

Localisation dynamique des utilisateurs dans les réseaux cellulaires

Hakim Taleb, Samir Sadou, Pr. Lalam Mustapha

Département d'informatique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou, ALGERIE

h_taleb@yahoo.fr

Sad_samir2003@yahoo.fr

.....

RÉSUMÉ. Le succès enregistré par les réseaux cellulaires est une réalité qui n'est pas à démontrer ; leur prédominance et leur popularité en est une preuve. Les réseaux cellulaires se voient ainsi confrontés à un nombre, de plus en plus, grandissant d'abonnés. Cette situation n'est pas sans faire naître de nouveaux défis auxquels des solutions doivent être apportées, toute en s'inclinant devant des contraintes liées à l'utilisation de l'interface radio telle la bande de fréquence disponible, maigre et rare. La gestion de la localisation des utilisateurs est l'un des champs d'études qui a suscité un vif intérêt auprès des chercheurs ces dernières années. Ce présent papier présente un nouveau schéma de gestion de localisation dynamique qui prend en considération la composante comportementale des abonnés.

ABSTRACT. The cellular network has seen an amazing growth these last years. It's popularity and success constitute a proof. Therefore, the cellular network today has to deal with a huge numbers of subscribers, particularly in order to take in account there data traffics with constraint of limited bandwidth. Location management is one of the research's fields been taken an attention. It is a key to guarantee knowledge about the location on the mobile terminal when moving in order to get attach with the user. In this paper, we present a new dynamic location management scheme witch attempt to preserve the network bandwidth in order to serve the maximum of network's users. This new location management scheme is based on the user's behavior in term of arrival call and user movements.

MOTS-CLÉS : gestion de la localisation, mise à jour de la localisation, paging, schéma de gestion de localisation statique, schéma de gestion de localisation dynamique.

KEYWORDS: location management, location update, paging, static location management scheme, dynamic location management scheme.



1. La gestion de la localisation dans les réseaux cellulaires

La mobilité dans les réseaux cellulaires a conduit à la mise en place des solutions qui vise à suivre les abonnés dans leurs déplacements. Un besoin primordial d'une méthode de gestion de localisation apparaît alors. Ce besoin c'est accentué par l'essor pris par les réseaux cellulaires et par la nécessité d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles. Cette optimisation passe par un schéma de gestion de localisation qui réduit l'effort engagé pour la localisation au profit du trafic utilisateur. Les schémas actuels sont des schémas statiques qui, de part leur conception qui ne tient pas de l'individualité des utilisateurs, n'excellent pas dans leurs performances. De nouveaux schémas, qui tiennent compte de cet aspect sont alors apparus ; les schémas dynamiques. Objectif de ce papier. La gestion de la localisation fait intervenir deux procédures de bases qui sont :

- la mise à jour de localisation (LU : Location Update), c'est le mécanisme qui sert à mettre à jours les informations de localisations des abonnés.
- le paging, c'est un avis de recherche d'un abonné lancé dans les cellules où il est plus probable de s'y retrouver. C'est un message de diffusion.

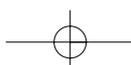
La procédure de mise à jour de localisation et la procédure de paging sont deux procédures diamétralement opposées. Ceci implique que toute optimisation des algorithmes de gestion de localisation doit appréhender ces deux paramètres de paire.

2. Panorama des schémas de gestion de localisation.

On présente dans ce qui suit un panorama, non exhaustif, des solutions proposées dans la littérature, pour gérer la localisation des abonnés. Cette présentation est axée sur deux aspects, à savoir : la procédure de mise à jour et la procédure de paging.

