

Adaptation de la technique W-CDMA à Diff-Serv

Bachar ZOUARI (1)

Hossam AFIFI (2)

Maher BEN JEMAA(3)

(1) Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique «INRIA»
2004 route des lucioles, BP 93, FR-06902 Sophia-Antipolis - France
Phone: 0618378743, E_mail: Bachar.Zouari@sophia.inria.fr

(2) Institut National des Télécommunications à Evry « INT-Evry »
Rue Charles Fourier 91011 Evry France,
E_mail: Hossam.Afifi@int-evry.fr

(3) Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, BPW 3038 Sfax - Tunisia,
ACEM Laboratory,
Phone: 216 (4) 274 088, Fax: 216 (4) 275 595,
E_mail: Maher.benjemma@enis.rnu.tn

Résumé - Les télécommunications ont subi en l'espace de deux décennies des évolutions et bouleversements profonds. Dans le panorama des systèmes de télécommunications, les réseaux mobiles occupent, notamment depuis la fin des années 1980, une place chaque jour plus grande en termes de recherche, d'investissement, de revenus, d'abonnés...

Dans le paysage des télécommunications, le principal facteur de cette révolution est la mondialisation de l'économie, catalysée par les réseaux de télécommunications dont l'Internet est à ce jour le représentant le plus significatif et la croissance exponentielle de la demande qui pousse les opérateurs à développer leurs systèmes et techniques employés et à introduire des méthodes nouvelles et efficaces pour l'optimisation des ressources radio: la **qualité de services**.

Nous essayons d'étudier avec plus de précision le facteur « Qualité de Services » dans les **réseaux cellulaires sans fil** qui est un thème nouveau qui pose un certain nombre de problèmes. D'abord, dans ce genre de réseaux, il est nécessaire de proposer des solutions simples et robustes par mesure de **scalabilité**. Ensuite, la mobilité introduit une notion d'incertitude dans le réseau qu'il est important de prendre en compte. Enfin, vu la rareté de la ressource physique, il est important de l'optimiser au maximum.

Nous présentons un mécanisme très simple permettant de mettre de la qualité de service « **Diff-Serv** » dans un réseau de type **CDMA**. Nous montrons l'avantage d'un tel mécanisme par rapport à d'autres solutions plus "dures". Nous étudions enfin les limites de cette méthode quant au facteur d'échelle (scalabilité), aux contraintes temporelles, au multiplexage et enfin à l'adaptation aux applications actuelles telles que le Web (trafic asymétrique) et la téléphonie sur IP.

Mots clés : Télécommunications, CDMA, réseaux cellulaires sans fil, Qualité de Services "QoS", Diff-Serv, Scalabilité.

Abstract - Telecommunications underwent in the space of two decades of the evolutions and the deep turnovers. In the panorama of telecommunication systems, the mobile networks occupy, notably since the end of 1980's, a place every day bigger in terms of research, investment, incomes, subscribers...

In the landscape of telecommunications, the main factor of this revolution is the globalization of the economy, catalyzed by the telecommunication networks whose Internet is, now, the most significant representative and the exponential growth of the demand which pushes the operators to develop their systems and models used and to introduce new and efficient methods for the radio resources optimization : the **Quality of Services**.

We try to study of more precision the factor **Quality of Services** in **wireless cellular networks** which is a new theme which install many problems. At first, for this kind of networks, it is necessary to propose an easy and robust solutions by measure of **scalability**. Then, the mobility introduces an incertitude notion into the network, that it is very important to take on consideration. Finally, because of the resources scarce, we must optimize it well.

We introduce to the end a very easy mechanism allowing quality of service « **Diff-Serv** » in the **CDMA** network. We show the advantages of such a mechanism in comparison with other "harder" solutions. Finally, we study the limits of this method as for scalability, for the temporal constraints, for the multiplexing and finally for the adaptation to the current applications such as Web (asymmetric traffic) and IP telephony.

Key Topics: Telecommunications, CDMA, wireless cellular networks, Quality of Services "QoS", Diff-Serv, Scalability

1. Introduction

Les réseaux mobiles deviennent de plus en plus complexes, et par suite, l'introduction de nouveaux services coûte de plus en plus cher aux opérateurs de ces réseaux. Ce qui pousse ces derniers à rechercher une solution répondant aux conditions suivantes:

- ❖ Interopérabilité, i.e. l'ensemble des terminaux peuvent profiter des services de l'opérateur quelque soit leur constructeur, leur méthode d'accès, etc...

