

LA TECHNOLOGIE AGENT ET LES RESEAUX SANS FIL

Badr Benmammar, Francine Krief
Laboratoire LIPN
{bbm/krief}@lipn.univ-paris13.fr

Résumé

La technologie agent aura un rôle de plus en plus important à jouer dans les télécommunications grâce à leur propriétés, notamment, d'autonomie, d'intelligence et/ou de mobilité. Les réseaux sans fil joueront également un rôle de plus en plus important offrant un accès omniprésent au réseau, favorisant ainsi la mobilité de l'utilisateur. Dans ce contexte, nous avons identifié un certain nombre de domaines d'application des agents dans les réseaux sans fil. Nous avons décrit, ensuite, un exemple d'utilisation des agents en prenant comme scénario de référence un utilisateur de la 4ème génération de mobile ayant à sa disposition plusieurs technologies d'accès sans fil. Cet utilisateur voudra être connecté au mieux, n'importe où, n'importe quand et avec n'importe quel réseau d'accès. La technologie agent est, dans ce cas, utilisée pour adapter le handover horizontal (changement au sein d'une même technologie d'accès) et vertical (changement de technologie d'accès) aux besoins de qualité de service de l'utilisateur.

1 Introduction

Les tendances actuelles concernant les télécommunications peuvent être classées par grands domaines [9]:

- *Solutions* : Recherche de solutions pour le business électronique, le business mobile et les applications d'entreprise.
- *Services* : Personnalisation accrue des services
- *Equipements* : Equipements plus petits et plus puissants,
- *Réseaux* : Convergence des réseaux (télécommunication, Internet, TV et réseaux locaux) ;

Ces tendances reflètent la mobilité accrue dans notre entourage : la mobilité personnelle, la mobilité du terminal, et la mobilité du code. La prochaine génération de réseau sera haut débit et omniprésente. Cependant, un certain nombre de conditions doivent, auparavant, être satisfaites :

1. Pour choisir parmi les offres massives de service, les utilisateurs ont besoin d'une aide personnelle n'importe où et n'importe quand.
2. Pour utiliser pleinement et de façon satisfaisante, les applications multimédia, l'utilisateur doit disposer d'une interface utilisateur intelligente sur son terminal.
3. Des équipements doivent partager des informations personnelles telles que des profils utilisateurs, et les terminaux doivent pouvoir se transformer en fournisseurs d'aide personnelle capables d'effectuer, notamment, des transactions commerciales. Des mécanismes de sécurité performants doivent, pour cela, être ajoutés aux infrastructures de télécommunication intelligentes.
4. Les réseaux devenant plus complexes et dynamiques, de nouvelles manières de les concevoir et de les contrôler sont nécessaires : la gestion de réseau doit être distribuée, proactive, et automatisée, tout en permettant la flexibilité, le passage à l'échelle et l'interopérabilité [2].

Dans ce contexte, la technologie agent aura un rôle de plus en plus important à jouer dans les télécommunications. Elle sera principalement utilisée pour :

- Réaliser une communication de haut niveau ;
- Personnaliser et intégrer différents services en fonction de la QoS négociée ;
- Traiter la quantité importante d'information ;
- Permettre l'auto organisation du réseau [9] ;
- Faire une bonne modélisation du monde réel ;
- Réduire le trafic dans le réseau ;
- Réaliser une bonne exploitation des ressources [16].

Dans cet article nous nous intéressons, plus particulièrement, à la technologie agent dans les réseaux sans fil. Nous commençons par rappeler les grands principes de la technologie agents, les particularités des réseaux sans fil ainsi que les différents types de communications agents que l'on peut rencontrer dans un environnement sans fil. Nous présentons ensuite les principaux domaines d'utilisation des agents dans le wireless que nous avons identifiés. Enfin nous donnons un exemple d'utilisation des agents qui permet d'adapter le handover au besoin de qualité de service des applications multimédia de l'utilisateur.

2 La technologie Agent

Depuis quelques années, le terme "agent" est de plus en plus utilisé aussi bien dans le monde de la technologie de l'information que dans le monde des télécommunications. On trouve, cependant, plusieurs définitions concernant l'agent qui se ressemblent mais diffèrent suivant le type d'application pour lequel l'agent est conçu. H. Jens et all [3] ont donné la définition suivante : « Un agent est un morceau de logiciel qui peut accomplir une tâche prédéfinie spécifique de façon autonome (au nom d'un utilisateur ou d'une application) ». Tous les agents ont la possibilité de coordonner, communiquer et coopérer avec le système ou avec d'autres agents. Une approche commune consiste à définir l'agent par ses propriétés, telles que l'autonomie, l'intelligence, la mobilité, etc...

T. Magedanz et all identifient deux types principaux d'agent [5] : les agents mobiles et les agents intelligents.

2.1 Agents mobiles

Les principaux attributs d'un agent mobile sont la mobilité du code, des données et de l'état (état d'un processus, d'une machine ou d'un protocole). Ceci permet à des entités logicielles de se déplacer de façon autonome à travers le réseau pour accomplir des tâches spécifiques, tirant profit de ce fait de la proximité [3].