2.1. Mise à jours de la localisation.

La procédure de mise à jour de la localisation permet au réseau de suivre les déplacements de l'utilisateur, désigné par son terminal mobile, et d'informer le système de son emplacement. Le terminal rapporte alors selon la stratégie de mise à jour adoptée sa nouvelle localisation. Le réseau met ainsi à jour ses informations de localisation. Chaque opération de mise à jour implique une surcharge pour le réseau, en terme d'utilisation des ressources fréquentielles et en termes de communications dans le réseau cœur. Plusieurs stratégies et schémas de mise à jour de la localisation ont été proposés dans l'optique de réduire le coût des opérations de mise à jour. Ces schémas peuvent être subdivisés en deux catégories distinctes : **statique** et **dynamique** [04,05].



Les schémas statiques sont ceux selon lesquels le réseau pilote les opérations de mise à jour. Tous les mobiles obéissent aux mêmes règles de mise à jour, indépendamment de leurs comportements. Ce type de schémas est caractérisé par la faible complexité. Cependant, il engendre de mise à jour assez important. Parmi les stratégies statiques, on distingue : la mise à jour basée sur le concept des cellules de notification [01], et la mise à jour basée sur le concept de zone de localisation [02].

Les schémas dynamiques [06] sont ceux pour lesquels l'utilisateur décide de la nécessité d'une mise à jour de sa position. Ils proposent des solutions où prime l'individualité des abonnés; le schéma s'adapte à chaque abonné afin de donner des meilleures performances. En revanche, ces schémas requièrent un traitement supplémentaire lié à l'aspect individuel des abonnés. Pour assurer l'individualité, le système instaure et maintient un profil pour chaque abonné qui indique les habitudes observées pour cet abonné. Le comportement de mobilité de l'utilisateur dans le passé est pris en considération pour construire la liste des cellules les plus probables où l'utilisateur peut y être. La difficulté et la complexité sont des aspects auxquels ces schémas doivent faire face.

2.2. Paging

Pour augmenter la capacité des réseaux cellulaires à absorber le flux continu des abonnés, les concepteurs se sont orientés vers une architecture axée sur des cellules de taille réduite. Cette orientation s'est vite heurtée à de nouveaux défis, engendrés par le nombre important de cellules à gérer. L'un de ces défis est lié aux algorithmes de paging qui, de plus en plus, s'effectuent sur un ensemble grandissant de cellules. Ce qui augmente le coût engendré par ce type de procédure. Plusieurs recherches ont abordé cette problématique pour mettre au point des stratégies de paging qui minimisent le nombre de ressources radio et le temps de réponse nécessaires pour la localisation.

Parmi les solutions proposées on retient : **(i)** le paging simultané (blanket paging), mécanisme implémenté par GSM. Dans ce schéma, toutes les cellules appartenant à la dernière zone de localisation du mobile sont simultanément sondées. **(ii)** le paging séquentiel, par contre, évite d'interroger simultanément la totalité des cellules d'une zone de localisation. Il suggère alors de diviser l'air concernée par le paging en un ensemble de cellules appelé région de paging (PA : Paging Area). Un cycle de paging correspond à l'interrogation d'un PA. La conception des régions de paging, et le nombre de cellules associé à chaque région sont des facteurs de poids qui influent directement sur les performances de cette solution. **(iii)** le paging intelligent, variante améliorée du paging séquentiel dans lequel les régions de paging sont conçues de la sorte à ce que les cellules, où l'utilisateur est plus probable de s'y trouver, sont interrogées en premier lieu. Basé sur un principe probabiliste, le paging intelligent vise à atteindre le mobile dans le premier cycle de paging, avec une probabilité de succès élevée.



3. Schéma de gestion de localisation dynamique proposé

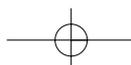
Les algorithmes de gestion de localisation, implémentés dans les réseaux cellulaires actuels (GSM) sont pour la plupart des algorithmes fondés sur une définition statique des zones de localisation. Dans le sens où l'association des cellules aux zones de localisation est invariante, ou très peu, dans le temps, et l'ensemble des utilisateurs suivent la même configuration indépendamment de leurs comportements individuels. Partant de la constatation que tous les abonnés n'ont pas les mêmes caractéristiques comportementales, dans l'espace et dans le temps, il est assez clair qu'on ne peut leur appliquer, d'une façon efficace, une méthode de localisation qui les met tous dans la même configuration des zones de localisation. Le schéma de gestion de localisation proposé tente, à juste titre, de capturer le comportement général, en termes d'historique de mobilité et d'appels entrants, de chaque utilisateur. Ce comportement antérieur est exploité afin de prédire le comportement futur dans l'optique de construire, dynamiquement et de manière individuelle, pour chaque utilisateur sa zone de localisation et de déterminer les régions de paging les plus probables où l'utilisateur peut s'y trouver.

