

Projets TPs :

I) Allocation de Ressources Opportunistes dans les réseaux Multi-cellulaires 5G

Résumé :

Garantir une Qualité d'Expérience utilisateur (QoE) de haut niveau est l'enjeu majeur des réseaux sans fil nouvelle génération. Beaucoup de travaux reconnus se concentrent sur la proposition et l'amélioration d'algorithmes d'allocation de ressources dans le domaine intracellulaire. Ils ont démontré que lorsque la qualité du canal est prise en considération via un ordonnancement dit « opportuniste », ce dernier permet d'atteindre des débits très élevés et, pour les plus efficaces, une équité de haut niveau. En ne considérant qu'une unique cellule, certains de ces travaux ont permis de fournir des résultats proches de l'optimal. Cependant, une haute QoE reste impossible à assurer dans certains cas, par exemple lorsqu'il y a surcharge locale d'une cellule alors que les cellules environnantes sont sous-utilisées.

Une solution peut être proposée à ce problème en considérant le système dans sa globalité : au niveau multicellulaire. Dans ce projet, nous chercherons à tester des ordonnanceurs intercellulaires en mesure d'aider la cellule surchargée grâce à une allocation dynamique de la bande passante entre les cellules du système. Ces travaux sont utiles pour la 5G où les contraintes de QoE et d'équité sont très fortes.

Détails :

De nombreux travaux ont déjà été réalisés afin d'augmenter les débits et la Qualité de Service (QoS) dans les réseaux nouvelle génération, en particulier pour la 4 et 5G [1-4]. Les contributions présentées actuellement permettent de mieux faire face à l'accroissement exponentiel du nombre d'utilisateurs et d'applications toujours plus contraignantes pour le réseau. Cependant ces travaux n'envisagent que des situations monocellulaires et aucune solution efficace n'existe encore pour certains scénarii, pourtant très réalistes et envisagés dans la 5G [5, 6]. En particulier, des problèmes graves de QoS et QoE sont à prévoir dans tout système où une cellule se retrouve momentanément surchargée suite à un afflux d'utilisateurs (ex : manifestation, évènement sportif, etc...) ou lors d'une simple augmentation du trafic. Dans de tels cas, les algorithmes d'allocation de ressources, aussi performants soient-ils, ne peuvent pas, avec la bande passante disponible dans la cellule considérée, écouler la surcharge de trafic. Certains utilisateurs voient alors leur débit chuter, leur délai et le gigue augmenter. Si aucune solution n'est trouvée, dans ces scénarii, les utilisateurs verront donc leur QoS et QoE grandement réduite et, à terme, leur connexion risque même d'être mise en péril, ce qui n'est pas envisageable dans un réseau de type 5G.

Différents travaux issus du domaine des ICIC (Inter-Cell Interference Coordination) ont été menés sur la distribution de bande passante entre les différentes cellules d'un système 5G. Ils ont débouché sur diverses stratégies d'allocation de fréquence : méthodes de type Reuse-1, Reuse-3, Fractional Frequency Reuse (FFR) et Soft Frequency Reuse (SFR) [7-8]. Cependant, ces contributions consistent à distribuer la bande passante de manière statique et les perspectives d'amélioration sont par conséquent limitées. Tout en luttant contre les interférences, l'objectif de ce projet est de tester au minimum une solution innovante par la dynamique de son allocation de bande passante. L'algorithmes testé adaptera les bandes passantes de chaque cellule en fonction de la charge et du type de trafic subi par chacune, de leur nombre d'utilisateurs, du type de condition radio qui règne, etc. De cette manière toute cellule subissant un accroissement de son nombre d'utilisateurs ou du nombre de flux à prendre en charge sera automatiquement aidée via une redistribution adéquate de ressources (fréquence, puissance,...) qui lui évitera la surcharge. Il sera donc possible de garantir aux utilisateurs une haute QoE et QoS y compris lors d'évènements/rassemblements.

Principales tâches (dans les grandes lignes, l'enseignant donnera plus de détails par la suite aux étudiants ayant choisi ce sujet) : Il s'agit de tester une amélioration du REUSE1 (« REUSE1 dynamique » ou « opportunistic REUSE1 »)

- Créer un code « simple » permettant de modéliser le comportement d'un réseau cellulaire (création et envoi de bits au point d'accès destinier aux utilisateurs).

