

Analyse de performances d'un système UMTS-WCDMA à trafic uniforme et non-uniforme

Ridha Nasri ⁽¹⁾ et Mongi Marzoug ⁽²⁾

⁽¹⁾ Ecole Supérieure des Communications de Tunis
Unité de Recherche en Technologie de l'Information et en Communications
Cité la gazelle 2083 Ariana- Tunisie
Tél : 00216 98942267 ; email : nasri.ridha@ttnet.tn

⁽²⁾ Orange France, 41-45 Bd Romain Rolland 75672 Paris Cedex 14, France
email : mongi.marzoug@orange.fr

Résumé

Cet article examine l'analyse de performances, en terme de capacité et de couverture, d'un système UMTS-WCDMA à trafic uniforme et non-uniforme. Afin de modéliser la non-uniformité du trafic, nous avons supposé que les utilisateurs sont concentrés dans un endroit spécifique que nous appelons *hotspot* de trafic (université, centre commercial...). Le modèle théorique de la distribution non-uniforme des utilisateurs est décrit par une loi normale. Les résultats de cette étude sont appuyés par des simulations système et ont montré que la capacité radio d'un système WCDMA est très dépendante de la distribution du trafic en particulier en *downlink*. Nous avons montré également dans cet article qu'une mauvaise localisation des zones à haute densité de trafic mène à des pertes en terme de performances du système.

1 Introduction

La nouveauté des réseaux mobiles de troisième génération (3G) par rapport à ceux de deuxième génération (2G) sera d'offrir des services de données variés (voix, vidéo, FTP, consultation interactive de base de données, navigation web...). Compte tenu de ces types de service, des mécanismes de gestion des ressources radio sont utilisés pour garantir une qualité de service meilleure et une capacité optimale à l'interface air.

Dans la technologie WCDMA, une des cinq standards acceptés par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT), l'évaluation de performances du système constitue un grand thème d'études et de recherches dans ces dernières années [DLO00] [LWN02] [SHL00] [WLS99]. Pratiquement la plus part de ces références, traitant le thème de la capacité de ces systèmes, considère un cas théorique (réseau maillé et trafic uniforme) qui ne décrit pas fortement la réalité des réseaux mobiles où la distribution des utilisateurs varie en fonction du temps et de l'espace.

Dans ce travail, il s'agit d'analyser par simulation la capacité radio dans un réseau WCDMA à trafic non-uniforme comparé avec un système à trafic uniforme.

Le reste de cet article est organisé comme suit : dans la section 2, nous allons présenter les modèles de distribution du trafic utilisés dans ce papier. Les principes et les paramètres de simulations sont donnés dans la section 3. dans la section 4, nous allons exposer et analyser les résultats de simulations. La section 5 sera consacrée à la conclusion.

2 Modèles du trafic

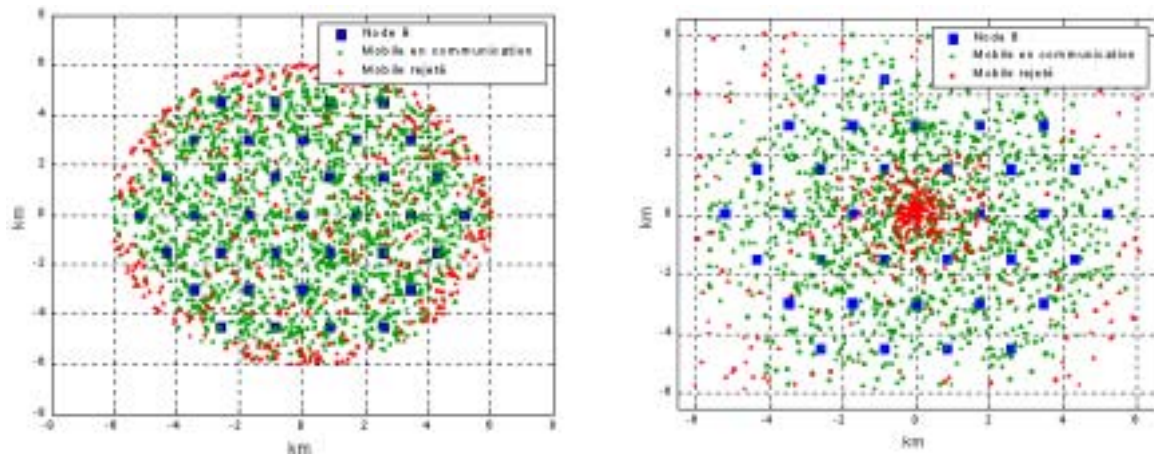
La distribution uniforme du trafic dans un réseau cellulaire n'est qu'une approche théorique. En réalité, le comportement dynamique et aléatoire des mobiles dans un réseau cellulaire montre qu'il est impossible d'utiliser l'hypothèse de l'uniformité du trafic. Pour cela, nous allons utiliser dans ce travail une répartition des mobiles qui ressemble le plus au cas réel. En effet, nous avons considéré deux répartitions différentes des utilisateurs:

