

Optimisation de la capacité et de la couverture radio d'un réseau UMTS par l'ajout de nouvelles porteuses

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@orangefrance.com

Résumé

Le but de ce papier est d'évaluer l'effet de l'ajout de nouvelles porteuses sur la capacité et la couverture d'un réseau UMTS. Notre analyse montre que la capacité obtenue par cette méthode de densification est pratiquement proportionnelle au nombre de porteuses ajoutées. L'effet des interférences de canal adjacent est presque négligeable sur la capacité. Quand il y a limitation au niveau de la puissance maximale de la station de base, l'augmentation de la capacité descendante est inférieure au nombre de porteuses ajoutées. En outre, l'ajout de nouvelles porteuses peut être utile pour l'amélioration de la couverture radio surtout lorsque la charge radio n'est pas très grande.

1 Introduction

Au début du déploiement des réseaux UMTS, la majorité des opérateurs commencent typiquement avec une seule porteuse déployée sur une couche macro-cellulaire pour garantir une couverture optimale. Lorsque le trafic augmente, une deuxième porteuse (et peut-être plus) est ajoutée au réseau afin d'augmenter la capacité et la couverture ou de diminuer la congestion radio. Intuitivement, l'accroissement de la capacité introduite par les nouvelles porteuses pourrait être égal au nombre de fréquences ajoutées [ZEN99]. Ce-la peut être vrai lorsqu'on ne considère pas les interférences de canal adjacent (*ACI*) et les limitations matérielles (par exemple la limitation de la puissance maximale de la station de base). Cependant, les d'interférences *ACI* doivent être prises en compte dans le déploiement multi-porteuses ou dans le cas de deux opérateurs utilisant deux porteuses adjacentes.

Dans la littérature, la majorité des références [LWN02] [PGS03] [WAL01], traitant les interférences de canal adjacent dans les réseaux UMTS-WCDMA, considèrent fréquemment le cas de deux opérateurs utilisant deux porteuses adjacentes. Le cas de l'optimisation d'un réseau UMTS par l'ajout de porteuses n'est pas totalement abordé [ZEN99]. L'auteur de cette dernière référence ne considère pas l'effet des interférences de canal adjacent et l'effet de limitation de la puissance de la station de base sur la capacité. Dans le présent article, nous allons voir comment l'ajout de nouvelles porteuses influe sur la capacité et la couverture radio du sens descendant d'un système UMTS.

Le reste de cet article est organisé comme suit : dans la section 2, nous allons présenter brièvement les sources des interférences de canal adjacent dans les systèmes UMTS-WCDMA en se basant sur les spécifications 3GPP [TS25101] [TS25104]. 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 Origine des interférences de canal adjacent

Dans les systèmes UMTS, en plus des interférences d'accès multiple, les interférences de canal adjacent ont aussi un impact négatif sur la capacité dans le cas du déploiement multi-porteuses ou dans le cas de l'existence de deux opérateurs utilisant deux porteuses adjacentes [PGS03] [WAL01]. Ces genres d'interférences sont provo-

qués fondamentalement par les imperfections de l'émetteur et du récepteur (*UE : user equipment et BS : base station*) [TS25101] [TS25104].

En ce qui concerne l'émetteur, les principales causes sont les émissions en dehors de la bande (*Out-of-band emissions*). Cette imperfection est définie comme étant les émissions non désirées à l'extérieur de la bande passante. Elle est due au processus de modulation et de la non-linéarité de l'émetteur [TS25101]. Les imperfections au niveau de l'émetteur sont spécifiées par le paramètre ACLR (*Adjacent Channel Leakage power ratio*) qui est défini selon [TS25101] et [TS25104] comme étant le rapport de la puissance d'émissions divisée par la puissance mesurée dans le canal adjacent.

Au niveau du récepteur, les imperfections peuvent être valorisées par le terme ACS (*Adjacent Channel Selectivity*) qui mesure la sélectivité du récepteur c'est à dire sa capacité d'extraire le signal utile et de lutter contre les interférences de canal adjacent.

