Tests requis pour les Small Cell LTE

par Juan Hidalgo de chez Anritsu

Introduction

Dans le nouveau monde du sans fil, le trafic des données sur les réseaux de téléphonie mobile connaît une croissance fulgurante car un nombre croissant d'applications exigent de plus en plus de capacité. À l'échelle mondiale, on estime que le trafic de données mobiles privé et professionnel va augmenter d'un un taux annuel respectivement de 59 % et 51 %, sur la période 2014-2019. Cette tendance oblige d'ores et déjà les opérateurs de téléphonie mobile à utiliser de nouvelles méthodes pour décongestionner le réseau d'accès radio (RAN) et la charge de signalisation sur le réseau de connexion (« backhaul »), tout en offrant dans le même temps une meilleure expérience utilisateur et une gestion de la capacité plus flexible. De plus, les estimations concernant l'avènement de la 5G prévoient que la capacité du réseau augmentera de plusieurs ordres de grandeur (jusqu'à 10 Gbit/s de débit maximal de donnés pour les utilisateurs statiques, 1 Gbit/s au maximum pour les utilisateurs à faible mobilité, et jusqu'à pas moins de 100 Mbit/s dans les zones urbaines).

L'une des options proposées pour régler ce problème est de désengorger le trafic à l'aide de petites cellules radio (« small cells »), qui permettront de faire face à cette prévision de croissance. Les Small Cells sont compatibles avec les spécifications LTE depuis le début avec la 3GPP Release 8. La Release 12 vise dorénavant à améliorer cette technologie dans deux principaux domaines :

- Réduction de la charge de signalisation due aux scénarios de mobilité hautement dynamique créés par les small cells
- Fourniture de moyens pour augmenter les débits de données en utilisant conjointement des small cells et des macro cells

Que sont les Small Cells ?

« Small Cells » est un terme générique qui a évolué depuis les premiers services Femto cells offerts par les opérateurs de téléphonie mobile. Par ailleurs, le terme couvre également les réseaux d'antennes distribués (DAS), les pico cellules et le Wi-Fi. Le but des small cells radio, ou de manière générale de tout système sans fil indoor (IBW, In-Building Wireless), est d'offrir une couverture réseau améliorée, en général mesurée via des indicateurs de la qualité de service (appelés KPI, pour

Key Performance Indicators), ou des mesures de la puissance en réception du signal (dites RSSI, pour *Received Signal Strength Indication*), lorsque les macro cells déployées ne sont pas capables de répondre de manière adéquate à la demande. Cela se produit typiquement lorsque les utilisateurs souffrent de mauvaises conditions de propagation, telles que dans des bâtiments induisant une forte atténuation du signal, propagation par trajets multiples ou évanouissement, ou bien encore lorsque, en raison de la concentration d'utilisateurs, le réseau ne peut répondre à la demande de tous avec une qualité de service minimale.

Le signal RSSI peut être faible à cause d'importantes pertes de pénétration dues à la structure même du bâtiment. Par exemple, le bâtiment peut être équipé de vitrages à faible émissivité visant à améliorer les performances énergétiques de l'immeuble. Or, ce type de matériau, recouvert d'une fine couche métallique, fait que le bâtiment se comporte comme une cage de Faraday. Par ailleurs, en environnement urbain dense, les bâtiments voisins peuvent créer une barrière RF qui bloque la couverture des macro sites se trouvant à proximité. Les bâtiments élevés affichent en général une faible couverture dans les étages supérieurs car les antennes de macro sites, situées de nombreux étages plus bas, sont spécialement conçues pour supprimer l'énergie rayonnée au-dessus de l'horizon et diriger l'énergievers les utilisateurs se trouvant dans la rue, ou à quelques mètres au-dessus du niveau de la rue. La capacité peut poser problème sur les grands sites tels que les stades, les centres commerciaux ou les complexes de bureaux, où plusieurs centaines ou milliers d'utilisateurs sont susceptibles de solliciter la capacité en voulant accéder simultanément au réseau.

En utilisant l'une de ces small cells radio, le trafic est déporté vers le réseau fixe, qui possède normalement une capacité bien supérieure si, par exemple, la technologie optique ou à ondes millimétriques est disponible sur le site. C'est pourquoi le principal objectif des Small Cells est d'alléger la pression exercée sur le réseau mobile dans des situations où la congestion ou un niveau de champ trop faible du signal peuvent s'avérer problématiques.