2.1 Distribution uniforme selon les axes polaires

Les utilisateurs sont placés dans le réseau selon une répartition uniforme. Dans le processus de simulations les coordonnées de l'utilisateur sont générées de la façon suivante: Nous générons une variable aléatoire uniforme u entre 0 et 1, nous calculons sa *racine carrée* puis nous la multiplions par le rayon de la zone choisie pour l'étude (voir Fig. 1 (a)). La valeur obtenue présente la première coordonnée r du mobile. La deuxième coordonnée polaire φ est générée uniformément sur $[0, 2\pi]$.

2.2 Distribution hotspot au point (x_0, y_0)

Les coordonnées cartésiennes du mobile sont générées comme deux variables aléatoires proportionnelles aux variables normales de moyennes respectives x_0 et y_0 et de variances σ_{01} et σ_{02} (voir Fig. 1 (b)) [GJW94] [SPN00]. Les paramètres σ_{01} et σ_{02} traduisent le niveau de la concentration des mobiles autour de la position (x_0, y_0) . Plus le trafic est dense autour de ce point, plus σ_{01} et σ_{02} sont faibles et inversement.



(a) Répartition uniforme des mobiles selon les axes polaires.

(b) Répartition non-uniforme (normal) au centre de la cellule#0 (point (0,0)).

Fig. 1 – Distribution uniforme et non-uniforme des mobiles dans un réseau maillé.

3 Principe et paramètres de simulations

3.1 Principe de simulations

Généralement, les simulations des systèmes WCDMA sont divisées en deux classes principales : simulations du lien (*link level Simulations*) et simulations système (*System level simulations*) [LWN02] [WLS99]. La première classe concerne un seul lien radio et considère les interférences causées par les autres liens comme un bruit gaussien. Cependant la deuxième classe considère la totalité du réseau et utilise des résultats des simulations du lien. Le simulateur système conduit à des mesures de performances globales du système. Ainsi il peut être très nécessaire à la planification des réseaux WCDMA. En effet, il aide le planificateur pour choisir convenablement les paramètres radio à savoir la couverture d'un site, la nécessité ou non d'une couche micro dans un *hotspot*, la sectorisation....

Dans notre travail, la simulation que nous avons adoptée est une simulation système qui suit une approche statique de Monte Carlo [DLO00] [WLS99]. Cette méthode consiste à simuler plusieurs fois le même système et de moyenner tous les paramètres de sortie. Afin d'avoir des résultats aussi proches du réel que possible, nous devons réaliser un maximum d'essais (*snapshots*). Dans chaque essai, nous devons garder les mêmes paramètres système mais nous répétons l'étape de la génération des coordonnées des utilisateurs selon l'un des deux lois de distribution de trafic décrites précédemment. Dans cet article, Les deux liaisons montante et descendante sont simulées séparément.