Hypothèse dans une cellule :

- on dispose d'une certaine valeur de Bande Passante (BP) et donc d'Unité de Ressource (UR)
- débits sur un UR varie aléatoirement, de manière réaliste (cf. les conditions radio qui varient)
- on ne considère que le downlink
- les flux sont variables
- la notion de temps doit être modélisée (file d'attente nécessaire)
- autant d'utilisateur « loin » que « proche »
- ...
- Mesurer les débits et délais moyen de chacun avec le RR et le MaxSNR (différencier utilisateur « proche » et « éloigné »). Mesurer le taux d'utilisation des URs.
- Généraliser l'approche à 2 cellules. Considérer que le débit d'un utilisateur « éloigné » est nul ou très réduit (/4 par exemple) sur un UR dans une cellule si l'autre cellule utilise cette UR (alors que cela ne change rien pour un utilisateur « proche » ou a au pire, une faible influence). Mesurer cette fois ci, en considérant les deux cellules à la fois, les débits et délais moyen de chacun avec le RR et le MaxSNR. Mesurer également le taux d'utilisation des URs.
- Imaginons un scheduler multicellulaire qui gère les deux cellule de manière globale. Les allocation « perturbatrices » peuvent être éliminer en éliminant les combinaisons :
 - cellule X – utilisateur loin \Leftrightarrow cellule Y – utilisateur proche.

Il ne peut donc y avoir que des allocations :

- cellule X – utilisateur proche \Leftrightarrow cellule Y – utilisateur proche
- cellule X – utilisateur loin \Leftrightarrow cellule Y – personne
- mesurer à nouveau, en considérant les deux cellules à la fois et cette approche, les débits et délais moyen de chacun avec le RR et le MaxSNR
- mesurer également le taux d'utilisation des URs
- Conclure

(En cas de blocage à l'étape 1, ne plus chercher à mesurer le délai)

Références

- [1] R. Knopp, P. Humblet, Information capacity and power control in single-cell multiuser communications, in: Proc. IEEE Int. Conf. On Communications ICC, vol. 1, June 1995, pp. 331–335.
- [2] C.Y. Wong, R.S. Cheng, Multiuser OFDM with adaptive subcarrier, bit, and power allocation, IEEE J. Sel. Areas Commun. (1999).
- [3] X. Wang, W. Xiang, An OFDM-TDMA/SA MAC protocol with QoS constraints for broadband wireless LANs, ACM/Springer Wirel. Netw. 12 (2) (2006) 159–170.
- [5] METIS D6.6, Final Report on the METIS 5G System Concept and Technology Roadmap, ICT-317669METIS Deliverable 6.6, Version 1, April 2015.
- [6] G. Fodor, C. Koutsimanis, A. Rácz, N. Reider, A. Simonsson, W. Müller, Intercell interference coordination in ofdma networks and in the 3GPP long term evolution system, J. Commun. 4 (2009) 445–453.
- [7] M. Yassin, M. AboulHassan, S. Lahoud, M. Ibrahim, D. Mezher, B. Cousin, E. Sourour, Survey of ICIC Techniques in LTE Networks under Various Mobile Environment Parameters, Springer Wirel. Netw. (2015) in press.

- [8] M. Assaad, Optimal fractional frequency reuse (ffr) in multicellular ofdma system, in: Vehicular Technology Conference, vol. 2008. VTC 2008-Fall. IEEE 68th, Calgary, September 2008, pp. 1–5.
- [9] C. Gueguen, M. Ezzaouia, and M. Yassin, Inter-Cellular Scheduler for 5G Wireless Networks, in *Elsevier Physical Commun.*, special issue Radio Access Network Architectures and Resource Management for 5G.

II) Réseaux sans fils opportunistes à faible consommation énergétique

Résumé :

Réduire la consommation énergétique et nécessaire dans une optique de développement durable. C'est d'autant plus nécessaire dans le domaine des réseaux de communication sans fil puisque l'autonomie est un facteurs critique. Ce projet consiste à étudier les performances d'un algorithme d'allocation de ressource « green » et le comparer à d'autre algorithmes connus.