Les paramètres ACLR et ACS reflétant l'origine des interférences de canal adjacent sont généralement combinés en un seul facteur de protection contre les interférences de canal adjacent. Selon la terminologie 3GPP [PGS03] [TS25101] [TS25104] [WAL01], il s'appelle le ratio d'interférences de canal adjacent. A l'échelle linéaire, ACIR s'écrit en fonction de ACLR et ACS comme suit:

$$ACIR = \frac{1}{\frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}} \quad (1)$$

3 Principes et paramètres de simulations

Dans notre travail, la simulation que nous avons adoptée est une simulation système qui suit une approche statique de Monte Carlo [DLO00] [WLS99]. Dans ce papier, nous avons supposé qu'il y ait 2 ou 3 porteuses dans le système et donc la philosophie de simulation change un peu par rapport à celle décrite dans [WLS99].

Ici, les utilisateurs mobiles sont placés aléatoirement et uniformément dans un réseau UMTS ou les sites sont supposés omnidirectionnel et modélisés par des hexagones. Chaque utilisateur mobile est assigné aléatoirement à une porteuse disponible dans sa station de base serveuse (*best server*). Si les conditions du contrôle d'admission sont atteintes dans cette porteuse, l'utilisateur est ajouté à elle, si non, il est assigné à une autre porteuse. Quand, aucune porteuse ne répond aux conditions du contrôle d'admission de cet utilisateur, il sera alors exclu du réseau. Cette procédure est exécutée pour chaque mobile jusqu'à ce que l'algorithme du contrôle de puissance converge et le réseau atteint un état stable [DLO00] [LWN02].

La simulation est faite pour un réseau UMTS multiservices composé de 37 cellules identiques. Les services utilisés sont le service voix et le service données. Dans le tableau. 1, nous présentons les caractéristiques et le taux de pénétration de chaque service. Nous présentons également dans le tableau. 2 tous les paramètres de simulations utilisés dans ce papier.

Caractéristiques \ Service	Voix	Données	Données
	Débit R_i (kbit/s)	12.2	64
Facteur d'activité	0.67	1	1
E_0/N_0 cible (dB)	5	3.5	3
Taux de pénétration	60	25	15

Tableau. 1– Caractéristiques des services utilisés.

Paramètres de simulation	Valeur
Nombres de cellules	37
Distance inter-sites	1.80 Km
Sectorisation	Omnidirectionnel
Puissance maximale par lien radio	30 dBm
Bruit thermique du lien descendant	-100 dBm
Modèle de propagation	<i>Ukumara-Hata</i> [LWN02]
Facteur d'orthogonalité	40%
BS ACLR	45 dB
UE ACS	33 dB
ACIR	32.7 dB
Débit chip W	3.84 Mcps
Nombre de <i>Snapshot</i>	1000

Tableau. 2– Paramètres de simulations.

4 Résultats de simulations

Dans la figure 1, nous présentons la puissance de la station de base en fonction de la capacité descendante (nombre d'utilisateurs actifs) pour différents nombres de porteuses (1, 2 ou 3 porteuses).

Comme prévu, quand on n'a pas limitation au niveau de la puissance d'émission de la station de base, l'augmentation de la capacité par l'ajout de porteuses au système UMTS est pratiquement égale au nombre de porteuses ajoutées. Par exemple, le point, où la puissance de la station de base est 20W, correspond à 12 utilisateurs dans le cas d'un système utilisant une seule porteuse, 23 utilisateurs dans le cas d'un système à deux porteuses et 34 utilisateurs pour le cas de 3 porteuses. En fait, la perte en capacité par porteuse, introduite par les interférences de canal adjacent, est inférieure à 1%. Ces résultats optimistes sont expliqués par la valeur de ACIR qui est spécifié par les recommandations 3GPP [TS25101] [TS25104]. Comme mentionné dans [TS25101], ACIR sera plus grand que la valeur donnée dans le tableau 2. Donc par conséquent, l'effet des interférences de canal adjacent sur la capacité d'un réseau UMTS est négligeable dans le cas de l'ajout de nouvelles porteuses.