Dans [14], les auteurs présentent une analyse des tendances actuelles concernant l'Internet qui à leur avis ouvrent le chemin pour le déploiement de la technologie "agent mobile".

De nombreuses plate-formes multi-agents supportent la mobilité. On peut citer les plate-formes Aglets Workbench d'IBM [17], Voyager d'Object Space [18], OMG-MASIF initiative [19], Grashopper de IKV [20], Semoa [21], Swarm [22], MOLE [23], Concordia de Mitsubishi Electric [24], Agent TCL de Dartmouth College [25], CyberAgent de FTP Softwareand [26] et JIAC de l'université technique de Berlin [27].

2.2 Agents intelligents

Un agent intelligent est une entité logicielle qui réalise des opérations pour le compte d'un usager (ou d'un autre programme) avec un certain degré de liberté et d'autonomie et qui, pour ce faire, exploite des connaissances ou des représentations des désirs et des objectifs de l'utilisateur [6].

H. Jens et all [3] ont donné la définition suivante: « un agent intelligent est une entité logicielle qui peut exécuter des tâches basées sur la connaissance et le raisonnement internes,

où les aspects tels que la communication et la négociation entre agents sont fondamentaux ». Habituellement la mobilité n'est pas considérée comme une propriété des agents intelligents.

Une autre définition a été donnée par N.R. Jennings et al [10] : « Un agent intelligent est un système informatique, situé dans un certain environnement, qui est capable de réaliser des actions flexibles et autonomes afin de répondre à ses objectifs de conception ».

Un système multi-agent est une fédération dynamique d'agents reliés par les environnements, les buts, ou les plans partagés, et qui coopèrent et coordonnent leurs actions [11]. C'est cette capacité de communiquer, de coordonner et de coopérer qui rend l'utilisation des agents dans les systèmes de télécommunications intéressante.

2.3 Langages Agents

Les langages de programmation les plus importants soutenant le concept d'agent sont JAVA, TCL (Tool Command Language), APRIL (Agent PROCESS Internet Language) et KQML (Knowledge Query and Manipulation Language).

L'indépendance des plate-formes JAVA constitue un environnement parfait pour développer les outils à base d'agent. Par exemple, Aglet Workbench d'IBM, fournit un environnement permettant de créer des applications mobiles à base d'agent.

TCL (développée par Sun) est un langage de script plus facile à utiliser que JAVA. Il a été, à l'origine, conçu comme un langage pour commander diverses applications et pour leur permettre de communiquer.

April est un langage de programmation développé dans les laboratoires de Fujitsu. Spécifiquement conçu pour les systèmes multi-agents, il fournit un ensemble de dispositifs de base permettant la création de processus concurrents. La communication est basée sur TCP/IP.

KQML, quant à lui, est un protocole de communication qui permet d'échanger les informations et la connaissance mise en commun entre les agents.

3 Les réseaux sans fil

Les LAN sans fil (WLAN) sont en passe de devenir l'une des principales solutions de connexion pour de nombreuses entreprises. Les grandes entreprises et de nombreux secteurs d'activité tels que la santé, l'éducation, sont concernés.

3.1 Avantages des WLAN

Les WLAN libèrent l'utilisateur de sa dépendance à l'égard des accès câblés au backbone, lui offrant un accès permanent et omniprésent. Cette liberté de mouvement offre de nombreux avantages pour l'utilisateur tels que :

- un accès omniprésent au réseau ;
- un accès au réseau simple et en temps réel ;
- un accès plus rapide et étendu aux bases de données de l'entreprise ;

Les WLAN offrent également une plus grande souplesse. Et permettent notamment la mise en place des transmissions dans les endroits où la pose de câble est difficile, voir impossible.

3.2 Problèmes liés aux réseaux sans fil

Comme problèmes liés aux réseaux sans fil, on peut rappeler :

- le changement dynamique de la topologie du réseau et des ressources,
- La complexité de la gestion de la mobilité,
- Les caractéristiques spécifiques du canal radio,
- Les déconnexions soudaines et fréquentes,
- La limitation des ressources pour le terminal,

- Le délai et le débit très variables car dépendant de plusieurs facteurs tels que le nombre d'utilisateurs, les interférences, le multipath, etc.

4 Communication des agents dans un environnement sans fil

La communication entre agents dans un environnement sans fil peut s'effectuer à différents niveaux et de différentes façons.

4.1 Les couches de communication

La communication entre agents dans un environnement sans fil peut être divisée en quatre couches [7]. La figure 1 présente les différentes couches de communication :

- La couche d'Interaction (Interaction Protocol Layer)
Cette couche contient les protocoles d'interaction entre les parties communicantes tels que, par exemple, les protocoles d'interaction de FIPA [8].
- La couche de Langage de Communication (Communication Language Layer)
Cette couche définit le contenu des messages échangés entre les parties communicantes. Comme exemples de langages de communication agent appartenant à cette couche, on peut citer FIPA ACL [8] et KQML [35].
- La couche de Message (Message Transport Layer)
Il s'agit de la couche de transmission des messages. Des protocoles comme HTTP [37], Java RMI [36], GIOP [38] et les niveaux hauts du protocole WAP [39] appartiennent à cette couche.
- La couche de Transport (Transport and Signaling Protocol Layer)
Cette couche implémente les mécanismes de transport du réseau. On peut citer ici, les protocoles TCP/IP, les protocoles de niveau bas de WAP, SMS de GSM, et MDCP [33,34].

