



HAL
open science

Optimisation Centralisée de l'Association dans les Réseaux WI-FI

Mohammed Amer, Anthony Busson, Isabelle Guérin-Lassous

► **To cite this version:**

Mohammed Amer, Anthony Busson, Isabelle Guérin-Lassous. Optimisation Centralisée de l'Association dans les Réseaux WI-FI. ALGOTEL 2016 - 18èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications, May 2016, Bayonne, France. hal-01304186

HAL Id: hal-01304186

<https://hal.science/hal-01304186v1>

Submitted on 20 Apr 2016

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.

Optimisation Centralisée de l'Association dans les Réseaux Wi-Fi

Mohammed Amer¹ et Anthony Busson¹ et Isabelle Guérin-Lassous¹

¹ Université de Lyon/LIP-ENS de Lyon, 46 allée d'Italie, 69007 Lyon, France

Le déploiement des points d'accès (AP) Wi-Fi, pour accéder à Internet, est souvent peu rationnel et donne lieu à des zones surchargées en AP fonctionnant très souvent sur les mêmes canaux. De plus, l'association des terminaux mobiles à ces AP se fait d'une façon complètement décentralisée et n'assurent pas toujours d'avoir de bonnes performances dans ces réseaux. Pour répondre à cette problématique, nous avons proposé une solution permettant de gérer et d'optimiser de manière centralisée l'association aux AP. Dans cette solution nous avons formulé un modèle mathématique d'optimisation de l'association dans l'objectif d'améliorer le débit global et l'équité entre les clients. Pour valider notre approche, nous avons effectué des simulations sur NS-3. Ces simulations ont montré que la solution proposée permet d'améliorer significativement les performances globales du réseau.

Mots-clefs : Wi-Fi, Point d'accès, Optimisation de l'Association, Débit, Équité.

1 Introduction

Dans les réseaux Wi-Fi actuels, la station mobile (MS) recueille l'indicateur d'intensité du signal reçu (RSSI) à partir des différents points d'accès (AP) détectés, puis elle choisit celui avec le RSSI le plus élevé. Cette approche distribuée, qui ne tient compte ni du nombre de MS déjà associées avec les AP, ni du nombre d'AP qui partagent le même canal radio, peut conduire à des mauvaises performances. Une association des MS aux AP basée sur une connaissance globale du réseau permettrait, quand cela est possible, de regrouper, au sein d'un même AP, les MS ayant un faible débit physique de transmission ou les MS ayant un débit physique de transmission élevé, et ainsi de limiter les impacts de l'anomalie de performance qui apparaît en raison de l'équité d'accès au canal fourni par le mode DCF (Distributed Coordination Function) du standard IEEE 802.11 [1].

Dans cet article, nous considérons des réseaux WiFi à infrastructure gérés par un seul administrateur. Très souvent, un tel réseau comprend un ensemble d'AP et un contrôleur coordonnant l'ensemble des AP. Dans ce type d'architecture, l'étape d'association pourrait être réalisée au sein du contrôleur qui a une connaissance globale du réseau. Plusieurs solutions d'association centralisées ont été proposées dans la littérature. Les solutions proposées dans [2–6] sont centralisées et basées sur un modèle d'optimisation. Dans [2–5], les auteurs cherchent à optimiser la somme des logarithmes des débits des utilisateurs et supposent que les AP servent équitablement les utilisateurs en terme de temps de service. En pratique les AP servent les paquets dans leur ordre d'arrivée sans prendre en compte la qualité des liens radio et les débits physiques associés. Les auteurs de [6] considèrent des AP plus réalistes dans leur traitement des paquets mais, en revanche, cherchent à maximiser le débit minimal parmi tous les MS.

Dans ce papier, nous présentons notre approche pour la gestion centralisée et optimisée de l'association dans les réseaux Wi-Fi. Dans cette approche, nous avons formulé un modèle mathématique du problème d'optimisation de l'association. Ce modèle se démarque de ce qui a été proposé avant, par le fait qu'il est conforme au mode DCF du standard IEEE 802.11 et qu'il cherche à optimiser une fonction d'utilité logarithmique comme dans [2–5]. Une autre originalité dans cette approche réside dans l'heuristique de recherche locale itérative proposée pour la résolution du problème d'optimisation qui est NP-difficile. Enfin, contrairement aux autres solutions proposées, notre solution a été évaluée sous un simulateur réseau.