3.2 Paramètres de simulations

Nous avons considéré dans cette simulation un réseau maillé schématisé par la figure. 1. La numérotation des cellules est faite de 0 à 36. La cellule au centre porte le numéro 0. Les cellules de la première couronne qui la entourent sont numérotées de 1 à 6 en commençant par la cellule juste à gauche de la cellule #0 et en suivant l'orientation trigonométrique. La même chose est faite pour les deux autres couronnes.

Nous présentons dans le tableau 1 tous les paramètres de simulations utilisés dans ce papier et qui ne sont pas mentionnés précédemment.

Tableau. 1– Paramètres de simulations

Paramètres de simulation	Valeur
Nombres de cellules	37
Sectorisation	Omnidirectionnel
Pmax de BTS	43 dBm
Pmax par lien descendant	30 dBm
Puissance max du mobile	21 dBm
Bruit thermique <i>uplink</i>	-103 dBm
Bruit thermique <i>downlink</i>	-100 dBm
Modèle de propagation	<i>Ukumara-Hata</i>
Facteur d'orthogonalité <i>downlink</i>	0.4
Noise rise <i>uplink</i> seuil	6 dB
Marge du <i>soft handover</i>	6 dB
<i>Active set size</i> [LWN02]	2 cellules
Débit du service voix	12.2 Kbit/s
Facteur d'activité	0.67
(E_b/N_0) cible UL/DL	5 dB/ 9 dB
Débit chip W	3.84 Mcps
Nombre de <i>Snapshot</i>	1000

4 Résultats de simulations

4.1 Cas de la liaison montante

La figure 2 illustre la capacité montante par cellule, en terme de nombre d'utilisateurs servis, pour trois types de distribution de trafic. La figure 3 présente l'augmentation de bruit (*noise rise*) [LWN02] pour chaque cellule.

Dans le cas d'une distribution uniforme des utilisateurs selon les axes polaires, nous remarquons que le nombre des mobiles par cellule et le *noise rise* du lien montant ont presque la même valeur pour toutes les stations de base (voir Fig. 2 et .3).

En analysant les figures 2 et 3, dans le cas d'un trafic uniforme, nous remarquons que toutes les cellules ont un *noise rise* inférieur à 5dB et comme nous avons fixé la valeur de *noise rise* limite à 6dB, le système peut servir d'autres mobiles. Nous pouvons déduire que la cause majeure du rejet de ces mobiles n'est pas le *noise rise* mais la couverture *uplink*. Ce problème de couverture peut avoir comme cause l'atténuation ou l'effet de masque. Quand l'atténuation d'un mobile servi par une station de base est grande, ce dernier doit compenser cette perte en émettant plus de puissance afin de garantir une qualité de service cible. Afin de satisfaire cette qualité basée sur le (E_b/N_0) , un mobile très éloigné de sa station de base ou qui subit un effet de masque très important doit émettre à une grande puissance. Si l'augmentation de la charge résultant de l'admission de ce mobile dépasse un seuil, le mobile sera rejeté. Dans le cas contraire, le mobile sera admis.

Les cellules, de la troisième couronne (cellule#19 jusqu'à cellule#36) ont un nombre de mobiles servis plus légèrement grand que les autres cellules. L'emplacement de ces cellules explique cette différence (effet de bord). Celles-ci, comme elles appartiennent à la troisième couronne, sont les moins interférées. Leurs interférences inter-cellulaires sont faibles du fait que seules 3 ou 4 cellules les entourent tandis que le reste des cellules possède 6 cellules adjacentes.