- Créer un code « simple » permettant de modéliser le comportement d'un réseau cellulaire (création et envoie de bits au point d'accès).
Hypothèse dans une cellule :
 - on dispose d'une certaine valeur de Bande Passante (BP) et donc d'Unité de Ressource (UR)
 - débits sur un UR varie aléatoirement, de manière réaliste (cf. les conditions radio qui varient)
 - on ne considère que le downlink
 - les flux sont variables
 - la notion de temps doit être modélisée (file d'attente nécessaire)
 - autant d'utilisateur « loin » que « proche »
 - ...
- mesurer les débits, délais moyen et coup énergétique de chacun avec le RR et le MaxSNR (différencier utilisateur « proche » et « éloigné »). Mesurer le taux d'utilisation des URs
- tester l'OEA
- tester un nouvelle algorithme qui combine l'OEA et le WFO (plus de détails seront donnés par la suite...)
- analyser les resultats et conclure

III) Meta scheduler : gestion de l'usage de la diversité multi utilisateur

Résumé :

Réduire la consommation énergétique et nécessaire dans une optique de développement durable. Reduire l'utilisation de la diversité multiutilisateur par le scheduler le permet (au dépend de la capacité du system). Dans un cas ou le system est en sous charge et le débit n'est donc pas un probleme, on peu donc volontairement baisser la diversité multi utilisateur d'un scheduler pour réduire la consommation énergétique sans impacter la QoS. Ce projet consiste donc a développer un algorithme qui adapte combien d'utilisateur peuvent partager un time slot en fonction du risque de congestion (de la charge du system).

- Créer un code « simple » permettant de modéliser le comportement d'un réseau cellulaire (création et envoie de bits au point d'accès).
Hypothèse dans une cellule :
 - on dispose d'une certaine valeur de Bande Passante (BP) et donc d'Unité de Ressource (UR)
 - débits sur un UR varie aléatoirement, de manière réaliste (cf. les conditions radio qui varient)
 - on ne considère que le downlink
 - les flux sont variables
 - la notion de temps doit être modélisée (file d'attente nécessaire)

- autant d'utilisateur « loin » que « proche »
- ...
- mesurer les débits, délais moyen et coup énergétique de chacun avec le RR et le MaxSNR (différencier utilisateur « proche » et « éloigné »). Mesurer le taux d'utilisation des URs
- Contraindre la diversité multiutilisateur a 1, 2, 4, 8, 16.
- tester un nouvelle algorithme qui rend cette contrainte variable (fonction du débit du système)
- analyser les résultats et conclure

IV) Allocation opportuniste spatial muti-antenne

Contexte général/résumé :

Avec l'essor des services multimédia, les réseaux sans-fil ont le défi de fournir une qualité de service accrue. Ceci passe inévitablement par une gestion efficace des ressources radio. Selon l'approche conventionnelle, une station de base couvre un territoire restreint et gère l'ensemble de ses ressources radio. Elle assure, en particulier, l'allocation des ressources aux utilisateurs de la cellule (ou *packet scheduling* en anglais). Toutefois, les utilisateurs frontaliers ont de mauvaises conditions radio et exploitent mal leurs ressources. Ils finissent avec des débits faibles et une Qualité de Service (QoS) non acceptable. Une solution serait l'accès radio Cloud (ou *Cloud Radio Access Network, C-RAN*). La station de base conventionnelle est remplacée par une entité de traitement en bande de base ou BBU (*Baseband Unit*) et plusieurs têtes de transmission radio ou RRH (*Remote Radio Head*). La BBU est l'élément intelligent du réseau d'accès. Elle alloue dynamiquement les ressources radio aux RRHs. Les RRHs sont des antennes légères (*light-weight*) et peu coûteuses. On prévoit, dans le cadre de ce projet, de réduire leur puissance d'émission et de les disperser sur le territoire. Les utilisateurs auront statistiquement des conditions radio plus favorables et des débits plus élevés.