Les résultats obtenus montrent que notre approche permet d'améliorer significativement les performances globales dans les réseaux Wi-Fi.

2 Modélisation du problème d'optimisation

On considère un réseau Wi-Fi composé de n MS desservies par m AP, comme illustré sur la figure 1. Le tableau 1 résume les notations utilisées :

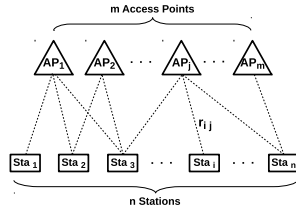


FIGURE 1: Topologie d'un réseau Wi-Fi

| Symbol | Description |
|----------|---|
| m | Nombre de points d'accès dans le réseau |
| n | Nombre de stations mobiles dans le réseau |
| n_j | Nombre de stations mobiles associées à AP_j |
| r_{ij} | Débit maximal (capacité) du lien entre Sta_i et AP_j |
| d_{ij} | Débit obtenu par la Sta_i sur AP_j |
| x_{ij} | 1 si Sta_i est associé à AP_j , 0 sinon |
| s_{ij} | 1 si AP_j est à portée de détection du AP_j , 0 sinon |

TABLE 1: Description des notations

Étant donné que dans un réseau d'accès à l'Internet, il y a plus de flux descendant que montant, nous ne considérons dans cette étude que les flux partant des AP vers les MS. Par conséquent, il n'y a que les AP en concurrence pour accéder au support radio. Nous supposons également que les AP ont des files d'attente de type FIFO pour stocker les trames destinées aux MS et que les flux (destinés aux stations) ont le même profil de trafic en termes de débit d'arrivée à l'AP. Par conséquent, toutes les MS d'un même AP reçoivent, sur le long terme, le même nombre de trames, ce qui fait qu'elles auront le même débit. Alors, avec le mode DCF, le débit obtenu par Sta_i associée à AP_j est donné par :

$$d_{ij} = \frac{1}{n_j} \cdot \frac{1}{\sum_{k=1}^m \left(\frac{s_{jk}}{n_k} \cdot \sum_{i'=1}^{n_k} \frac{1}{r_{i'k}} \right)} \quad (1)$$

Il est à noter que ce calcul de débit est plus réaliste que celui proposé dans les travaux précédents, où est supposé l'existence d'un ordonnanceur au niveau des AP pour assurer l'équité de temps de service entre les MS d'un même AP. En effet, en pratique, les AP servent les paquets selon leur ordre d'arrivée sans se soucier d'assurer une équité en temps de service.

Comme notre objectif est d'optimiser le débit global de la liaison descendante pour tout le réseau, tout en assurant l'équité entre les MS, nous maximons la fonction d'utilité logarithmique qui offre un bon compromis entre ces deux critères. Alors, le problème d'optimisation de l'association peut être formulé comme suit :

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1}^n \log \left(\sum_{j=1}^m d_{ij} x_{ij} \right) \\ \text{sujet à} \quad & \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad 1 \leq i \leq n, \\ & x_{ij} \in \{0, 1\} \quad 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m, \end{aligned} \quad (2)$$

Le but est de déterminer les variables d'association x_{ij} . La première contrainte nous assure qu'une MS ne peut se connecter qu'à un seul AP, la deuxième contrainte correspond à la définition des variables d'association binaires qui prennent la valeur 1 si Sta_i est associée à AP_j et la valeur 0 dans le cas contraire.

3 Résolution du problème

Le modèle mathématique du problème d'optimisation de l'association formulé ci-dessus est connu comme étant un problème NP-difficile. Bien qu'une relaxation en tant que programme linéaire en nombres entiers

soit possible [2], cela ne permet pas assez souvent une résolution exacte du problème en un temps de calcul raisonnable. Par conséquent, nous proposons d'utiliser une heuristique itérative basée sur le principe de la recherche locale.