- ❖ « Scalability » l'opérateur doit être capable de dimensionner les ressources nécessaires aux services en fonction des besoins des clients. Ceci prend de même en compte la simplicité de mise en oeuvre et de gestion globale.

- ❖ Qualité de service répondant aux attentes de l'opérateur et donc à celles des utilisateurs, et en adéquation avec les caractéristiques du réseau.

La première génération des communications entre mobiles est analogique (AMPS, TACS et NMT). La deuxième génération permet en plus les services de données (GSM, DAMPS, PDC, IS-95). La notion de qualité de service existe déjà dans la mesure où un utilisateur a accès à un canal de bande passante fixe et dans certains cas de la norme il est possible de demander à travers la signalisation, plusieurs canaux additionnels (CBR).

La troisième génération ajoute les performances du multimédia à la plate-forme de la 2^{ème} génération en se basant sur un haut débit (2 Mbits/s), l'accès à Internet (IP)[8] et l'introduction des paquets de données. Cette génération est appelée aussi (UMTS/IMT2000) Universal Mobile Telecommunication System / International Mobile Telecommunication in year 2000.

Malgré que le GSM (Global System for Mobile Communications)[18], standard de l'ETSI (the European Telecommunications Standards Institute) se base sur la technologie TDMA : (Time Division Multiple Access)[30], l'UMTS et 3GPP se basent plutôt sur une technologie plus prometteuse qui est le CDMA (Code Division Multiple Access)[12][13][22][24]. Ainsi que le PCS (Personal Communications Services) qui représente la dernière vague en matière de réseaux cellulaires à 1900 Méga-hertz et utilise le CDMA pour le multiplexage.

1.1 La Technologie W-CDMA [10,17,19,21,23]

Après la numérisation de la voix et sa compression, le CDMA[25][26] utilise une technique d'étalement de spectre qui étale le signal sur toute la largeur de bande du canal de 1.25 Mhz. Chaque bit est dupliqué 2 fois pour pouvoir récupérer le signal même s'il est erroné par les mécanismes de FEC[20] (Forward Error Correction); ensuite dupliqué 64 fois(c'est l'étalement de spectre). Il est ensuite appliqué à un ou exclusif avec un code portant le nom de "Walsh" qui permettra l'identification de chaque conversation parmi les autres.

A la sortie est ajouté une chaîne binaire qui est un nombre pseudo-aléatoire qui sert à identifier toutes les conversations d'un même canal. Il est donc important d'indiquer que le CDMA[27][28] est caractérisé par l'utilisation de deux codes différents; le premier sert à l'étalement du spectre "Spread Spectrum"[14] sur toute la largeur de la bande passante

offerte par le canal. C'est le code qui différencie entre les utilisateurs d'un même canal et ceux d'un autre canal. Et le deuxième, qui est le code Walsh de Hadamard qui, en plus de la différenciation entre les utilisateurs, a un rôle très important dans le principe de communication, puisque c'est lui qui réalise l'orthogonalité entre les utilisateurs du même canal. Le débit du CDMA[29] commence à 9600 b/s. Il peut atteindre un débit de 1.23 Mb/s. Toutes les conversations sont modulées sur une porteuse de 800 Mhz. La figure. 1 montre bien le mécanisme utilisé par la technique CDMA pour la transmission des données.

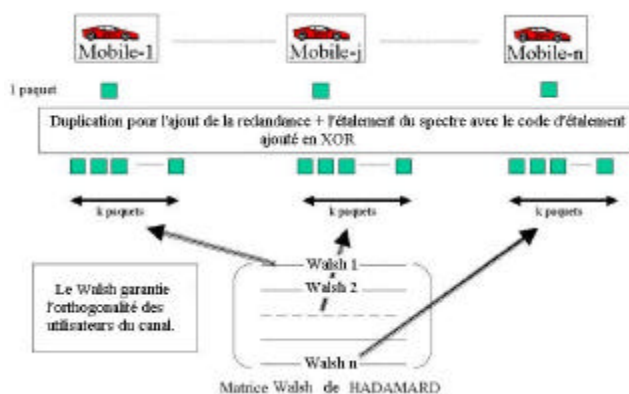


Figure. 1 : le principe du W-CDMA

A la réception, le signal reçu est converti en bits, ajouté au code Walsh et à la séquence de corrélation pour trouver les messages originaux transmis. Le code "Walsh" est un ensemble de séquences binaires orthogonales avec une énergie à deux dimensions et peuvent être générés par des méthodes récursives dans la station de base.

