



Agents et mobiles de troisième et quatrième génération

Badr Benmammar

► **To cite this version:**

Badr Benmammar. Agents et mobiles de troisième et quatrième génération. Hermès Science. Intelligence dans les réseaux (Traité IC2, série Réseaux

télécoms), Lavoisier librairie, 2005. <hal-00657984>

HAL Id: hal-00657984

<https://hal.inria.fr/hal-00657984>

Submitted on 9 Jan 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Chapitre

Agents et mobiles de 3^{ème} et 4^{ème} génération

Badr Benmammar

Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique

33400 Talence, France

badr.benmammar@labri.fr

10.1. Introduction

Depuis le début des années 90, la technologie agent est devenue un domaine prometteur de recherches dans plusieurs domaines surtout dans le cadre des réseaux intelligents. Les impacts de cette technologie dans le monde de télécommunication doivent être analysés. En particulier les changements rapides des marchés de télécommunication et l'introduction d'une nouvelle génération de systèmes de communication mobiles réclament de nouvelles technologies prêtes pour les futures demandes d'utilisateurs ainsi que pour les fournisseurs de services.

Dans les dernières années la technologie Agent a émergé dans plusieurs domaines, comme la réalisation d'interface utilisateur intelligente, l'assistance personnelle, le calcul distribué, la recherche d'informations, les services de télécommunication et la gestion de services dans le réseau. Cette nouvelle technologie offre une solution prometteuse pour faire face à la complexité des environnements distribués, puisque les solutions agents peuvent :

- Réduire les charges de trafic (par l'intermédiaire de l'autonomie et les opérations asynchrones effectuées par les agents).
- Permettre la fourniture « sur demande » de services adaptés aux besoins de l'utilisateur (par l'intermédiaire de la migration dynamique d'agent du fournisseur de services vers le terminal de l'utilisateur).
- Augmenter la flexibilité, la réutilisation et l'efficacité des logiciels utilisés pour résoudre les problèmes dans le réseau.
- Personnaliser et intégrer différents services en fonction de la QoS négociée;
- Traiter la quantité importante d'information ;

Dans les réseaux mobiles de la prochaine génération, la technologie agent est attendue pour fournir des services tels que la capacité à soutenir les préférences de l'utilisateur et l'information du profil de chaque utilisateur.

Le rôle des agents est de réagir dynamiquement et de façon autonome au nom de l'utilisateur dont le but de lui fournir des services et de contrôler des applications.

La technologie agent résidera très probablement sur Internet et sur des logiciels ainsi que sur des cartes à puce, mais elle doit être capable d'agir et de coopérer avec d'autres formes d'intelligence dans le réseau pour augmenter les performances et pour réaliser des opérations plus efficaces.

Le chapitre est organisé comme suit :

La première partie est consacrée à la présentation de la technologie agent.

La deuxième partie présente les travaux liés à l'application des agents dans l'UMTS.

La troisième partie aborde l'application des agents dans les WLAN ainsi que les réseaux mobiles de la 4^{ème} génération.

10.2. La technologie agent

10.2.1. Définition d'un agent

Dans la littérature, on trouve plusieurs définitions d'agents qui se ressemblent mais qui diffèrent selon le type d'application pour lequel l'agent est conçu. D'après Ferber [FER 95], un agent est une entité physique ou virtuelle qui agit dans un environnement, communique directement avec d'autres agents, possède des ressources propres, est capable de percevoir partiellement son environnement et possède des compétences. En fonction des ressources, des compétences et des communications, un agent tend à satisfaire ses objectifs.

Sycara et Wooldridge [CHA 99] ont proposé la définition suivante pour un agent : un agent est un système informatique, situé dans un environnement, qui agit d'une façon autonome et flexible pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu.

En général, un agent représente un composant logiciel réutilisable qui fournit un accès contrôlé à des services et des ressources.

Le comportement de chaque agent est contraint par des politiques qui sont définies par des agents de contrôle de haut niveau.

La figure 1 représente un agent dans son environnement ; l'agent est activé en entrée par les capteurs de l'environnement et produit en sortie des actions.