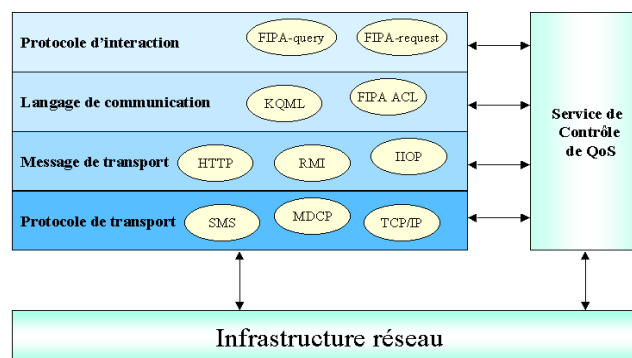


Figure 1 : les couches de communication des agents

4.2 Les scénarios de communication

La figure 2 montre les différents scénarios de communication agents dans un environnement sans fil. Le cas no1 est le plus typique. Le terminal mobile est assez puissant pour exploiter un certain nombre d'agents. Les agents sur le terminal mobile communiquent à travers le lien sans fil avec d'autres agents sur le réseau fixe, et peuvent migrer du terminal mobile vers le réseau fixe.

Dans le cas no2, le terminal mobile ne peut pas pleinement exploiter la technologie agents en raison des limitations liés au matériel et au logiciel. Cependant, grâce à un outil autonome de contrôle d'agent dans le terminal, un utilisateur peut, par exemple, lancer l'exécution des agents sur le réseau fixe et récupérer le résultat obtenu. Dans les deux cas, le mobile communique avec un TCA (Terminal Communication Agent) situé sur le réseau fixe. Le TCA

agit en tant que proxy pour le terminal mobile quand celui-ci est dans un état débranché. Une fois que le terminal mobile est rebranché au réseau fixe, probablement avec une nouvelle adresse IP, il informe son TCA de sa nouvelle adresse IP. Le TCA prend ensuite le soin d'envoyer cette information vers les agents concernés.

Dans le cas no3, l'utilisateur peut, par exemple, avoir un téléphone numérique qui est utilisé pour contrôler des agents sur le réseau fixe, et les agents peuvent utiliser ce téléphone pour communiquer avec l'utilisateur. Ainsi, un agent peut envoyer un SMS à l'utilisateur une fois qu'il a fini sa tâche. Pour ce genre de communication, il y a un UCA (User Communication Agent) situé sur le réseau fixe.

Les cas 4 et 5 représentent la communication entre l'utilisateur et les agents dans le terminal mobile. La différence réside dans l'interface utilisateur. Dans les terminaux puissants un agent peut avoir une interface utilisateur graphique avancée, mais dans certains cas le terminal mobile ne peut pas supporter l'interface utilisateur [9].

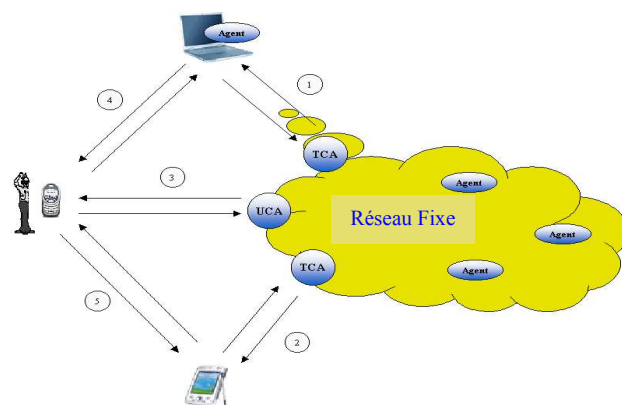


Figure 2 : communication des agents dans un environnement sans fils

5 Application des agents dans les réseaux sans fil

Il existe, à ce jour, peu de travaux basés sur les systèmes multi-agents dans le domaine des réseaux sans fil (wireless). On peut citer, cependant, l'étude sur la communication des agents mobiles dans le Wireless avec quelques propositions de solutions [4], l'utilisation des agents intelligents pour la gestion des réseaux hétérogènes [2], la proposition d'une architecture multi-agents pour maîtriser le M-commerce [1], la définition d'un scénario de référence utilisant des agents fixes et mobiles pour garantir la QoS entre un serveur et un terminal mobile [15] l'implémentation d'un service d'opérations bancaires à domicile basée sur l'application des agents mobiles [16].

Plus généralement, nous avons identifié cinq grands domaines d'utilisation de la technologie agent dans le wireless.

5.1 Localisation du terminal mobile

Dans quelques années, les réseaux sans fil fourniront à des applications multimédias, une large bande passante avec la qualité de service nécessaire [28]. Pour cela, une méthode consistera à utiliser la localisation du terminal et à faire des prévisions pour allouer les ressources nécessaires aux terminaux [29;30] et pour, également, ré-acheminer le trafic. L'évaluation de la localisation du terminal mobile devient, ainsi, une partie intégrante des systèmes de gestion de réseau sans fil.

