

Titre et Résumé :

Nouvelles approches pour l'optimisation de l'allocation des ressources dans les réseaux de communications mobiles 5G

Le but de cette thèse est d'introduire de nouvelles techniques pour l'optimisation de la puissance de transmission et de l'allocation du spectre dans les futurs réseaux de communications mobiles (5^{ème} génération et au-delà). Ces techniques permettront de combiner les méthodes d'accès non orthogonales [1-5] aux stratégies de déploiement d'antennes distribuées [6-8] dans les cellules. Le doctorant travaillera sur la conception de méthodes novatrices d'allocation du spectre et de puissance, de façon optimisée, entre les antennes, les bandes spectrales et les utilisateurs colocalisés sur les bandes. Une attention particulière sera portée au cas des transmissions critiques dans les réseaux de sécurité publique [9] et aux applications de diffusion.

Contexte et descriptif du sujet :

Durant la dernière décennie, la demande pour des services de communications sans-fil à haut débit a explosé. Ces services posent de nombreuses contraintes énergétiques sur l'implémentation des réseaux et des terminaux. On estime à près de 3 millions de stations de bases (BS) dans le monde qui consomment plus de 4.5 GW, avec 3 milliards de téléphones mobiles (MS) consommant environ 0.4 GW. Ainsi, l'industrie des télécommunications contribue à plus de 5% des émissions mondiales de CO₂. Ces raisons ont amené la communauté internationale des opérateurs et chercheurs en télécoms à réfléchir à de nouvelles solutions pour pallier ces problèmes environnementaux.

Cette thèse a pour but d'introduire des solutions innovantes pour la réduction de la consommation énergétique des réseaux. Ces solutions visent simultanément l'augmentation de l'efficacité spectrale et de l'efficacité énergétique des systèmes, ce qui constitue un défi fondamental, ces deux objectifs étant souvent contradictoires. Une approche qui promet d'y répondre de façon substantielle est le déploiement d'un grand nombre d'antennes de station de base dans les cellules. Cette approche d'antennes distribuées ou DAS (Distributed Antenna System) permettra de réduire la distance moyenne entre les terminaux mobiles et les antennes, de diminuer les radiations électromagnétiques locales et la consommation globale de puissance, et d'augmenter la capacité totale (ou l'efficacité spectrale) des systèmes. Ces objectifs peuvent être atteints par une meilleure exploitation de la diversité spatiale qui permet de combattre les influences néfastes du canal de transmission (évanouissements, interférences inter-cellulaires, path-loss, shadowing, bruit, mobilité, ...).

Le candidat œuvrera à l'introduction de stratégies d'allocation de ressources basées sur les techniques d'accès non orthogonales (Non Orthogonal Multiple Access, NOMA), dans le contexte des DAS. La NOMA a récemment été proposée en tant que technique de transmission pour la 5^{ème} génération des systèmes de communications mobiles, et promet d'augmenter considérablement les efficacités spectrale et énergétique par rapport à la norme 4G actuelle qui utilise le multiplexage sur fréquences orthogonales (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM). En NOMA, plusieurs utilisateurs sont multiplexés en puissance dans l'émetteur, au-dessus de la couche OFDM, et la séparation des signaux a lieu dans le récepteur, par des techniques d'annulation d'interférence. Cependant, les études sur la NOMA n'en sont qu'à leurs prémices et de nombreux verrous sont encore à lever avant son implémentation dans les futurs systèmes 5G. En effet, la non-orthogonalité des signaux complique les tâches d'allocation du spectre et de la puissance, par rapport au cas de l'OFDM classique. Presque tous les travaux antérieurs dans ce domaine contournent ces problèmes par des solutions sous-optimales de répartition égale de la puissance entre les antennes et les sous-porteuses, suivie d'une répartition de la puissance entre les utilisateurs de chaque sous-porteuse. Dans cette thèse, le candidat développera des techniques permettant une répartition du spectre et de

la puissance dans chaque cellule de façon conjointe entre les RRHs, les sous-porteuses et les utilisateurs colocalisés.

Les méthodes développées seront ensuite adaptées aux cas particuliers des réseaux de sécurité publique (Public Safety Networks : PSN) et des applications de diffusion (Broadcasting).