Dans le cas d'une distribution *hotspot*, et pour une concentration des mobiles au centre de la cellule#0, nous remarquons que malgré le grand nombre de mobiles dans cette cellule, la station de base#0 sert un nombre très

faible d'utilisateur. Ceci est dû aux interférences externes qu'elle subit. En effet, le nombre des mobiles servis par la station de base#0 est 5 utilisateurs alors que le *noise rise* dépasse 6 dB (voir fig. 2 et 3 cas du trafic *hotspot*). Le *noise rise* du lien montant d'une station de base dépend des interférences intra-cellulaires et inter-cellulaires et du bruit thermique [LWN02] [SHL00]. Dans notre exemple, les interférences intra-cellulaires de la cellule#0 sont presque nulles alors que les interférences inter-cellulaires sont très importantes. Pour les cellules de la première couronne, nous remarquons qu'elles ont atteint la limite de *noise rise uplink* égal à 6dB, puisqu'elles servent plus que 40 mobiles. La faible capacité de la cellule#0 est due aux effets de ces cellules. Elles ont, tout d'abord, augmenté le niveau des interférences externes de la cellule#0 et, par suite, elles ont diminué sa capacité. Afin de remédier à ce problème de perte en capacité, nous devons ajouter une couche micro-cellulaire dans cette zone de *hotspot* ou ajouter des nouvelles porteuses [RIM04].

Lorsque les mobiles sont concentrés à la position (2.6km,0km), c'est-à-dire entre les stations de base numéro 1 et 7, nous observons une faible capacité au niveau de ces deux cellules par rapport aux autres malgré leur valeur maximale de *noise rise*. D'après les figures 2 et 3, nous pouvons conclure que les cellules 2, 6,19 et 36 engendrent cette faible capacité. Ces cellules ont une capacité *uplink* supérieure à 55 mobiles et un *noise rise* égal à 6dB.

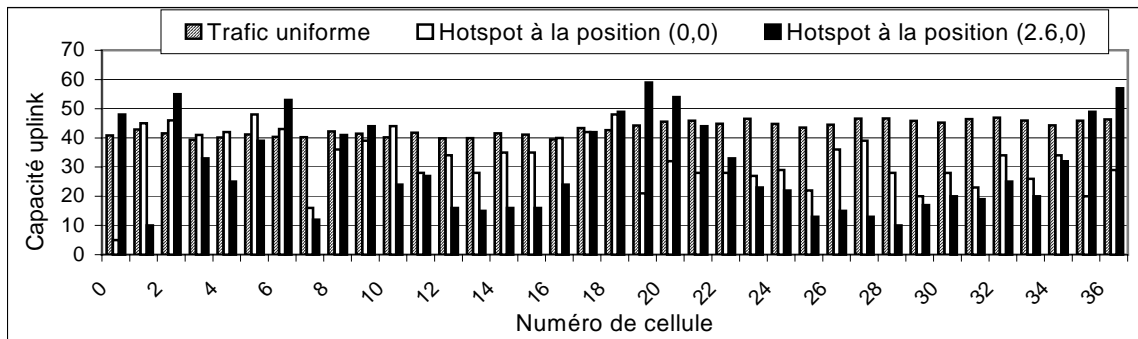


Fig. 2 – Nombre de mobiles servis par chaque cellule dans la liaison montante.

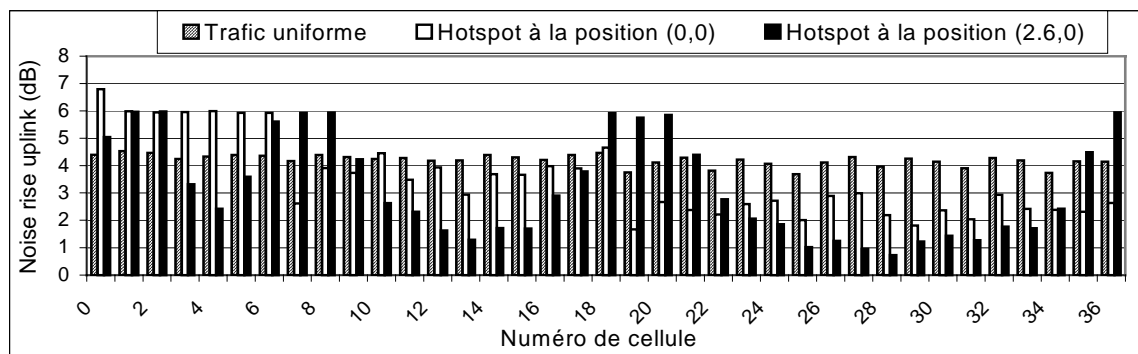


Fig. 3 – Noise rise uplink pour chaque cellule.