En résumé, les avantages du CDMA incluent : l'augmentation de la capacité de 8 à 20 fois celle d'un système analogique et de 4 à 5 fois celle d'un système GSM, une qualité du signal de très haut niveau, un système de planification des fréquences simplifié avec l'utilisation des mêmes fréquences pour tous les secteurs de toutes les cellules, moins d'énergie et donc l'augmentation du temps de conversation pour les utilisateurs c'est à dire augmentation de la durée de vie des piles, la bande passante est flexible, très bonne résistance aux interférences et une très bonne performance en termes de sécurité.

1.2 Approche DiffServ[1][15]

Deux méthodes principales définies dans les standards de l'IETF pour appliquer la différenciation de services dans les flux Internet : « Assured Forwarding »[2] ou AF qui définit un comportement particulier du routeur dans un réseau DiffServ permettant d'offrir des services différenciés à différents types de flux. Nous ne nous attarderons pas trop la-dessus vu l'abondance des études faites sur le sujet. Nous introduisons uniquement les points nécessaires à la compréhension de notre approche. AF permet d'offrir des niveaux différents d'assurance de service pour les paquets IP en provenance des utilisateurs du réseau. Dans AF, on définit quatre classes de service, à chacune de ces classes, on alloue une certaine proportion des ressources [9](Espace mémoire et Bande passante).

Dans chaque classe, on distingue trois valeurs de précedence de rejet (Dropping Precedence). En cas de congestion, la précedence de rejet d'un paquet détermine son importance dans la classe AF. Un routeur DiffServ congestionné fera de telle sorte à protéger les paquets ayant des valeurs de précedence de rejet faibles. L'implémentation de AF nécessite un algorithme dynamique de gestion de files d'attente tel que WRED[6][7] qui soit capable de fournir plusieurs niveaux de précedence de rejet et associer à chacun de ces niveaux une fonction de probabilité de rejet différente. Ainsi, nous bénéficions pleinement des ressources inutilisées du réseau.

Et Expedited Forwarding[3] ou EF qui spécifie le fonctionnement d'un routeur DiffServ envers un agrégat de flux particulier ayant des exigences de délais et de bande passante. EF garantit à cet agrégat de recevoir un taux de service qui soit supérieur ou égal à une certaine valeur qui peut être configurée par l'administrateur du réseau.

Le trafic EF doit recevoir les ressources qui lui sont allouées indépendamment des autres trafics qui partagent la même liaison. L'implémentation de EF dans un routeur peut se faire via plusieurs mécanismes d'ordonnancement tels que Priority Queuing, Class Based Queuing[4] ou Weighted Round Robin[5].

2. W-CDMA adapté à DiffServ

Avant de présenter notre contribution, il est intéressant de tenter de répondre à la question: Faut-il adapter DiffServ au CDMA ou vice-versa. D'un point de vue "Radio", certains pourraient envisager de proposer des modifications à DiffServ afin de mieux s'adapter aux caractéristiques du médium. La vision de la communauté réseau[11][16] (essentiellement l'IETF et le groupe PILC) va à l'opposé de cette idée. Etant donné que le but final est le transport de protocoles IP[8], il est donc logique de moduler le CDMA ou toute autre technique de transmission aux caractéristiques de IP. C'est l'optique de notre proposition.

Ce qu'on utilisera pour optimiser les ressources radio dans les communications basées sur la technique CDMA est semblable au concept de qualité et de différenciation de services décrit en haut. Ce sont les codes attribués aux différents utilisateurs pendant la phase de demande d'accès au canal qui vont constituer la base de la gestion des ressources dans les canaux CDMA. Nous proposons donc plusieurs politiques d'attribution de codes.