3.1. Profil utilisateur et historique de mobilité

Le schéma de gestion de localisation proposé s'appuie sur les profils utilisateurs afin de déterminer dynamiquement et individuellement les zones de localisation associées à chaque abonné, et de déterminer les zones de paging les plus favorables. Le profil utilisateur stocke l'historique de mobilité de l'utilisateur. Ceci revient à sauvegarder le nombre des transitions effectuées entre les cellules et le nombre d'appels reçus dans chaque cellule. Le mobile maintient pour chaque cellule A visitée un compteur $N_{A,B}$ qui traduit le nombre de transition entre la cellule A et la cellule voisine B . Ce compteur est mis à jour pour chaque transition effectuée. Le mobile gère également, pour chaque cellule, un compteur I_A qui traduit le nombre d'appels reçus dans la cellule et qui est mis à jour pour chaque appel entrant. Le profil utilisateur peut être vu comme étant l'association de deux paramètres : $N_{A,B}$ et I_A . Pour capturer le comportement des abonnés, une période d'apprentissage et d'identification est nécessaire.

3.1.1. Probabilité de visite et de mouvement

Plusieurs approches de gestion de localisation représentent les abonnés comme une population uniforme dont le comportement individuel de chacun n'est pas pris en considération. Le schéma de gestion de localisation proposé apporte une solution à cette faiblesse de représentation en calculant pour chaque cellule, et pour chaque utilisateur, des probabilités qui traduisent la priorité des déplacements effectués à partir de cette cellule vers toutes les autres cellules adjacentes, chacune à part. Ces différentes probabilités sont calculées à base des valeurs du compteur $N_{A,B}$ stockées en local par le



terminal et transmises au réseau afin d'être utilisées pour déterminer, au besoin, une nouvelle zone de localisation. L'algorithme général de calcul est donné comme suit :

- à chaque mouvement effectué d'une cellule A en direction de la cellule voisine B, le mobile incrémente son compteur $N_{A,B}$.

- à la demande du réseau, le mobile lui transmet le contenu des compteurs $N_{A,B}$ tout en les réinitialisant à zéro.

- le réseau calcule, ou met à jour, les probabilités assignées aux mouvements de l'utilisateur. Le calcul des probabilités est donné par la formule classique suivante :

$$P_{A,B} = N_{A,B} / N_{A,*} \quad (1)$$

Où $N_{A,*}$ représente le nombre total des mouvements dont l'origine est la cellule A, et la destination est l'une des cellules adjacentes.

3.1.2. Probabilité de résidence

La probabilité de résidence se réfère à la probabilité, associée à un utilisateur, de résider dans une cellule donnée. Elle est calculée par le réseau lors d'un appel entrant pour identifier les régions de paging, selon la formule suivante :

$$P_A = I_A / S \quad (2)$$

Où : P_A : est la probabilité que l'utilisateur réside dans la cellule A

I_A : le nombre d'appels reçus par l'utilisateur dans la cellule A

S : le nombre total d'appels reçus par l'utilisateur dans toutes les cellules appartenant à sa zone de localisation actuelle.

3.2. Présentation des algorithmes de gestion de localisation

Le schéma de localisation proposé repose sur la définition d'un profil utilisateur qui capture son comportement général. Ce profil est utilisé pour prédire le comportement futur de l'utilisateur. La procédure de localisation assigne à chaque utilisateur une zone de localisation comportant un ensemble de cellules dont la probabilité que les futurs mouvements de l'utilisateur s'y effectuent à l'intérieur est la plus élevée. Quant à la procédure de paging, elle repose sur un paging intelligent à deux cycles, et dans lequel la probabilité que le paging aboutisse dans le premier cycle est importante.