Les Small cells sont prises en compte par le standard 3GPP *(3rd Generation Partnership Project)* et ont été normalisées à partir de la Release 8-LTE *(Long Term Evolution)*, bien que ce ne soit uniquement qu'à partir de la release 12 et les suivantes que la norme 3GPP et les small cells radio ont commencé à être considérées comme des exigences technologiques essentielles dans le but d'optimiser l'utilisation du réseau. Ce processus est décrit dans le document TR36.932 et approfondi dans des études complémentaires pour les aspects de la couche physique et les aspects des couches supérieures de protocole.

Scénarios de déploiement

À un niveau élevé, il existe un certain nombre de scénarios différents en matière de déploiement d'une couverture radio avec des small cells, selon la présence ou non d'une couverture de macro-cells, que les small cells soient déployées en extérieur ou en intérieur, ou selon qu'on utilise un réseau backhaul idéal (à très haut débit avec très faible latence, comme les liens en fibre optique) ou non idéal (xDSL, relais ou hyperfréquences). Ces scénarios sont définis dans la norme 3GPP TR 36.872 et illustrés à la figure 1.

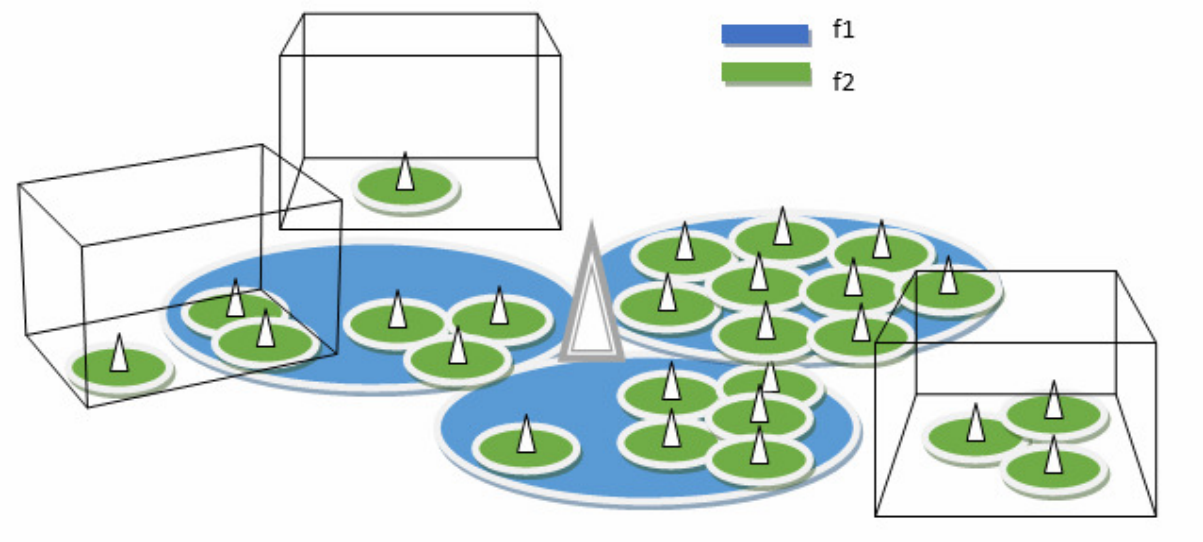


Fig. 1 : Différents scénarios de déploiement pour les Small Cells

En cas de déploiements en connectivité double, un terminal (UE, User Equipment) doit pouvoir émettre et recevoir directement le signal vers et depuis la station de base MeNB (macro-eNode B) et la station de base SeNB (Small Cell-eNode B), et cela de manière simultanéeou de toute autre manière. C'est là l'un des objets d'étude relatifs à la 5G, où un UE pourra recevoir des informations de contrôle en liaison descendante (Downlink) du MeNB, mais émettre en liaison montante (Uplink) des informations de contrôle vers le SeNB, économisant sa consommation énergétique et réduisant les niveaux d'interférence.

Les déploiements de Small Cells utilisent en général une distribution de fréquence différente par rapport à celles utilisées par les macro-cells qui se chevauchent. Les fréquences peuvent atteindre les 3,5 GHz, puisque la couverture des small cells radio est limitée et que la puissance du signal ne pose pas de problème en principe. Le standard 3GPP spécifie que toutes les bandes de fréquences

attribuées aux réseaux de macro-cells peuvent être utilisées pour les applications avec des small cells radio, en particulier les bandes de fréquences les plus élevées. Les small cells peuvent aussi supporter la technologie d'agrégation de porteuses (CA, pour *Carrier Aggregation*) associée aux porteuses des macro-cells le cas échéant si elles sont présentes. De plus, les small cells doivent être compatibles avec les modes FDD et TDD à l'intérieur de la macro-cell, dans les mêmes conditions qu'elles sont déployées dans le réseau macro par l'opérateur.