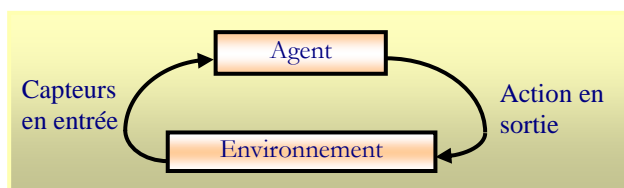


Figure 1. L'agent dans son environnement

H. Jens et al [HJE 98] 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) ».

T. Magedanz et al identifient deux types principaux d'agent [MAG 96] : les agents mobiles et les agents intelligents.

10.2.1.1. Agents mobiles

Les agents mobiles sont des entités logicielles qui peuvent se déplacer dans le réseau de leur propre initiative ; ils se déplacent d'une machine à une autre et communiquent avec d'autres agents ou accèdent aux ressources du serveur. Les agents mobiles ont suscité un grand intérêt pendant les dernières années pour leur capacité à supporter les interactions asynchrones et à réduire le trafic dans le réseau pendant les interactions client/serveur [BER 01].

Dans la plupart de cas, les systèmes d'agents mobiles fournissent un ensemble de services de haut niveau tels que les fonctions de surveillance, la planification de voyage, la gestion de ressources, des mécanismes d'introspection et des langages de communication de haut niveau. La technologie d'agents mobiles permet aussi de :

- Fournir une exécution asynchrone de tâche. Ainsi, la dépendance entre les clients et les applications de serveur peut être réduite et un traitement automatique de tâche est présenté.
- Déplacer un programme vers un serveur à distance pour le développement d'un nouveau type d'applications réparties. Les services ne sont plus liés à un certain environnement. Au lieu de cela, ils peuvent être dynamiquement installés et employés dans l'endroit exact où ils sont exigés.
- Utiliser la technologie d'agent mobile pour aider à réaliser une meilleure exploitation de ressource. En transférant des applications du client au serveur et en exécutant des appels locaux de procédure au lieu des appels extérieurs, le trafic réseau est réduit.

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 [HJE 98].

Mais les avantages principaux des agents mobiles sont dus à la mobilité de code qui permet de réaliser des interactions asynchrones et de réduire le coût de communication.

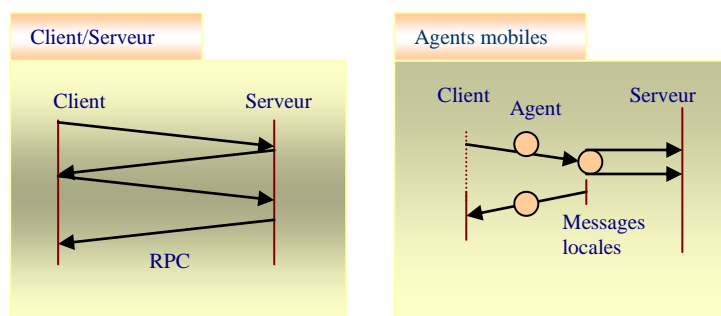


Figure 2. *Le paradigme agents mobiles*

L'informatique répartie traditionnelle est généralement basée sur le modèle client/serveur qui est fréquemment lié au mécanisme de RPC (Remote Procedure Call).

Quand un RPC est appelé, des paramètres sont envoyés au serveur pour exécuter la procédure et le résultat est renvoyé au client. Comme décrit dans la partie gauche de la figure 2, chaque RPC exige l'établissement d'un canal de communication.

La partie droite de la figure 2 montre l'utilisation des agents mobiles ; la mobilité de code permet à une partie du programme client de se déplacer vers le serveur, d'agir localement et de revenir au client, une fois les interactions exécutées. Les améliorations d'exécution dépendent de la bande passante dans le réseau et du nombre de messages qui peuvent être optimisés au passage sur le réseau.

Il y a un grand nombre d'applications qui peut profiter des avantages de l'utilisation des agents mobiles. Les agents mobiles peuvent être une solution élégante pour le commerce électronique, pour la recherche dans les bases de données, la gestion de réseau et le calcul mobile.

Enfin, la sécurité est toujours le point faible des systèmes d'agents mobiles et est un domaine prometteur de recherche.

10.2.1.2. 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'usager [IBM 95].

H. Jens et all [HJE 98] ont donné la définition suivante: « un agent intelligent est une entité logicielle qui peut exécuter des tâches basées sur la connaissance et le raisonnement interne, 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 [JEN 98] : « 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-agents est un ensemble organisé d'agents. Il est constitué d'une ou de plusieurs organisations que structurent les règles de cohabitation et de travail collectif entre agents ; dans un même système, un agent peut appartenir à plusieurs organisations [RIV 98].

