponse qui est la somme du temps moyen d'attente dans la file et le temps moyen de transmission et son expression est comme suit :

$$T_i = E(S) + \frac{\lambda E(S^2)}{2(1 - \lambda_i E(S))}$$

$E(S)$: est la deuxième formule de Pollaczek-Khintchine.

6.3.5 Simulation et analyse des performances

Pour pouvoir évaluer notre modèle, nous avons calculé analytiquement les probabilités de tous les états de cette chaîne de Markov ainsi que les probabilités de transition. Tout ceci est réalisé de façon à refléter correctement le fonctionnement d'EDCA. Au final, le développement des équations de notre modèle montre que la fragmentation améliore les performances du réseau et constitue une solution très efficace pour réduire le taux de collision.

Le modèle a aboutit à un système non-linéaire de trois équations à trois inconnues que nous avons résolu numériquement en utilisant un logiciel Mathcad. Pour le calcul des métriques de QoS dans le cas de saturation, nous avons utilisé la formule de valeur moyenne de Pollaczek-Khinchine débit et délai d'accès. Ce ci constitue l'un des avantages essentiels

de notre modèle analytique. Car ceci veut dire que le calcul des métriques de performance peut se faire à la volée après la résolution numérique du système. Pour valider notre modèle, nous avons comparé les résultats numériques par rapport aux résultats obtenus par simulation dans le même contexte.

Dans notre simulation, nous avons considéré un réseau constitué d'un nombre variable de stations sans fil distribuées de façon uniforme sur une surface carrée de $100 \times 100 \text{ m}^2$. Ce réseau représente un réseau Ad Hoc d'un seul saut ; chaque émetteur a quatre files d'attente et chaque file d'attente est spécifié à une catégorie (voix, vidéo, Best effort, Background). Chaque émetteur envoie des paquets de données à un récepteur unique. Tous les paquets sont envoyés en utilisant le mécanisme EDCF.

Les simulations ont été réalisées avec un flux exponentiel qui transmet des paquets avec un taux élevé afin de forcer les stations pour être dans un état de saturation.

Les métriques que nous avons jugées intéressantes à étudier sont le délai et le débit pour chaque catégorie d'accès. Les résultats de simulation obtenus, montrent la supériorité qu'apporte notre modèle ainsi que sa capacité à estimer correctement le débit et le délai d'accès dans le cas de saturation de chaque AC, ainsi que sa bonne prise en compte du mécanisme de la fragmentation. Nous avons montré que la fragmentation améliore les performances du réseau et constitue une solution très efficace pour réduire le taux de collision.

6.4 Conclusion

Ce travail présenté s'est focalisé sur la proposition d'un modèle analytique en utilisant des chaînes de Markov afin de maîtriser la gestion du trafic tout en garantissant la Qualité de Service (QoS) dans les réseaux qui consiste à privilégier certaines informations par rapport à d'autres, en offrant des services différenciés en fonction des exigences des applications. Et pour réduire le taux de collision, notre modèle a pris en compte le paramètre de la fragmentation proposé dans [4]. Le protocole proposé fournit une garantie pour les application multimédias et les résultats analytiques et de simulation montrent une amélioration qu'apporte notre modèle ainsi que sa capacité à estimer correctement le débit et le délai d'accès pour chaque AC.

Références

1. D. CHEN, D. GU, and J. ZBANG. Supporting real-time traffic with qos in ieee 802.11e based home networks. *in CCNC, Las Vegas*, pages 205–209, 2004.
2. D. HE and C. Q. SHEN. Simulation study of ieee 802.11e edcf. *In VTC-spring, Jeju Island, Korea*, pages 685–689, 2003.
3. I. TINNIRELLO, G. BIANCHI, and L. SCALIA. Performance evaluation of differentiated access mechanisms effectiveness in 802.11 networks. *in Globecom, Dallas, Texas*, pages 3007–3011, 2004.
4. Y. Xi, J.B. WE, Z.W. ZHUANG, and B.S KIM. Performance evaluation, improvement and channel adaptive strategy for ieee 802.11 fragmentation mechanism. *Proceedings of the 11th IEEE Symposium on Computers and Communications*, 2006.