Si on considère une vue d'ensemble et qu'on regarde l'architecture d'un réseau d'accès radio (RAN, *Radio Access Network*), on y trouve des composants en bande de base numériques, des composants radio et des composants d'antenne. Trois architectures différentes sont proposées par le 3GPP, selon l'emplacement de l'unité numérique (en bande de base), de l'unité radio (*Indoor Radio Unit*) et les systèmes d'antenne :

- Les réseaux d'antennes distribués (DAS, *Distributed Antenna System*), où le traitement de la bande de base et les fonctions radio sont centralisés, et où l'antenne est distribuée au meilleur emplacement.
- Systèmes de radio distribués (DRS), où le traitement de la bande de base est centralisé, mais où les fonctions radio et antennes sont distribuées.
- Réseaux de small cells distribués (DSC), où tous les éléments, y compris le traitement de la bande de base, sont distribués au sein du bâtiment à l'aide de stations de base de type small cells.

Les réseaux d'antennes distribués, les systèmes radio distribués et les réseaux de small cells distribués représentent trois architectures différentes pour mettre en œuvre un réseau sans fil indoor (IBW, *In-Building Wireless*) doté d'une couverture et d'une capacité suffisantes. Ce qui les distingue les unes des autres, c'est l'emplacement physique des ressources radio, du traitement de la bande de base du NEM (fabricant d'équipement du réseau).

Augmenter l'efficacité des réseaux

Les distances réduites entre les UE et les nœuds de Small cells sur certains déploiements offrent la possibilité d'introduire des modulations complexes avec des ordres plus élevés comme le 256QAM pour la liaison descendante. Dans ce cas, la modulation plus dense offre un gain d'efficacité du spectre de l'ordre de 15 % à 33 %, mais uniquement dans les situations où l'EVM (Error Vector Magnitude) mesurée est inférieure à 4 %.

Pour les scénarios utilisant des radios small cells, le faible évanouissement sélectif en fréquence et en temps induit par les faibles distances parcourues par le signal permet de réduire la surcharge des signaux de référence Downlink et Uplink spécifiques au UE.

Par ailleurs, il réduit la capacité utilisée pour les messages de contrôle, réduit les interférences via l'activation ON/OFF manuelle ou dynamique des cellules et permet l'équilibrage ou le transfert dynamique de la charge.

Principaux problèmes de la mise en œuvre

Lors du déploiement de small cells radio, le trafic a de fortes chances de fluctuer pour deux raisons. La première est que le nombre d'utilisateurs par nœud de small cells est en général assez faible en raison de la faible couverture de ces dernières. La deuxième est que le profil de communication est très asymétrique (du point de vue liaison montante et descendante) puisque la demande en capacité descendante des utilisateurs est en général plus élevée. L'un de problèmes que rencontrent les opérateurs de téléphonie mobile est l'utilisation d'un spectre surchargé, comme cela se produit à 5 GHz, où le Wi-Fi (802.11a/n/ac) est déployé de nos jours avec prochainement le LTE-U/LAA en plus.

Aspects des réseaux d'infrastructure

L'utilisation des small cells radio permet de minimiser la charge de signalisation protocole (causée par la mobilité, l'effet « ping-pong », etc.) sur le réseau d'infrastructure tout comme pour l'augmentation du trafic du réseau de backhaul en raison du nombre accru de nœuds de small cells et des besoins de routage.

Vérification des Small Cells

Un certain nombre d'équipements de test est requis pour les différentes étapes de développement du système. En général, les émulateurs d'éléments du réseau ou les émulateurs de terminaux mobiles (UE) sont utilisés lors de la phase de conception pour vérifier la fonctionnalité, l'évolutivité et les performances des stations de base. De plus, des mesures RF sont réalisées tout au long du processus de développement, depuis les premières étapes de la conception où l'on s'intéresse aux paramètres S (mesurés à l'aide d'un instrument du type analyseur VNA ShockLine de Anritsu),

jusqu'à la vérification rapide de la production où le signal émis est mesuré et analysé via une analyse de modulation et des mesures spectrales réalisées à l'aide d'un instrument de mesure rapide multi-ports tel que l'équipement de test sans fil universel MT8870A de Anritsu ou la gamme d'analyseurs de signal MS2830A/MS269xA d'Anritsu.