4.2 Cas de la liaison descendante

La figure 4 illustre la capacité descendante par cellule pour trois types de distribution de trafic et la figure 5 présente la puissance d'émission de chaque station de base.

Pour un réseau WCDMA maillé comportant des mobiles uniformément répartis, la puissance maximale et la capacité *downlink* de chaque station de base sont presque les mêmes pour toutes les cellules de la première et de la deuxième couronne (voir Fig. 4 et 5). Cependant, pour les cellules appartenant à la troisième couronne, c'est-à-dire les cellules numérotées de 19 à 36, servent un nombre plus grand de mobiles par rapport aux autres cellules. Ce gain de capacité au niveau de ces cellules est dû à leur emplacement puisque chacune d'elles n'a que 3 ou 4 cellules adjacentes ce qui assure une faible valeur d'interférence inter-cellulaire pour ses mobiles.

Pour une distribution *hotspot* des utilisateurs au centre de la cellule #0, nous remarquons que cette dernière sert 35 mobiles alors que les autres cellules ont un nombre de mobiles servis entre 20 et 25. Ce nombre très grand de mobiles servis au niveau de cette cellule est dû à la distribution des utilisateurs qui sont tous concentrés autour d'elle, alors qu'il y a une faible densité de mobiles pour les autres cellules (voir Fig. 1(b)). Malgré le grand nombre d'utilisateurs servis par la cellule#0, celle-ci enregistre une faible puissance de transmission totale (42dBm) par rapport aux autres qui ont une capacité du sens descendant qui lui est inférieure. Les mobiles de cette cellule sont très proches de son centre, la station de base n'a pas besoin donc d'émettre trop de puissance afin de garantir une qualité de service cible.

Le comportement de la cellule#0 dans le sens descendant est différent de celui du sens montant. Nous avons vu précédemment dans la liaison montante qu'elle ne sert que peu de mobiles alors que pour la liaison descendante, elle sert un grand nombre d'utilisateurs.

Pour le cas d'un réseau avec concentration des mobiles entre deux cellules (entre #1 et #7), nous remarquons que ces deux cellules ont le plus grand nombre de mobiles servis (25 mobiles) alors que pour les autres cellules, le nombre des mobiles servis est entre 17 et 24. Dans cet exemple, nous remarquons qu'il n'y a pas une grande différence de capacité entre ces deux cellules et les autres. Ceci est dû à l'endroit où les mobiles sont concentrés. En effet, comme nous avons placé les utilisateurs entre les stations #1 et #7, la majorité de ces mobiles ont une atténuation très grande par rapport aux deux cellules. Nous n'avons donc pas une capacité de l'ordre de 35 mobiles comme dans le cas du *hotspot* au point (0,0). Afin, de compenser cette perte de capacité due à la couverture, nous pouvons ajouter un répéteur près de cette zone de concentration dans le but d'exploiter les autres mobiles non servis.

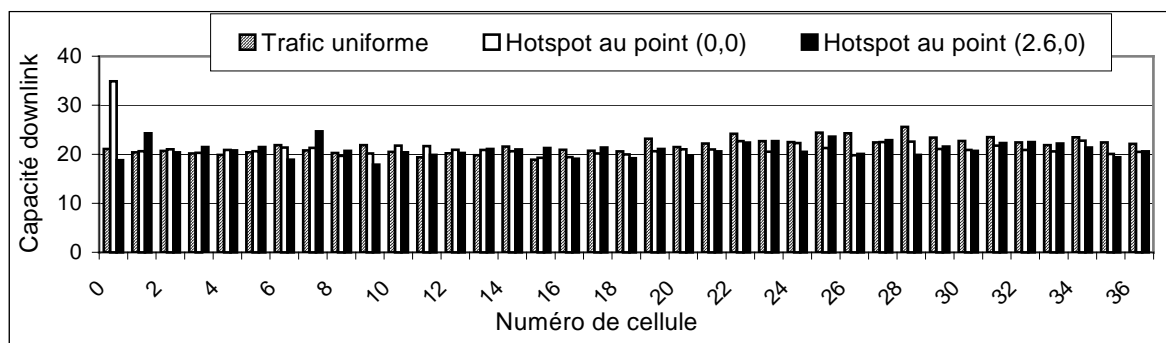


Fig. 4 – Nombre de mobiles downlink dans chaque cellule.