En intégrant le concept de différenciation entre les utilisateurs et de maximisation des ressources radio, on peut parler de gain en performance au niveau capacité et qualité ; où chaque utilisateur de la classe privilégiée n'aura pas un canal statique à son service mais plutôt un meilleur niveau de service que les autres utilisateurs du canal. Afin de réaliser cet objectif, on va diviser le trafic en deux voies : « UPLINK » et « DOWNLINK ».

2.1 La voie directe " Up Link "

le paramètre de classification sera l'utilisation de la bande passante. On peut envisager quatre classes différentes de services:

- ❖ « Excellente »: La première classe sera la meilleure et la plus chère: elle est caractérisée par le fait qu'elle attribue à cet utilisateur 5 points de service et il aura toujours le meilleur niveau de service.

- ❖ « Très Bonne »: la deuxième classe qui sera un peu moins bonne que celle d'en haut puisqu'elle va garantir 4 points de service offerts à cet abonné.

- ❖ « Bonne »: c'est la troisième classe, elle donne à son abonné 3 points de service.

- ❖ « Satisfaisante »: la quatrième classe qui n'offre que 2 points de service pour son abonné.

En effet, le débit de transmission des paquets varie suivant la classe correspondante de chaque utilisateur. Précisément, un code de base unique est attribué à chaque utilisateur ; ce code représente en termes du mode AF (Three color Marker), les paquets émis de couleur verte et qui doivent dans la majorité des cas traverser le réseau sans pertes. Deux ensembles de codes additionnels sont attribués, le premier représentant le trafic de couleur orange et le second le trafic de couleur rouge. Pour émettre sur le code de service, l'utilisateur utilise un code d'étalement de spectre et de différenciation qui est unique pour lui seul et un Walsh qui lui sera aussi unique.

Dans les deux ensembles de codes additionnels, l'utilisateur utilise un code d'étalement de spectre et de différenciation qui est unique pour lui seul et il utilise un Walsh partagé par d'autres utilisateurs. Le nombre d'utilisateurs utilisant le même Walsh définit statistiquement le taux de pertes prévues sur ce code et donne donc une différenciation de service. Pour diminuer de manière générale le nombre de collisions, il faut :

- ✓ que la taille des paquets ne soit pas grande.

- ✓ Limiter l'attribution du même code à plusieurs utilisateurs.

- ✓ En plus, l'émission des paquets ne peut être que rarement simultanée pour les utilisateurs qui utilisent le même code, vu la taille des paquets qui est petite et la nature asynchrone de la transmission CDMA.

- ✓ Noter que dans une grande majorité des cas, les paquets du Uplink sont moins nombreux que ceux du DownLink car ils représentent des acquittements de paquets TCP arrivant au terminal.

Il n'existe pas un mécanisme permettant de détecter des bits perdus ou erronés d'un fichier transféré au niveau CDMA car il est principalement basé sur l'étalement de spectre qui considère qu'une collision peut être due simplement à des chemins multiples du même signal; ce niveau d'erreur est géré par TCP[8].

Comme le multiplexage statistique montre qu'on n'a jamais 100 % des ressources allouées pendant un temps bien déterminé, l'estimation des ressources allouées pendant ce temps est de 70 %, c'est à dire dans notre cas, il n'y pas "N" codes qui sont utilisés à un instant précis mais par contre "70% * N" de l'ensemble des codes qui sont effectivement utilisés. Il est donc utile d'utiliser cette bande passante additionnelle dans le cadre de DiffServ.

La station de base regroupe les paquets 64 par 64 suivant le nombre de séquences offertes par la matrice de Hadamard et utilise cette matrice pour envoyer les paquets restants qui n'ont pas subi de collisions, regroupés sans la crainte qu'il y

aura interférence ou perte de performance à l'intérieur du canal.

2.2 La voie descendante « Downlink »

La voie descendante est plus simple à gérer dans la mesure où la station de base contrôle tous les flux ainsi que les codes vers les terminaux. Elle transmet en parallèle les 64 paquets vers leurs destinataires. La solution envisagée consiste ici aussi à proposer une sur-utilisation des codes en attribuant le même code à plusieurs utilisateurs. Dans ce cas, la couche 3 (IP) distinguera les paquets destinés au terminal de ceux qui ne lui sont pas dédiés. L'ingénierie ici consiste à identifier le nombre de codes par priorité et le nombre d'utilisateurs par codes afin de trouver un compromis entre l'utilisation du médium et la qualité de service.