Notre méthode de recherche locale itérative est fondée sur deux éléments essentiels : une structure de voisinage et un algorithme de recherche.

3.1 Structure de voisinage

Pour une heuristique de recherche locale efficace, nous proposons une structure de voisinage assurant un meilleur compromis entre la qualité de recherche et le temps de calcul. Pour cela, cette structure est définie de la façon suivante. Étant donnée une solution réalisable X telle que :

$$X = (x_{ij})_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m}$$

où les x_{ij} représentent les variables d'association du problème d'optimisation. La condition nécessaire pour que la solution X soit réalisable, est que toutes les variables x_{ij} de la même ligne sont égales à 0, sauf une égale à 1 correspondant à une association faisable. Cette condition correspond à la première contrainte dans la formulation du problème d'optimisation d'association présenté ci-dessus.

Le voisinage $V(X)$ d'une solution réalisable X est défini comme étant l'ensemble des solutions réalisables, où il y a uniquement une MS qui change d'association :

$$V(X) = \{Y^{(i,j,k)} \mid j \neq k, x_{ij} = 1 : y_{ik} = 1, \forall (i', j')_{1 \leq i' \neq i \leq n, 1 \leq j' \neq k \leq m} : y_{i'j'} = x_{i'j'}\}$$

3.2 Algorithme de recherche

L'algorithme de recherche locale itératif proposé est donné par l'algorithme 1. La solution initiale de l'algorithme correspond à l'association basée sur les valeurs du RSSI. Cet algorithme cherche, à chaque itération, le meilleur voisin en terme de la fonction objectif. Ce voisin est la solution d'entrée pour la prochaine itération. L'algorithme s'arrête si la solution en cours de traitement est meilleure que tous ses voisins. Alors, cette solution représente un maximum local.

Algorithm 1 Recherche Locale

- 1: Initialiser la meilleure solution : $X_{best} = X_{RSSI}$
 - 2: Évaluer la fonction objectif : $F(X_{best})$
 - 3: Générer les voisins : $V(X_{best})$
 - 4: Trouver le meilleur voisin en terme de la fonction objectif
 - 5: Tester l'optimalité :
 - 6: - s'il y a un voisin meilleur que la solution courante :
 - 7: - réinitialiser la meilleure solution : $X_{best} = \{V(X_{best})\}_{best}$
 - 8: - repartir à (2)
 - 9: - si non, cette solution est un maximum local, ainsi la recherche s'arrête.
-

4 Évaluation des performances et conclusion

Pour évaluer l'approche proposée, nous avons utilisé le simulateur de réseaux NS-3. L'algorithme de recherche locale a été implémenté en C++. Les AP et les MS utilisent la norme IEEE 802.11n. Cela permet de disposer des deux bandes de fréquences 2,4 GHz (3 canaux orthogonaux) et 5 GHz (8 canaux orthogonaux). Les paramètres utilisés pour l'évaluation des performances sont le Débit Global et l'Indice d'Équité de Jain [7], souvent utilisé pour évaluer l'équité dans les systèmes.

Le réseau Wi-Fi est composé de 25 AP identiques, déployés sous forme d'une grille carrée (5×5) avec un pas de 100 mètres. Cette distance permet d'avoir des zones de recouvrement de plusieurs AP. Les MS sont installées aléatoirement, selon une distribution gaussienne centrée au milieu de la grille, dans la zone de couverture de l'ensemble des AP. Pour pouvoir mesurer les performances du réseau, un flux CBR en régime saturé est destiné à chaque MS.