3.2.1. Algorithme de mise à jour de localisation

La mise à jour de la localisation de l'utilisateur survient lorsque ce dernier franchit une cellule qui ne fait pas partie de sa zone de localisation actuelle. Au bout de cette mise à jour, l'utilisateur se voit affecté une nouvelle zone de localisation. Déterminée par le réseau à base du profil utilisateur déjà construit, la nouvelle zone de localisation prédit les futures cellules les plus probables que l'utilisateur, a priori, va visiter. La construction de la nouvelle zone de localisation est initiée par la cellule qui a provoqué

le déclenchement de la procédure de localisation ; en partant de cette cellule, l'algorithme parcourt les cellules avoisinantes et décide, parmi ces cellules, celles élues pour faire partie de la nouvelle zone de localisation. Le processus est réitéré pour les cellules nouvellement ajoutées.

2.1.1. Algorithme de paging

La procédure de paging proposée est un paging intelligent. La définition des régions de paging s'appuie sur le nombre d'appels entrant I_A . Les cellules avec une faible valeur de I_A représentent des cellules de transit où l'utilisateur est peu probable de s'y trouver. Ce sont des cellules fréquemment visitées, mais présentent une faible probabilité qu'elles réussissent le paging. De l'autre côté, les cellules avec une valeur I_A grande désignent les cellules où l'utilisateur reçoit fréquemment des appels.

4. Implémentation du schéma de gestion de localisation

La solution proposée est implémentée sous forme de classes java, à savoir :

- La classe *Dynamique* : implémente essentiellement deux méthodes, à savoir : la méthode `check_Update()` et la méthode `performe_Paging()`.
- la méthode `check_Update()` : prend en charge l'algorithme de mise à jour.
- la méthode `performe_Paging()` : implémente l'algorithme de paging préconisé.
- La classe *ProfileSubscriber* : prend en charge les profils utilisateurs.

5. Simulation et analyse des résultats

Pour évaluer la performance de la solution proposée, on a soumis son implémentation à une série de tests en faisant appel à une plate-forme de simulation [03]. Une étude comparative est faite entre la solution adoptée par GSM (statique et paging simultané), désignée par Static Group 1 et schéma de localisation proposé, désigné par Dynamic.

5.1. Paramètres de simulation

Les simulations ont été réalisées en fixant les paramètres suivants :

- Durée de la simulation : 30 jours
- Nombre d'utilisateurs simulés : 50 utilisateurs
- Nombre d'appels entrants : 12 appels par jour

Les faibles valeurs des paramètres de simulation sont justifiées par le fait que la solution proposée traite chaque abonné indépendamment des autres, du coup la taille de la population simulée n'a pas beaucoup d'influence sur les performances de la solution.

5.2. Résultats et interprétation

La moyenne des messages de mise à jour de localisation et de paging générés par le schéma statique est comparée à celle générée par le schéma dynamique proposé. Le coût total de la localisation est également calculé afin d'estimer les performances globales. Les résultats sont abordés sous trois angles et sont présentés dans les graphes ci-dessous.