3. Expérimentations, Simulations et résultats

Les mobiles, dans leurs accès au réseau, sont totalement décorrolés les uns des autres puisque chacun d'eux peut être assimilé à une source "ON-OFF" indépendante et isolée de toutes les autres sources qui partagent avec elle les ressources radio. En effet, une fois connecté, l'utilisateur devient le "maître" de cette liaison; il commande la quantité et le temps d'émission des différentes informations et données à transmettre. L'émission des paquets pour chaque mobile est totalement indépendante l'un de l'autre. De ce fait, la nature du trafic n'est pas la même tout le temps, au contraire, elle varie toujours en fonction de l'utilisateur et de la taille des applications. Ce trafic peut être modélisé par une loi exponentielle caractérisée par deux paramètres qui déterminent le temps où la source est ON " t_{ON} " et celui où la source est OFF " t_{OFF} ". Ce sont ces deux paramètres qui vont caractériser le trafic d'émission des données. Ces deux paramètres apparaissent dans la figure.2 ci-dessous qui montre la sortie d'une source "ON/ OFF":



Figure. 2 : modèle de sources On_Off

En appliquant le mécanisme "diffServ" pour un code Walsh partagé par "k" utilisateurs, on peut optimiser encore les ressources radio. La différenciation de service peut être réalisée en utilisant le "Token Bucket". Cette technique est représentée par un tampon "seau" de taille "b" jetons, ces derniers sont générés à un rythme constant de "r" jetons par seconde. A l'arrivée d'un paquet, le nombre de jetons disponibles dans le seau va déterminer si le paquet sera teinté "RED", "ORANGE" ou "GREEN". Si le paquet aura la couleur "GREEN", alors un nombre de jetons proportionnel à la taille du paquet sera diminué du seau. C'est la couleur du paquet qui déterminera le code qui servira à sa transmission. En effet, les paquets "GREEN" seront émis avec le code principal nécessaire à la connexion de chaque utilisateur, les paquets "ORANGE" utiliseront un code partagé entre "j" utilisateurs et les "RED" seront transmis avec un code partagé entre "i" utilisateurs. En notant que ($i > j$). La figure.3 montre le principe du Token Bucket:

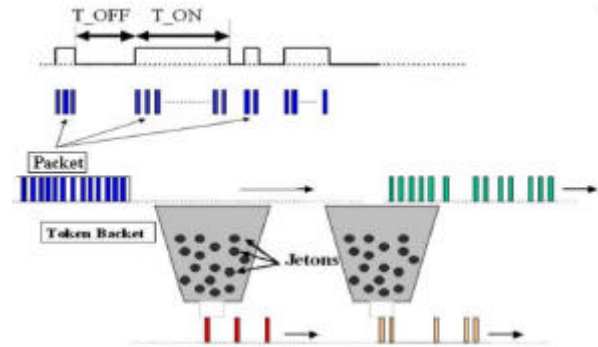


Figure. 3 :DiffServ's token bucket

Il y aura des décalages entre les paquets et la perte ne portera que sur les collisions entre les paquets rouges et les paquets oranges des différents utilisateurs qui sont transmis chacun avec le code correspondant à sa famille. Alors que le trafic vert sera transmis en se basant sur les codes principaux de chaque utilisateur. Ceci est montré sur la figure. 4.