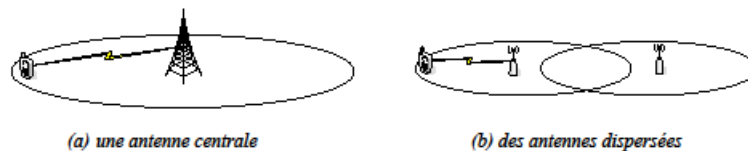


Figure 1 : Déploiement des antennes

Problématique :

On cherche à évaluer l'intérêt de remplacer une antenne centrale par plusieurs antennes dispersées. On étudie également l'allocation des ressources de la BBU aux différentes RRHs et par la suite aux différents utilisateurs.

- Créer un code « simple » permettant de modéliser le comportement d'un réseau cellulaire (création et envoi de bits au point d'accès).

Hypothèse dans une cellule :

- on dispose d'une certaine valeur de Bande Passante (BP) et donc d'Unité de Ressource (UR)
- débits sur un UR varie aléatoirement, de manière réaliste (cf. les conditions radio qui varient)
- on ne considère que le downlink
- les flux sont variables
- la notion de temps doit être modélisée (files d'attentes)
- Autant d'utilisateur « loin » que « proche »
- ...

- mesurer les débits et délais moyen de chacun avec le RR et le MaxSNR (différencier utilisateur « proche » et « éloigné »). Mesurer le taux d'utilisation des URs.
- ne plus considérer une antenne centrale mais 4 antennes avec chacune $\frac{1}{4}$ des URs (path loss différents donc) et analyser les changements (avec le RR et le maxSNR)
- tester un algorithme donnant plus d'URs aux antennes ayant plus d'utilisateurs
- tester et conclure

V) Routage opportuniste

Contexte général/résumé :

Il s'agit d'approfondir l'étude des protocoles de routage opportuniste dans les réseaux sans fil puis de tester un protocole de routage « opportuniste » pour les réseaux sans fil. Ce nouveau protocole s'appuie sur un algorithme de prise de décision adapté au milieu sans fil permettant de choisir le meilleur chemin dans cet environnement à multiples contraintes. Il s'agira de tenir compte, lors du choix des différentes routes à emprunter, non seulement des métriques habituelles (nombre de saut, coût, etc.) mais également de la charge des buffers des routeurs ainsi que des différentes conditions radio susceptibles d'être rencontrées et qui influencent grandement la qualité des transmissions radio. Les objectifs visés sont variés : augmentation du débit global du système, économie d'énergie, amélioration de la Qualité de Service (QoS)...

- 1 source :
 - Créer un code simple permettant de modéliser un réseau sous forme de grille de $n \times n$ routeurs avec une source et une destination. Sachant que les liens entre routeurs ont un débit moyen, être capable d'identifier le meilleur chemin en moyenne.
 - A chaque instant le débit de chaque lien varie aléatoirement au cours du temps. Le meilleur chemin change donc également. Comparer les résultats des débits précédents (sans tenir compte des variations) avec ceux d'une solution considérant cette nouvelle hypothèse
- Même chose avec plusieurs sources

VI) Smart routing

Tous les protocoles de routage cherchent à trouver et exploiter la meilleure route cependant la question pourrait être posée de l'optimalité de cette approche. En effet, si l'objectif est par exemple de respecter les contraintes temporelles des applications, il est non utile de systématiquement encombrer le meilleur chemin si certains paquets peuvent emprunter une route alternative, moins bonne mais tout de même suffisante pour respecter les contraintes de délai. Le meilleur chemin restera alors libre pour gérer des flux plus contraints, la QoS du système sera donc meilleure et le réseau pourra atteindre des charges plus élevées.

- Modéliser une source envoyant trois types de flux à une destination. Des flux à fortes, modérées, faibles contraintes temporelles (respectivement 250ms, 125ms, 50ms). 3 chemins peuvent être empruntés, 1 à fort débit, l'autre modéré, l'autre faible.
 - Tester une solution qui envoie systématiquement les flux sur le chemin ayant le meilleur débit, une autre, sur le chemin ayant le meilleur délai
 - Tester une solution qui élimine les chemins ne permettant pas de respecter les contraintes temporelles et dans ceux qui restent, choisir le pire lien (le chemin juste nécessaire)
 - Comparer les 3 solutions en mesurant en fonction de la charge (le nb de flux) de manière globale et pour chaque flux les délais, les taux de paquets arrivés hors délai.