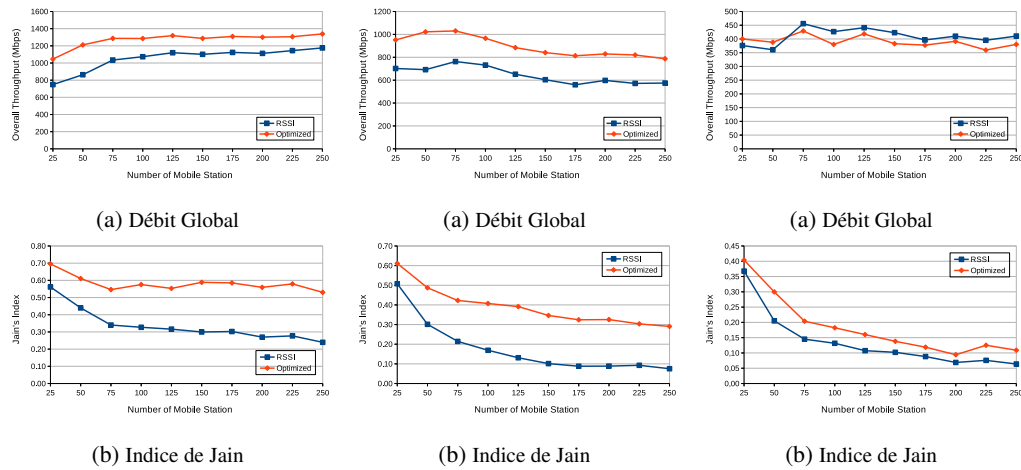


FIGURE 2: Canaux Orthogonaux FIGURE 3: 8 Canaux Orthogonaux FIGURE 4: 3 Canaux Orthogonaux

Le scénario de la simulation consiste à augmenter, à chaque fois, la charge du réseau en y ajoutant des MS. Ce scénario est lancé sous NS-3 pour évaluer les performances avec des associations basées sur RSSI. Par la suite, ces associations sont optimisées avec notre algorithme sous C++. Les associations optimisées sont réinjectées dans NS-3 pour observer les performances à nouveau. Les figures 2, 3 et 4 illustrent respectivement les résultats obtenus pour les cas suivants : tous les canaux, 8 canaux et 3 canaux orthogonaux.

Si tous les canaux sont orthogonaux, l'approche proposée permet un gain en débit global entre 15% et 40% et un gain en équité de 25% à 120%. Pour le cas de 8 canaux orthogonaux le débit global est amélioré, par l'optimisation, de 40% en moyenne et l'équité de 120%. Enfin, pour 3 canaux orthogonaux, le débit global a diminué seulement de 5% après l'optimisation, mais l'équité a été améliorée en moyenne de 38%.

Par ailleurs, pour tester l'efficacité de l'algorithme de recherche local proposé, nous l'avons comparé avec un algorithme de type brute force. Les résultats obtenus ont montré que cet algorithme a pu trouver le maximum global dans 87 des 100 cas testés.

En conclusion, les résultats des simulations soulignent l'efficacité de l'approche proposée. De plus, l'algorithme de recherche local proposé permet de part sa simplicité, la mise en pratique de cette approche et aussi de part sa rapidité, le passage à l'échelle de la solution.

Références

- [1] G. Bianchi. "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function," *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, vol. 18, no. 3, pp. 535-547, 2000.
- [2] O. B. Karimi, J. Liu and J. Rexford. "Optimal Collaborative Access Point Association in Wireless Network," *Proc. IEEE INFOCOM*, 2014.
- [3] W. Li, S. Wang and Y. Cui, X. Cheng, R. Xin, M. A. Al-Rodhaan, A. Al-Dhelaan. "AP Association for Proportional Fairness in Multi-rate WLANs," *IEEE ACM Transactions on Networking*, 2013.
- [4] L. Li, M. Pal and Y. R. Yang. "Proportional Fairness in Multi-rate Wireless LANs," *Proc. IEEE INFOCOM*, 2008.
- [5] Heyi Tang, Liu Yang, Jiang Dong, Zhonghong Ou, Yong Cui and Jianping Wu. "Throughput Optimization via Association Control in Wireless LANs," *Mobile Networks and Applications*, 2015.
- [6] Y. Bejerano, S. Han and L. Li. "Fairness and Load Balancing in Wireless LANs Using Association Control," *IEEE ACM Transactions on Networking*, 2007.
- [7] R. Jain, D. M. Chiu and W. R. Hawe. "A quantitative measure of fairness and discrimination for resource allocation in shared computer system," *Digital Equipment*, Tech. Rep. DEC-TR-301, Tech. Rep, 1984.