Plusieurs méthodes sont proposées dans la littérature pour déterminer la localisation des terminaux mobiles dans un environnement sans fil. Elles sont basées sur les mesures AoA (Angle of Arrival), ToA (Time of Arrival), ou RSS (Received Signal Strength) [31].

Une méthode simple pour localiser le terminal mobile est d'employer des mesures pour déterminer le «radio path loss ». Dans [32], la localisation du terminal mobile est basée sur la mesure de la propagation du « path loss » entre le terminal mobile et les stations de base (BSs) en s'appuyant sur les mesures RSS.

La technologie agent peut être utilisée dans ce cas pour améliorer les résultats obtenus et supporter ainsi la mobilité du terminal, mais pour cela il faut :

Prédire :

1. les futures localisations du terminal
2. les changements de QoS
3. les moments de déconnexions

Apprendre :

1. les caractéristiques de la connexion réseau
2. le modèle de comportement de l'utilisateur
3. les préférences de l'utilisateur

5.2.1 Amélioration de l'efficacité d'un protocole de mobilité

La technologie agent peut être utilisée pour améliorer l'efficacité d'un protocole de mobilité comme IP-mobile. Ce protocole a été adopté par l'IETF pour assurer la mobilité dans un réseau IP. Cependant ce protocole ne permet pas de maintenir parfaitement les performances d'une connexion lors de la mobilité de l'utilisateur. En effet, le temps de mise à jour des bases de données indiquant la nouvelle position de l'utilisateur peut dégrader la qualité de la connexion. Avant l'arrivée de la requête de localisation, plusieurs paquets d'information peuvent être perdus après leur envoi vers l'ancienne destination du mobile.

5.3 Adaptation du handover au besoin de l'utilisateur

Les agents peuvent être utilisés dans le wireless pour supporter le handover vertical. Un agent, par exemple, ayant déployé le logiciel de l'interface air pour une technologie radio, peut demander de façon autonome (selon les besoins applicatifs de l'utilisateur) le logiciel pour une autre technologie radio avant un handover vertical.

5.4 Contrôle de la signalisation

La technologie agent mobile peut également être utile pour contrôler la signalisation [12.13]. Les agents peuvent aussi être utilisés pour négocier dynamiquement les besoins de qualité de service, de sécurité et de mobilité de l'utilisateur sur le réseau sans fil [41].

5.5 Réduction des accès au sans fil

Les agents mobiles peuvent distribuer le code sur les équipements du réseau sans fil et sur les équipements mobiles. Le nombre d'échanges nécessaires sur le réseau pour fournir un service personnalisé peut ainsi être réduit.

Ceci permet d'améliorer les performances du wireless en diminuant la consommation de bande passante et en abaissant la durée de latence.

5.6 Problèmes liés à l'application des SMAs dans le sans fil

Les principaux problèmes que l'on rencontre lors de l'application des agents dans un environnement sans fil sont liés à la sécurité, au coût, à l'interopérabilité et à l'implémentation.

La sécurité doit, en effet, jouer un rôle important dans la conception de l'environnement soutenant le déploiement d'agent, car donner à un agent un degré d'autonomie et d'intelligence important augmente le risque de dommages en cas de défaut de fonctionnement. De plus, pour empêcher toute attaque, l'accès aux ressources internes du réseau doit être très sécurisé. Une

méthode pour empêcher les attaques de sécurité consiste à authentifier les utilisateurs, les agents et les terminaux [1].

Le coût en terme de migration d'agent doit, également, être pris en considération.

La compatibilité des plates-formes d'agent en termes de code et d'interfaces doit, de plus, être assurée [9].

Enfin, implémenter la technologie "agent mobile" dans un environnement sans fil est une tâche assez lourde. Cependant, le déplacement est, dans certains cas, nécessaire, par exemple avant la déconnexion du terminal sur lequel il se trouve.

6 Scénario de référence

L'utilisateur de la 4ème génération de mobile (4G) a plusieurs technologies d'accès sans fil à sa disposition. Cet utilisateur veut pouvoir être connecté au mieux, n'importe où, n'importe quand et avec n'importe quel réseau d'accès. Pour cela, les différentes technologies sans fil qui sont représentées dans la figure 3, doivent coexister de manière à ce que la meilleure technologie puisse être retenue en fonction du profil de l'utilisateur et de chaque type d'application et de service qu'il demande.

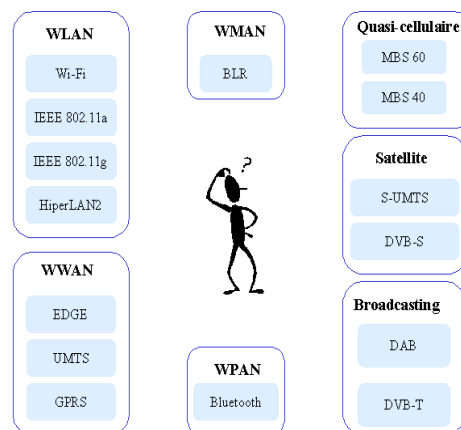


Figure 3 : les différentes technologies d'accès sans fil pour l'utilisateur 4G

Dans ce contexte, l'équipement terminal devra rechercher en permanence le meilleur réseau d'accès en fonction des besoins de l'utilisateur. La technologie agent peut jouer un rôle très important dans ce choix.