Fig.2 Ligne de produits d'Anritsu. ShockLine, MT8870A, MS2028C, MS2830A

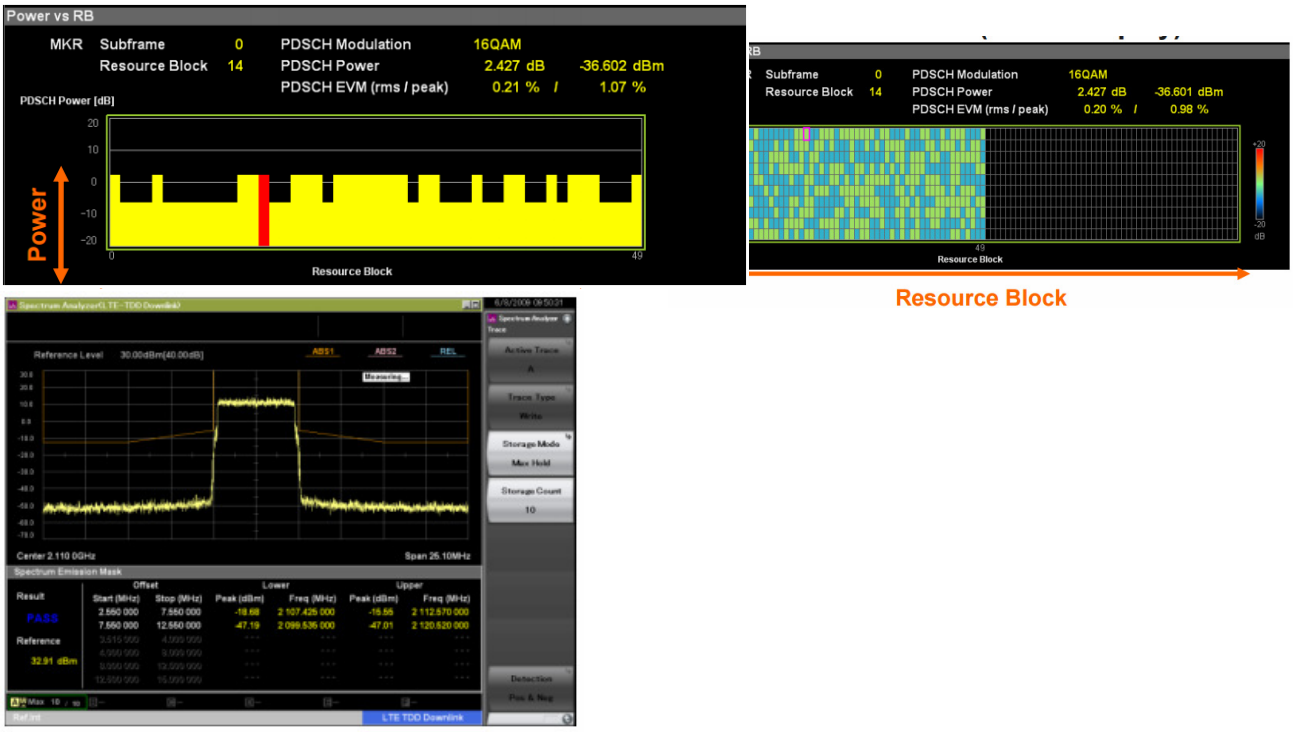


Fig. 3. Vérification de small cells RF LTE-FDD à l'aide d'un analyseur de signal MS2830A d'Anritsu

Pour résoudre et vérifier les performances de pré-installation et post-installation dans les cas où les pertes deschaînes d'émission et de réception doivent être mesurées, Anritsu propose une gamme de produits portables, comprenant des analyseurs de spectre, analyseurs de stations de base et analyseurs de câble/antenne. Les tests réalisés incluent la démodulation de signaux 2G/3G/4G pour évaluer la qualité de signal, ainsi que des tests de performance, y compris l'analyse d'intermodulation passive (PIM).

Conclusion

Face à un trafic de données mobile en plein boom ne montrant aucun signe de ralentissement, les opérateurs de téléphonie mobile et les fabricants d'équipements réseau doivent trouver dès maintenant des solutions alternatives pour le délestage du trafic. Les small cells radio ou les systèmes de réseau sans fil indoor constituent une solution pour équilibrer la charge et offrir des alternatives différentes selon le type d'architecture choisi pour le déploiement. L'évolutivité, le coût et la capacité du réseau constituent trois paramètres essentiels que le standard 3GPP et les concepteurs doivent avoir à l'esprit. Le standard 3GPP a déjà répertorié des cas d'études et des propositions pour que ceci soit possible. Les prochaines étapes consisteront à intégrer de plus grandes capacités (jusqu'à 10 fois supérieures), l'utilisation de bandes spectrales à des fréquences plus élevées (par exemple les ondes millimétriques), la gestion avancée de la mobilité, et une combinaison de small cells/femto cells et de réseaux auto-organisés (SON).

– fin -