Les systèmes multi-agents existants sont composés d'agents réactifs ou cognitifs suivant le problème traité.

10.2.1.3. Les caractéristiques multidimensionnelles d'un agent

Un agent est caractérisé par [FER 95] :

- *La nature* : un agent est une entité physique ou virtuelle.
- *L'autonomie* : un agent est indépendant de l'utilisateur et des autres agents.
- *L'environnement* : c'est l'espace dans lequel va agir l'agent ; il peut se réduire au réseau constitué par l'ensemble des agents.
- *La capacité de représentation* : l'agent peut avoir une vision très locale de son environnement mais il peut aussi avoir une représentation plus large de cet environnement et notamment des agents qui l'entourent.
- *La communication* : l'agent aura plus ou moins de capacité à communiquer avec les autres agents.
- *Le raisonnement* : l'agent peut être lié à un système expert ou à d'autres mécanismes de raisonnements plus ou moins complexes.
- *L'anticipation* : l'agent peut plus ou moins avoir les capacités d'anticiper les événements futurs.
- *L'apprentissage* : un agent aura plus ou moins tendance à retirer, stocker et réutiliser des informations extraites ou reçues de son environnement.
- *La contribution* : l'agent participe plus ou moins à la résolution de problèmes ou à l'activité globale du système.
- *L'efficacité* : l'agent doit avoir la rapidité d'exécution et d'intervention.

10.3. Introduction à l'UMTS

La troisième génération de réseaux mobiles est un ensemble de technologies développées afin de faire évoluer les systèmes cellulaires de deuxième génération, en terme de capacité, de couverture, de personnalisation de service et de qualité de services.

Les réseaux mobiles de première et de deuxième générations sont considérés comme des réseaux de téléphonie mobiles, à l'inverse de l'UMTS qui signifie système universel de télécommunications mobiles, c'est-à-dire un réseau mobile capable d'offrir des services multimédias, partout et à tout moment. Ces services seront de haute qualité et pourront converger vers les réseaux fixes, cellulaires et par satellites.

UMTS se rapporte à des efforts européens pour établir une normalisation de la nouvelle génération de systèmes de communications mobiles où les services personnels de communication seront soutenus indépendamment de la localisation, de l'équipement terminal, de moyens de transmission (sans fils ou filaire) et des capacités du réseau. C'est une norme unique et universelle, capable d'offrir une couverture globale et d'assurer l'interconnexion avec des réseaux fixes tels que le réseau téléphonique public commuté (RTC), le réseau RNIS (réseau numérique à intégration de services) ou encore l'internet. UMTS est prévu pour établir un système intégré simple dans lequel les utilisateurs ont un accès souple à des nouveaux services sophistiqués de télécommunication tels que la transmission à haut débit pour les applications d'Internet/Intranet, le courrier électronique, la vidéo et le commerce électronique.

UMTS fournira des débits d'utilisateur jusqu'à 2 Mbit/s, et l'accès uniforme aux services dans tous les environnements, par exemple résidentiel, public et bureau. Les caractéristiques principales de l'UMTS sont illustrées sur la figure 3.

Les utilisateurs d'UMTS pourront choisir entre les offres massives de service de divers réseaux et de plusieurs fournisseurs de service, et auront la possibilité de les utiliser de n'importe quel terminal et de n'importe quel endroit, même lors d'un roaming.

La livraison des services non standard à travers différents types de réseau présente quelques problèmes difficiles qui exigent des solutions novatrices. Ces problèmes ont été identifiés par European Telecommunication Standards Institute (l'ETSI) et International Telecommunications Union (l'ITU), et des mesures ont été prises pour faire le roaming. Le concept fournissant la portabilité de service s'appelle le Virtual Home Environment (VHE). Il vise à transposer les services souscrits par un abonné, sur les différents réseaux et la manière dont ils ont été personnalisés. Les fournisseurs de services et les opérateurs réseau tirent bénéfice de l'introduction flexible et facile de nouveaux services de télécommunication basés sur le concept de VHE, qui est l'une des pièces clé du système. Dans ce contexte, la technologie Agent représente un outil prometteur pour la gestion de réseau offrant de nouvelles occasions à l'approvisionnement et au déploiement efficace des services de télécommunication.