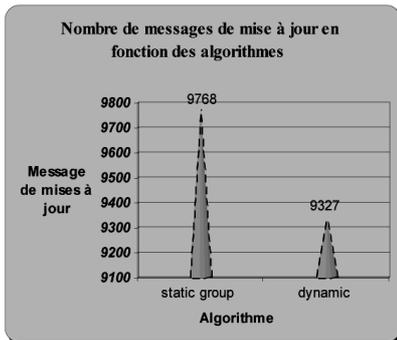


Figure 1. Coût de la mise à jours

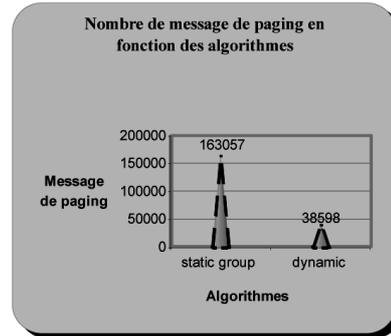


Figure 2. Coût de paging

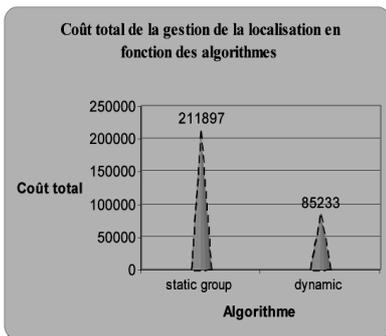


Figure 3. Coût Total de la localisation

La figure 1 dresse une vision générale sur le nombre total des messages de mise à jour de localisation pour chaque schéma évalué. L'étude comparative démontre que la solution proposée (dynamic) génère le minimum de messages. C'est l'algorithme le plus performant. Cette performance, n'est pas liée au nombre de cellules dans les zones de localisation, mais plutôt à la façon dont ces zones de localisation sont construites. Une construction prédictive qui associe à la zone de localisation les cellules les plus probables d'être visitées par l'utilisateur dans un futur proche.

La figure 2 démontre que l'algorithme dynamic, traduisant le schéma proposé, donne des résultats très satisfaisants qui reflètent une performance meilleure. Le paging adopté est pour beaucoup dans l'effort minimum engagé pour atteindre un mobile.

La figure 3 représente le coût total de la localisation. Il est donné par une fonction linéaire qui combine les deux paramètres de la localisation. Le coût total est donné par :

$$\text{Coût total} = c * N_{\text{update}} + N_{\text{paging}} \quad (3)$$

Où N_{update} : nombre de messages de mise à jour, N_{paging} : nombre de messages de paging, c : une constante, égale à 5, c'est le rapport entre le coût des deux opérations : de mise à jour et de paging. Les résultats obtenus confirment les performances du schéma proposé.

6. Conclusion

Le paging et la localisation sont deux processus nécessaires à tout réseau cellulaire pour localiser un abonné. Ils engendrent des messages, plus au moins importants en nombre, qui génèrent un coût de gestion variant en fonction du schéma de localisation adopté. Le coût se traduit par l'utilisation des ressources radio et par le calcul impliqué.

L'optimisation de ce coût devient une nécessité car les ressources utilisées pour la localisation peuvent pénaliser le trafic des utilisateurs.

Nous avons proposé dans ce travail une solution, alternative aux solutions statiques, qui se base sur une gestion dynamique de la localisation. Une gestion qui individualise le processus de localisation à chaque abonné pour donner des meilleures performances.

7. Bibliographie

- [01] A. Hac and X. Zhou, *Locating strategies for personal communication networks: A novel tracking strategy*, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 1997.
- [02] J.G. Markoulidakis, G.L. Lyberopoulos, D.F. Tsirkas, E.D. Sykas, "Evaluation of location area planning scenarios in future mobile telecommunication systems," *Wireless Networks*, p. 17-29, 1995.
- [03] John Scourias; Thomas Kunz. *An activity-based modal and location management simulation frame work*. Systems and computer engineering, Carleton University. 1999.
- [04] Kyandoghere Kyamakya, Klaus Jobmann. *Classification of mobility management methods, realistic simulation framework and relative performance analysis*. 3rd IEEE Int.Cof. Mobile and wireless Communication Networks. 2001.
- [05] Kyandoghere Kyamakya, Klaus Jobmann. *Location Management in Cellular Networks: Classification of the Most Important Paradigms, Realistic Simulation Framework and Relative Performance Analysis*. Vol 54. 2005.
- [06] Yi-Bing Lin. *Reducing location update cost in a PCS network*. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 25-33, 1997.