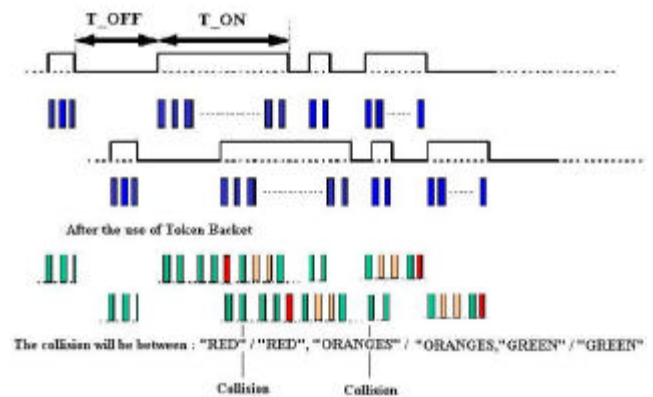


Figure.4 :Trafic généré par le token bucket

En fonction de ces deux approches, et en faisant plusieurs simulations pour différents nombre d'utilisateurs qui émettent sur le même code, on peut localiser le trafic trouvé entre deux limites ("limite_min" & "limite_max"), on peut aussi tracer le trafic moyen, ceci nous donne les résultats illustrés par la Figure. 5 suivante:

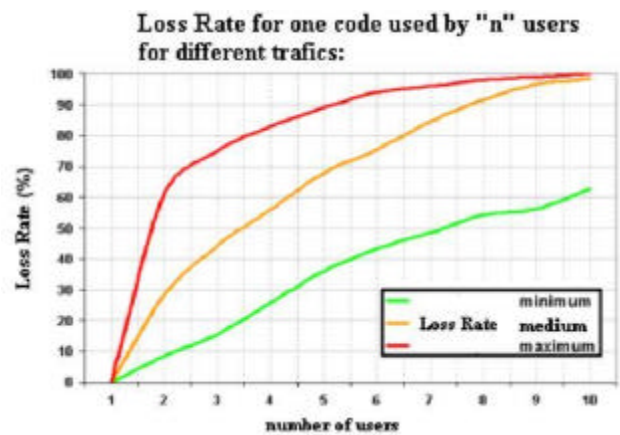


Figure. 5 : Taux de perte avec token bucket

On remarque que le taux de perte diminue. En effet, les collisions diminuent d'où le taux de perte aussi. La figure. 6

suivante montre la performance d'un canal en terme de collisions dans le cas où nous attribuons les mêmes codes à plusieurs utilisateurs d'un trafic **Internet** généré par un **réseau de serveurs au sein du réseau expérimental**, un gain statistique est très visible pour des codes partagés par un petit nombre d'utilisateurs. Il est donc utile d'adopter cette méthode. Le choix du nombre d'utilisateurs par code reste une question relative au "business model" adopté par l'opérateur. Il peut favoriser la quantité d'utilisateurs tout comme la qualité du service différencié offert.

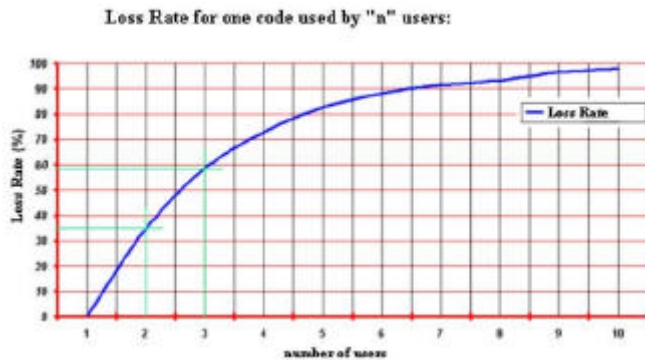


Figure. 6 : performance avec générateur de trafic Internet

On remarque que le type de trafic a une grande influence sur les résultats. Ceci est expliqué par le fait qu'en réalité, le canal peut évoluer durant la journée, la semaine et les mois suivant les besoins et les activités des utilisateurs .

4. Adaptabilité aux standards actuels

La signalisation dans les 3 GPP est basée sur une architecture en couches utilisant la technique TDMA des GSM ou W-CDMA des UMTS. La couche **Radio Resource Control** (RRC) est responsable de la négociation de la qualité de service durant l'établissement du canal. Il est bien clair que quelques canaux peuvent être réservés et partagés par tous les utilisateurs pour offrir de la qualité de service additionnelle. On voit bien que notre algorithme proposé peut être facilement implémenté sur un **ISP** et déployé tout simplement en utilisant la signalisation existante.