La figure 4 donne un exemple de configuration réseau offrant plusieurs technologies d'accès à l'utilisateur. La technologie agent est utilisée pour adapter le handover horizontal (changement au sein d'une même technologie d'accès) et vertical (changement de technologie d'accès) aux besoins de QoS de l'utilisateur. L'exemple suivant permet d'illustrer ce principe.

Exemple :

Nous prenons comme exemple un réseau Wi-Fi déployé sur un Campus (une université) et où la technologie agent est utilisée pour gérer dynamiquement la mobilité de l'utilisateur.

Dans un environnement Wi-Fi, La stratégie de changement de point d'accès nécessite 4 étapes :

1. la découverte d'un point d'accès cible,
2. la synchronisation avec le point d'accès,
3. l'envoi d'une authentification,
4. l'établissement de l'association.

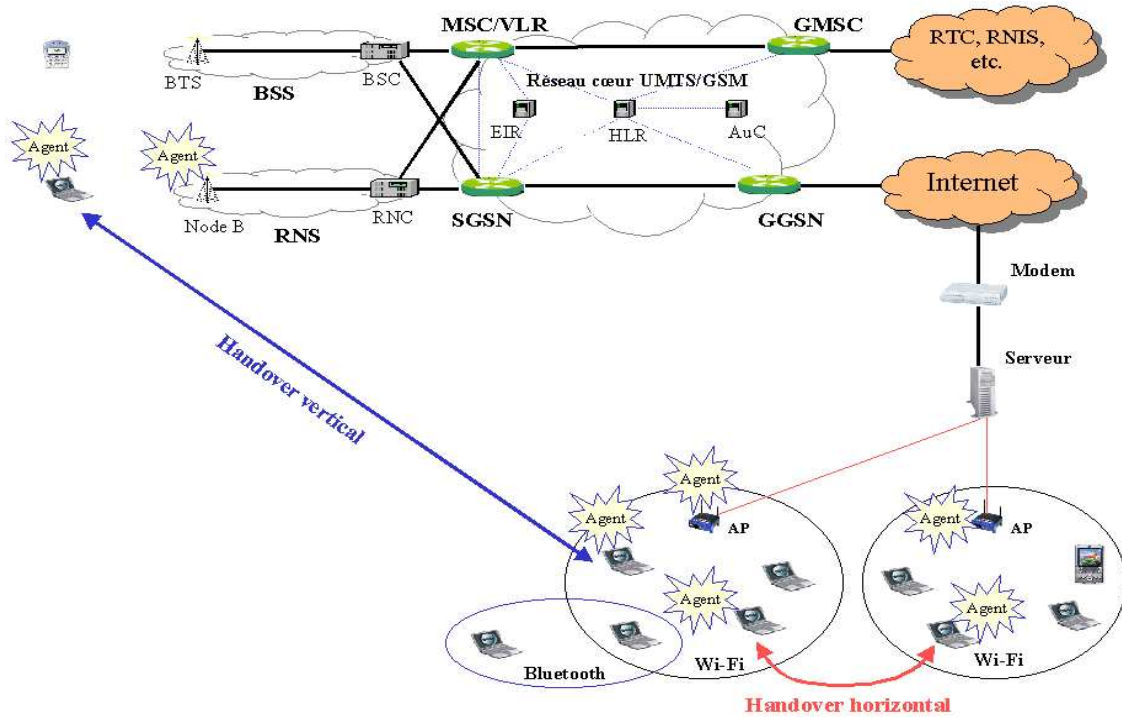


Figure 4 : handover horizontal et handover vertical

Cette stratégie, implémentée dans les équipements réseaux (les BSs et les MHs), est statique, c'est-à-dire que ni le fournisseur de service ni le client ne peut changer la sélection du point d'accès. Pourtant cette sélection, dans certains cas, peut s'avérer mauvaise. Dans la figure 5, le Mobile Host 5 (MH5) sur lequel l'utilisateur lance une application gourmande en terme de QoS (une application vidéo par exemple), reçoit le meilleur signal de BS2, par contre la cellule 2 est déjà très chargée et par conséquent la QoS nécessaire pour MH5 ne peut pas être assurée. Une stratégie dynamique consiste à guider le MH5 vers la cellule 1 qui est vide et qui peut lui fournir la QoS nécessaire.