Approche méthodologique et résultats attendus :

La thèse commencera par une analyse de l'état de l'art qui aura pour but de dégager les principaux problèmes des techniques existantes dans le domaine. Le candidat formulera ensuite de façon adéquate les problèmes d'optimisation correspondant aux différents cas traités. Il proposera des techniques pour la minimisation de la puissance d'émission de l'ensemble des antennes de chaque cellule et pour l'amélioration de l'efficacité spectrale par la NOMA. Il introduira ensuite de nouvelles stratégies de coordination entre les RRH des cellules. L'étude d'approches de priorisation des utilisateurs par pondération des fonctions d'optimisation lui permettra d'optimiser l'allocation des ressources dans les PSN. Il proposera ensuite de nouvelles approches de diffusion dans les réseaux mobiles et dans les PSN.

Le candidat mettra en place une plateforme de simulation numérique pour évaluer et valider les concepts développés. Cette plateforme intégrera les différents cas d'études et prendra en compte divers paramètres et aspects de design. Elle permettra de dégager et de prédire les principaux modèles de comportement des systèmes. Des simulations intensives de ces derniers permettront de montrer les gains en performance, dans chaque contexte d'application, par rapport au système LTE actuel et par rapport aux études antérieures dans le domaine.

Bibliographie :

- [1] J. Farah, E. Sfeir, C. Abdel Nour, C. Douillard, "New Resource Allocation Techniques for Base Station Power Reduction in Orthogonal and Non-Orthogonal Multiplexing Systems", *IEEE International Conference on Communications (ICC 2017)*, 21-25 May 2017, Paris, France.
- [2] M.-R. Hojeij, J. Farah, C. Abdel Nour, C. Douillard, "New optimal and suboptimal resource allocation techniques for downlink Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA)", *Wireless Personal Communications Journal, Springer*, May 2015.
- [3] M.-R. Hojeij, C. Abdel Nour, J. Farah, C. Douillard, "Waterfilling-based Proportional Fairness Scheduler for Downlink Non-Orthogonal Multiple Access", *IEEE Wireless Communications Letters*, 2017.
- [4] A. Benjebbour, A. Li, Y. Saito, Y. Kishiyama, A. Harada, T. Nakamura, "System-level performance of downlink NOMA for future LTE enhancements", *IEEE Globecom*, December 2013.
- [5] Z. Ding, Z. Yang, P. Fan, H. Poor, "On the performance of non-orthogonal multiple access in 5G systems with randomly deployed users", *IEEE Signal Processing Letters*, 21(12), 1501–1505, December 2014.
- [6] R. Heath, S. Peters, Y. Wang, J. Zhang, "A current perspective on distributed antenna systems for the downlink of cellular systems", *IEEE Communications Magazine*, April 2013.
- [7] Z. Liu, L. Dai, "A Comparative Study of Downlink MIMO Cellular Networks with Co-Located and Distributed Base-Station Antennas", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 2014.
- [8] Li, G. Koudouridis, J. Zhang, "Antenna selection schemes for energy efficiency in distributed antenna systems", *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 2012.
- [9] R. Favraud, A. Apostolaras, N. Nikaein, and T. Korakis, "Toward Moving Public Safety Networks", *IEEE Communications Magazine*, March 2016, pp. 14-20.

Mots clés :

Réseaux mobiles ; Stations de base distribuées ; Consommation énergétique ; Allocation de ressources ; Réseaux de sécurité publique ; Diffusion.

Laboratoire et encadrants :

- **Prof. Catherine Douillard et Dr Charbel Abdel Nour :**
IMT Atlantique (ex Télécom Bretagne), département Electronique, laboratoire en Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance (LabSTICC), Technopôle Brest Iroise – CS 83818 – 29238 Brest Cedex 3 – France
- **Prof. Joumana Farah :**
Centre de Recherche Scientifique en Ingénierie (CRSI), Faculté de Génie, Université Libanaise.

Profil Scientifique du candidat :**Diplômes requis:**

Diplôme d'ingénieur et/ou Master (spécialité: Télécommunications)

Matières pré-requises:

Communications numériques, Communications mobiles, Réseaux, Traitement du signal, Programmation Matlab, C++