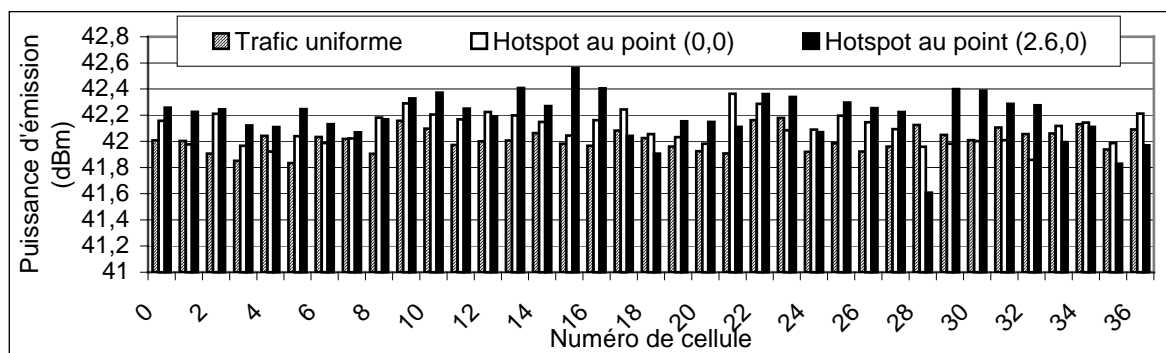


Fig. 5 – Puissance d'émission totale de chaque cellule.

5 Conclusions

Dans ce papier, nous avons analysé par des simulations la capacité des systèmes UMTS-WCDMA à trafic uniforme et non-uniforme. Nous avons montré que la capacité est très dépendante de la distribution du trafic. Dans le sens descendant, les cellules proches d'une zone à forte densité de trafic servent un nombre important

d'utilisateurs. Dans toutes nos analyses, nous avons essayé de dégager quelques recommandations que peuvent consulter les opérateurs afin d'augmenter la capacité dans les zones *hotspot* de leurs systèmes.

Références

- [DLO00] Dehghan S., Lister D., Owen R., Jones P., "W-CDMA Capacity and Planning Issues", *Electronics & Communication Engineering Journal*, pp. 101-118, June 2000.
- [GJW94] Ganesh R., Joseph K., Wilson N., "Traffic Capacity of Cellular Packet CDMA for Varying Cell Size and propagation Scenarios", in *Proceedings of IEEE International Conference on Communications*, New Orleans, LA, May 1994.
- [LWN02] Laiho J., Wacker A., Novosad T., *Radio Network Planning and Optimisation for UMTS*, Editions John Wiley & Sons, 2002.
- [RIM04] Ridha N., Marzoug M., "effect of adding carriers on the downlink capacity and coverage of mixed services WCDMA systems", *Submitted to the IEEE Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, Barcelona, Spain, 5-8 September 2004.
- [SHL00] Sipilä K., Honkasalo Z., Laiho J., Wacker A., "Estimation of Capacity and Required Transmission Power of WCDMA Downlink Based on a Downlink Pole Equation", in *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference*, Tokyo Japan, May 2000.
- [SPN00] Spilling A.G., Nix A.R., "Performance Enhancement in Cellular Networks with Dynamic Cell Sizing", in *Proceedings of IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, London, UK, 2000.
- [WLS99] Wacker A., Laiho J., Sipilä K., Jäsberg M., "Statistic Simulator for Studying WCDMA Radio Network Planning Issues", in *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference*, Houston, USA, 1999.