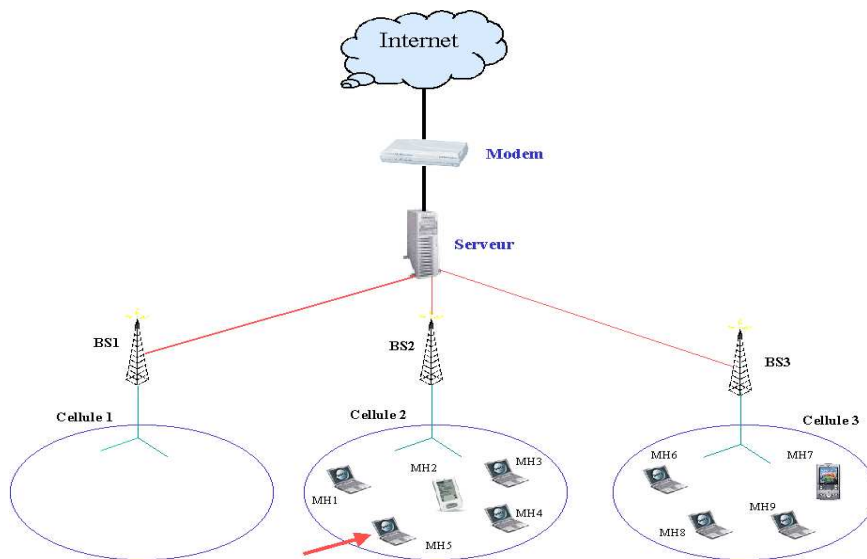


Figure 5 : Exemple de réseau Wi-Fi

Si toutes les cellules sont remplies, l'utilisateur doit pouvoir utiliser une autre technologie d'accès à sa disposition répondant à ses besoins. Dans cet exemple, c'est la technologie UMTS qui sera utilisée, le grand nombre d'utilisateurs sur place empêchant le Wi-Fi de répondre aux exigences de QoS de l'application demandée. Dès que l'utilisateur lance une autre application moins critique en terme de QoS ou que les performances du Wi-Fi deviennent acceptables pour l'application, l'utilisateur doit également pouvoir revenir sur la technologie Wi-Fi (à cause du coût élevé de l'UMTS par exemple). Les différents handover verticaux doivent s'effectuer de manière totalement transparente pour l'utilisateur et en fonction des contraintes applicatives et du profil utilisateur.

Pour fournir de la qualité de service sur un lien Wi-Fi, il faut respecter 3 principes [40] :

1. Le nombre d'hôtes autorisés à utiliser le canal doit être limité ;
2. La zone géographique à l'intérieur de laquelle les utilisateurs communiquent doit être limitée de telle sorte qu'il puissent tous utiliser le débit le plus élevé ;
3. Les sources doivent être contraintes en configurant des conditionneurs de trafic dans les équipements.

Afin de fournir la QoS nécessaire à une application multimédia, nous allons respecter ces trois principes et faire trois suppositions :

- A partir d'un certain nombre d'utilisateurs (N), regroupés dans une même cellule, la QoS nécessaire pour une application multimédia ne sera plus assurée et la cellule sera considérée comme remplie.
- Chaque point d'accès contient un « identificateur de localisation » unique. A partir de cet identificateur de localisation, un utilisateur peut se connecter à la cellule permettant d'assurer la QoS nécessaire à l'application.
- On tenant compte du travail qui a été réalisé dans [32], une estimation de la position du MH est faite et une application donnant la répartition des cellules dans chaque salle de l'université (salle de conférence, bibliothèque,...) est téléchargeable à partir du serveur.

La figure 6 représente la répartition des cellules et les identificateurs associés, dans une salle de conférence possédant 3 points d'accès Wi-Fi.

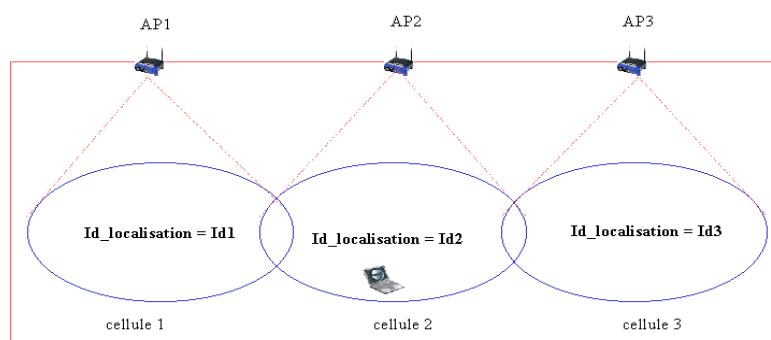


Figure 6 : répartition des cellules dans la salle

7 L'approche Agent

Le système multi-agent, contient deux agents :

1. **Agent Terminal** : cet agent se situe sur le MH, il fait la liaison entre l'utilisateur et le système, il peut être graphique ou bien en mode texte. L'agent Terminal est autonome, il s'active au moment du lancement par l'utilisateur d'une application multimédia et communique avec un autre agent sur le point d'accès afin de connaître l'état de la

cellule ainsi que celle des cellules voisines. Il demande le déploiement d'une autre technologie d'accès si nécessaire.

2. **Agent Etat** : cet agent se situe sur le point d'accès, il détermine l'état interne de la cellule ainsi que celle des cellules voisines. A partir de N utilisateurs regroupés dans la cellule, l'état de cette dernière sera considéré comme remplie. Pour connaître l'état des cellules voisines, l'agent Etat contacte les mêmes agents sur les cellules voisines, et ainsi il peut récupérer leurs états.