5. Conclusion

Les ressources radio sont limitées et c'est pour cette raison qu'on doit les optimiser bien. Le fait qu'on utilise des codes de (DiffServ) et d'autres de base, ceci nous permet d'accomplir cet objectif. En effet les codes de base sont utilisés pour transmettre les informations principales et les plus importantes du flux d'émission. Ils sont aussi utilisés pour les retransmissions. Par complémentarité, les codes de service sont utilisés pour transmettre les autres informations du flux en un débit plus élevé. En cas de collisions, les retransmissions seront garanties comme prévu par le protocole TCP en utilisant les codes de base.

Le fait que deux utilisateurs emploient le même code en même temps n'affecte pas les autres utilisateurs du tout puisque ce code est orthogonal à tous les autres codes. Ceci introduit seulement une collision entre les deux utilisateurs concernés (qui utilisent le même code). Avec l'utilisation de cette méthode, on gagne environ 50% de la capacité des

ressources comme c'est indiqué par les résultats des simulations logicielles et matérielles portés sur les différentes figures présentées. La prochaine étape de nos travaux sera le test de la même technique sur une plateforme matérielle complète pour valider encore les résultats expérimentaux trouvés.

6. Références

- [1] S.Blake, D.Black, M.Carlson, E.Davies, Z.Wang, W.Weiss. "Year architecture for Differentiated Services", RFC 2475, December 98.
- [2] J.Heinanen, F.Baker, W.Weiss, J.Wroclawski., "Assured Forwarding PHB Group", RFC 2597, June 99.
- [3] V.Jacobson, K.Nichols, K.Poduri. "Year Expedited Forwarding PHB", RFC 2598, February 99.
- [4] S.Floyd, V.Jacobson. "Link-shring and Resource Management Models for Packet Networks", IEEE / ACM Transactions on Networking, Flight. 3 No. 4, August 95.
- [5] A.Demers, S.Keshav, S.Shenker. "Analysis and Simulation of has Fair Queuing algorithm", ACM SIGCOMM'89, Flight. 19 No 4 pl-12, september 98.
- [6] S.Floyd, V.Jacobson. "Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance", IEEE / ACM Transactions on Networking, August 93.
- [7] White Paper, "Cisco IOS (TM) Software Quality of service Solutions", <http://www.cisco.com/>, 98.
- [8] W.R.Stevens, TCP / IP règles et protocoles.
- [9] Charrat T. Charki N. Etude des réseaux cellulaires.
- [10] W-CDMA: "The Technology Basis of a European Third-generation Mobile Communication System: IEEE Communications Magazine. February 2000.
- [11] Jean-gabriel Remy, Jean Cueugnet, Cedric Siben. "Systèmes de radiocommunications avec les mobiles". Eyrolles "CNET ENST", 2nd edition.1996 648 pages.
- [12] Sami Tabbane, «Reseaux Mobile», Hermes "reseaux et communication" 1997 620 pages
- [13] Air Interfaces: "CDMA(How it Works, Network Offering, Benefits, Handoffs)", <http://www.lucent.com/>
- [14] "Spread Spectrum Technique", <http://cobalt.et.tudelft.nl>
- [15] "An architecture for Differentiated Services" , <http://www.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>
- [16] "Cellular Technologies Of The World" , <http://www.cellular.co.za>
- [17] "CDMA One/CDMA 2000/W-CDMA (A Decade of Success)", <http://www.cdg.org>
- [18] "GSM / GPRS", <http://www.etsi.org>
- [19] "Spread Spectrum of W-CDMA", <http://sss-mag.com>
- [20] "Forward Error Correction / CDMA and W-CDMA" , <http://www.cs.berkeley.edu>
- [21] "The development of Wideband CDMA", <http://www.ewh.ieee.org>
- [22] «Codes for CDMA », <http://www.ece.umn.edu>
- [23] "W-CDMA systems", <http://www.comlab.hut.fi/opetus>
- [24] «CDMA», <http://eesum.ece.utep.edu>
- [25] "Wireless Symposium (CDMA Communication Systems)", <http://www.icucom.com>
- [26] "CDMA comes to Belltown", <http://www.teledotcom.com>
- [27] "Wireless Data Growth With High-Speed, Packet-Switched CDMA Platform", <http://www.3com.com>
- [28] "Multiuser Detection for CDMA", <http://www.ee.vt.edu>
- [29] "FDMA/TDMA/CDMA", <http://www.otstele.com>