Dans le cas de l'ajout de nouvelles porteuses au système, un point important doit être considéré et traité. C'est le cas où il y a limitation au niveau de la puissance totale de la station de base. Supposons que cette puissance est limitée à 20W et ne pourrait pas être augmentée sous des considérations matérielles. Dans ce cas, Nous sommes obligés à partager la puissance disponible (20 W) entre les porteuses. Donc d'après la figure 1, l'utilisation de deux porteuses configurée chacune à 10W, augmente la capacité seulement jusqu'à 17 utilisateurs. Ainsi, doubler le nombre de porteuses sans augmenter la puissance totale de la station de base mène à une capacité inférieure de 24% à celle qui correspond à un doublement de la puissance. Dans le cas où le nombre de porteuses est triplé sans modification de puissance, la perte en capacité est de l'ordre de 30% comparée au cas où la puissance est triplée.

La figure 2 illustre l'atténuation maximale permise en fonction de la capacité descendante pour différentes configurations. Selon cette figure, nous pouvons montrer que l'ajout de nouvelles porteuses au système peut être utile aux opérateurs UMTS pour améliorer la couverture du réseau. Par exemple, pour le cas d'une capacité descendante égale à 10 utilisateurs, l'atténuation maximale admissible, en cas d'une seule porteuse configurée à 20W, est de 142dB et en cas de deux porteuses configurée chacune à 10W, est de 144dB. Cependant, dans le cas de deux porteuses configurée chacune à 20W cette atténuation est de 147.5dB. Ainsi, l'ajout d'une deuxième porteuse, sans doubler la puissance de la station de base, permet d'augmenter l'atténuation maximale permise de 2dB qui correspond donc à une augmentation relative de couverture égale à 30% d'après le modèle de *Ukumara-Hata* [LWN02]. Lorsque nous ajoutons la deuxième porteuse et nous doublons également la puissance maximale de la station de base, l'atténuation maximale permise est augmentée de 5.5dB qui correspond à une augmentation de 100% en terme de couverture radio.

D'après la figure 2, nous observons que lorsque le système est très chargé et la couverture est limitée, l'upgrade de la station de base en terme d'augmentation de sa puissance n'apporte pas un gain significatif en capacité. Ce cas paraît surtout pour les cellules de petite taille (*zone hotspot*). Prenant le cas par exemple d'une cellule dont

l'atténuation maximale permise est fixée à 130 dB. La capacité obtenue par doublement de la puissance totale de la station de base est pratiquement égale à celle où la puissance reste non modifiée (31 utilisateurs dans le cas de deux porteuses configurée chacune avec 10 W contre 33 utilisateurs dans le cas de deux porteuses configurée chacune avec 20W).

En conséquence, lorsque les cellules sont très chargées et la couverture est réduite, l'upgrade de la station de base en terme d'augmentation de sa puissance d'émission totale est une mauvaise approche puisque la cellule est très chargée et donc la capacité est proche de son asymptote (capacité pôle) [BUR01] [SHL00]. Ainsi, ce n'est pas rentable pour les opérateurs UMTS parce qu'une station de base à faible puissance d'émission est moins chère qu'une autre ayant une puissance plus grande.

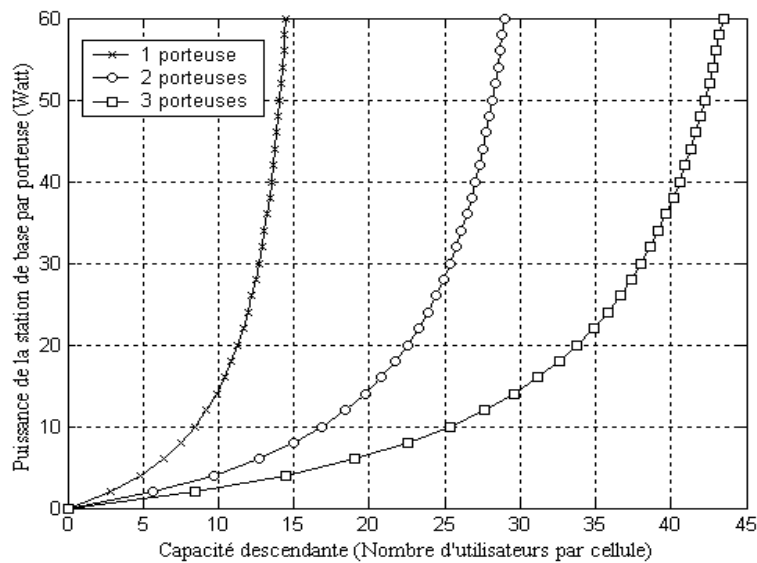


Fig. 1 – Puissance totale de la station de base en fonction de la capacité du sens descendant pour différents nombres de porteuses.