La figure 7 représente l'ensemble des interactions dans le système. Dans cet exemple, l'utilisateur se trouve dans la cellule numéro 2 de la salle de conférence. Il est entrain, par exemple, de consulter ses emails ou bien de faire un transfert de fichiers. Au moment du lancement d'une application multimédia, l'agent **Terminal** s'active et envoie un message (**m1**) à l'agent **Etat** afin de connaître l'état de la cellule courante, l'agent **Etat** compare le nombre d'utilisateurs dans la cellule avec le nombre N , et si ce dernier est inférieur ou égal au nombre d'utilisateurs dans la cellule, il envoie un message (**m2**) à l'agent **Terminal** pour lui indiquer que la cellule courante est remplie. Au même moment l'agent **Etat** contacte les même agents sur les points d'accès voisines (messages **m3** et **m4**) pour connaître l'état des cellules voisines. Chaque agent répond par un message qui contient l'état de la cellule ou bien le nombre d'utilisateurs dans la cellule avec l'identificateur de localisation de la cellule (messages **m5** et **m6**). L'agent **Etat** dans la cellule courante fait une comparaison entre le nombre d'utilisateurs dans les cellules voisines ou bien entre leurs états et s'il existe au moins une cellule qui n'est pas remplie, il envoie l'identificateur de localisation de la cellule choisie à l'agent **Terminal** (**m7**).

A partir de ce moment, l'agent **Terminal** envoie une requête au serveur pour télécharger l'application qui lui permettra de connaître où se trouve la cellule concernée dans la salle et d'en informer l'utilisateur.

Par contre, si toutes les cellules sont remplies, l'agent **Etat** contacte l'agent **Terminal** pour lui communiquer la situation (message **m8**) et à partir de ce moment l'agent terminal demandera le déploiement de l'UMTS.

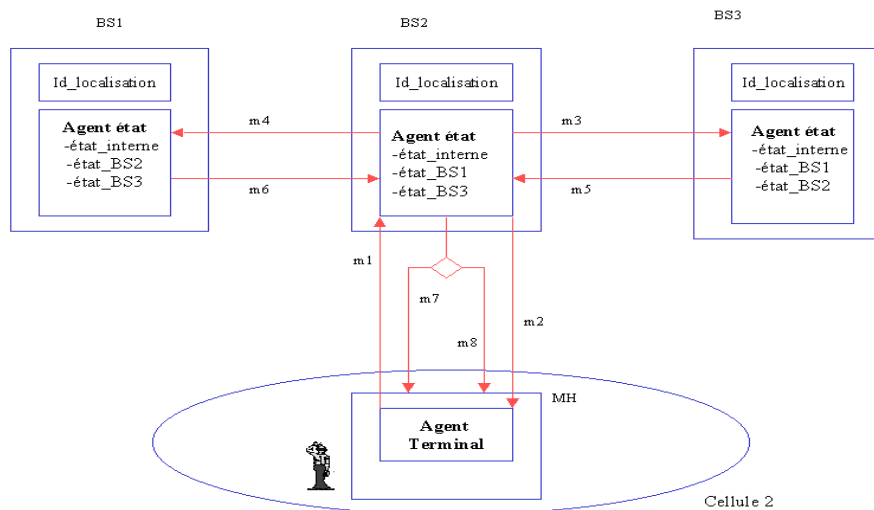


Figure 7 : les interactions entre les agents

8 Conclusion

Les agents seront principalement utilisés dans les réseaux sans fil pour améliorer les méthodes de localisation et les protocoles de mobilité existants, pour contrôler la signalisation

sur le réseau, réduire les accès et adapter le handover aux besoins de l'utilisateur. C'est ce dernier domaine d'application que nous avons détaillé, par la suite, en prenant comme scénario de référence la 4ème génération de mobile et la mise à disposition de plusieurs technologies d'accès sans fil. La technologie agent, dans ce cas, permet à l'utilisateur de changer de point d'accès ou de réseau d'accès en fonction de ses besoins. D'autres domaines d'application des agents dans les télécommunications sont, également, importants tels que la proposition ou la composition dynamique de services personnalisés aux usagers. Dans ce cas, les technologies sans fil peuvent, encore, jouer un rôle important en tant que réseau d'accès.