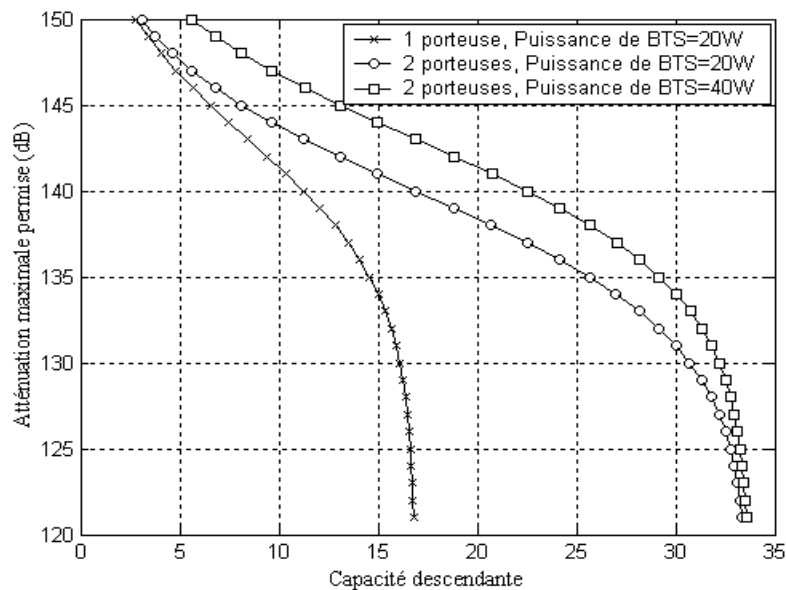


Fig. 2 – Couverture en fonction de la capacité du sens descendant pour différentes configurations.

5 Conclusions

Dans cet article, nous avons exposé l'effet de l'ajout de nouvelles porteuses sur la capacité et la couverture d'un réseau UMTS. Nous avons montré que l'effet des interférences de canal adjacent est pratiquement négligeable et donc l'augmentation de la capacité est proportionnelle au nombre de porteuses ajoutées. L'ajout de ces porteuses doit être tributaire d'un upgrade de la configuration de la station de base mais toutefois cette action d'upgrade ne donne pas de bonnes performances surtout pour les stations de base à couverture réduite (micro-cellule).

Références

- [BUR01] Burley S., "Downlink Capacity Estimation in a WCDMA Cellular Network", in *Proceedings of 12th IEEE Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, San Diego, USA, September 30-October 3, 2001.
- [DLO00] Dehghan S., Lister D., Owen R., Jones P., "W-CDMA Capacity and Planning Issues", *Electronics & Communication Engineering Journal*, pp. 101-118, June 2000.
- [LWN02] Laiho J., Wacker A., Novosad T., *Radio Network Planning and Optimisation for UMTS*, Editions John Wiley & Sons, 2002.
- [PGS03] Povey G., Gatzoulis L., Stewart L., Band I., "WCDMA Inter-operator Interference and Dead Zones", in *Proceedings of 5th European Personnel Mobile Communications Conference*, Scotland, April 2003.
- [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*, Japan, May 2000.
- [TS25101] 3GPP TS 25.101 V6.0.0, "UE Radio Transmission and Reception (FDD)", March 2003.
- [TS25104] 3GPP TS 25.104 V6.1.0, "BS Radio transmission and Reception (FDD)", March 2003.
- [WAL01] Wacker A., Laiho J., "Mutual Impact of Two Operators' WCDMA Radio Networks on Coverage, Capacity and QoS in a Macro Cellular Environment", in *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference*, USA, September 2001.
- [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.
- [ZEN99] Zeger L. M., Newbury M.E., "CDMA Capacity with Added Carriers in a Cellular Network", *Bell Labs Technical Journal*, September 1999.