Références

- [1] S. Gregory and Z. Guo. "The Architecture of Mobile Agent in Wireless Environment", Macau IT Congress, 2001
- [2] D. Gürer, V. Lakshminarayan and A. Sastry. "An Intelligent Agent-Based Architecture for the Management of Heterogeneous Networks," presented at DSOM '98, Newark, Delaware.
- [3] H. Jens, G. Carmelita and F. Peyman. "Agent technology for the UMTS VHE concept". ACM/IEEE MobiCom'98, Workshop on Wireless Mobile Multimedia, Dallas, USA, October 1998.
- [4] H. Helin, H. Laamanen and K. Raatikainen. "Mobile Agent Communication in Wireless Networks". In Proceedings of the European Wireless'99/ITG'99. pp. 211-216, October 1999
- [5] T. Magedanz and R. Popescu-Zeletin. "Towards Intelligence on Demand" – On the Impacts of Intelligent Agents on IN. 4th International Conference on Intelligence in Networks, Bordeaux, France, November 1996.
- [6] IBM, "Intelligent Agent", White paper, 1995.
Disponible sur <http://activist.gpl.ibm.com:81/WhitePaper/ptc2.htm>
- [7] H. Helin, H. Laamanen and K. Raatikainen. "Mobile Agent Communication in Wireless Networks", Proceedings of the European Wireless'99 Conference,
- [8] Foundation for Intelligent Physical Agents, FIPA 97 Specification – Part 2: Agent Communication Language, Version 2.0, 1998.
- [9] H. Sanneck, M. Berger and B. Bauer. "Application of agent technology to next generation wireless/mobile networks", in *Proceedings of the Second World Wireless Research Forum*, Helsinki, Finland, May 2001
- [10] N.R. Jennings, K. Sycara and M.J. Wooldridge. "A Roadmap of Agent Research and Development". *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 1(1):7-38, 1998.
- [11] M.N. Huhns. "Multi-agent Systems". Tutorial at the European Agent Systems Summer School, (EASSS'99), 1999.
- [12] T. Magedanz, K. Rothermel and S. Krause. "Intelligent Agents: An Emerging Technology for Next Generation Telecommunications?". INFOCOM'96, San Francisco, CA, USA, March 1996.
- [13] M. Breugst and T. Magedanz. "Mobile Agents – Enabling Technology for Active Intelligent Network Implementation". *IEEE Network*, 53--60, May/June 1998.
- [14] D. Kotz and R. Gray. "Mobile Agents and the Future of the Internet", *ACM Operating Systems Review*, Vol. 33(3), pp. 7-13, 1999
- [15] G. Anastasi, A. La Corte, A. Puliafito, and O. Tomarchio. "An agent-based approach for QoS provisioning to mobile users in the Internet". In *The 4th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI2000)*, Orlando (Florida-USA), July 2000.

- [16] J. Hartmann and W. Song “Agent technology for future mobile networks”. Second Annual UCSD Conference on Wireless Communications in cooperation with the IEEE Communications Society, San Diego, USA, March 1999.
- [17] Aglets: <http://www.trl.ibm.com/aglets/>
- [18] Voyager: <http://www.objectspace.com/products/voyager/>
- [19] MASIF: <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?orbos/97-10-05>
- [20] Grashopper: www.grashopper.de
- [21] Semoa: <http://www.igd.fhg.de/igd-a8/projects/semoa/>
- [22] SWARM: <http://www.swarm.org>
- [23] MOLE: <http://mole.informatik.uni-stuttgart.de/>
- [24] <http://www.merl.com/projects/concordia/>
- [25] <http://agent.cs.dartmouth.edu/software/agent2.1/>
- [26] <http://www.ftp.com/cyberagents/>
- [27] http://www.dai-labor.de/en/main/jiac_iv/general/
- [28] Acampora A. “Wireless ATM: a perspective on issues and prospects”. IEEE Personal Communications 1996; 3(4): 8–17.
- [29] Z.J. Haas, J.H. Winter and D.S. Johnson. Simulation results on the capacity of cellular systems. IEEE Transactions on Vehicular Technology 1997; 46(4): 805–817.
- [30] M.D. Kulavaratharajah, A.H. Aghvami. “Teletraffic performance evaluation of microcellular personal communication networks (PCN’s) with prioritized handoff procedures”. IEEE Transactions on Vehicular Technology 1999; 48(1): 137–152.
- [31] I. Jami, M. Ali, R.F. Ormondroyd. “Comparison of Methods of Locating and Tracking Cellular Mobiles”, IEE Colloquium on Novel Methods of Location and Tracking of Cellular Mobiles and Their System Applications 1999; 1/1-1/6.
- [32] M. McGuire, K.N. Plataniotis and A.N. Venetsanopoulos. “Estimating position of mobile terminal from path loss measurements with survey data”, Wireless Communications & Mobile Computing, vol. 3, pp. 51-62, February 2003.
- [33] M. Kojo, K. Raatikainen, M. Liljeberg, J. Kiiskinen, and T. Alanko, “An Efficient Transport Service for Slow Wireless Telephone Links,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, no. 7, pp. 1337– 1348, Sept. 1997.
- [34] J. Kiiskinen, M. Kojo, M. Liljeberg, and K. Raatikainen, “Data Channel Service for Wireless Telephone Links,” IEEE-CS Bulletin of TC on Operating Systems and Applications, Vol. 8, 1, pp. 1- 17, 1996.
- [35] Specification of the KQML agent communication language, disponible sur <http://www.cs.umbc.edu/kqml/kqmlspec/spec.html>.
- [36] Sun Microsystems, Java Remote Invocation – Distributed Computing for Java, White Paper, 1998.
- [37] Internet Engineering Task Force, Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1, RFC2068, 1997.
- [38] Object Management Group, CORBA 2.2/GIOP Specification, OMG Document formal/98-07-01, 1998.
- [39] WAP Forum, “Wireless Application Protocol Forum Home Page.” disponible sur <http://www.wapforum.org/>
- [40] J. A. García-Macías, F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel, L. Toumi, and A. Duda. “Différenciation des services sur les réseaux sans-fil 802.11”. Proc. Colloque francophone sur l’ingénierie des protocoles, Montreal, Canada, 25-30 May 2002.
- [41] Projet RNRT IP-SIG, disponible sur <http://www.telecom.gouv.fr/rnrt/>