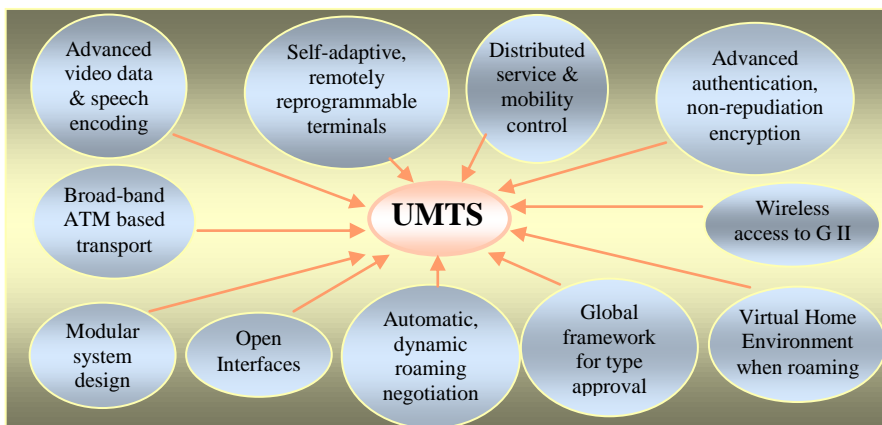


Figure 3. Les caractéristiques de l'UMTS

10.3.1. VHE

Parmi les grands succès du GSM [RIV 98], on note, entre autre, la possibilité de faire un roaming entre les différents réseaux et ainsi entre les pays en utilisant une inscription unique. Ceci signifie que l'abonné est accessible en utilisant un identificateur unique et reçoit une facture unique de son fournisseur de service d'origine. Les trois besoins les plus importants pour les futurs utilisateurs mobiles seront donc identiques à ceux des utilisateurs de GSM:

- Manipulation facile des services de télécommunication, y compris la possibilité de s'inscrire à des services 'on-demand'.
- Disponibilité globale et performance conforme aux services de télécommunications.
- Facturation compréhensible avec un seul point de contact.

Cependant, le futur monde de télécommunications ne sera pas homogène, et donc ces buts ne peuvent pas être réalisés facilement. Le but du concept de VHE est de résoudre ces problèmes en permettant à un réseau visité d'obtenir des informations sur le fournisseur de service de l'utilisateur pendant la procédure d'enregistrement et toute autre information telle que le profil personnalisé du service de l'utilisateur, nécessaire pour l'approvisionnement des services. Bien que la réalisation physique d'un service puisse différer d'un réseau à l'autre, le concept de VHE permet à l'utilisateur d'accéder et d'utiliser le service de la même manière sur n'importe quel réseau (voir figure 4).

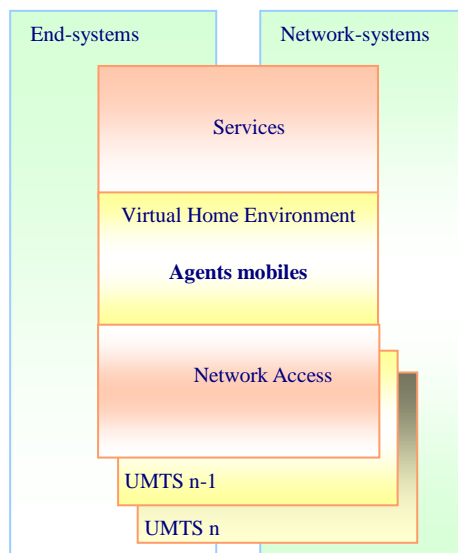


Figure 4. *Virtual Home Environment*

Le VHE permet à l'utilisateur d'être présenté d'une manière consistante avec les mêmes caractéristiques personnalisées de services et la même interface utilisateur dans n'importe quel réseau, n'importe quel terminal, et partout où l'utilisateur peut être localisé. La capacité de fournir un tel approvisionnement flexible de service a beaucoup d'implications pour le réseau en termes de gestion, de contrôle de services, et de signalisation. Des développements en GSM tel que CAMEL (Customised Applications for Mobile networks Enhanced Logic),

MexE (Mobile station application Execution Environment) et SAT (SIM Application Toolkit) répondent à quelques exigences du VHE et seront également adoptés pour l'UMTS. Cependant, d'autres techniques peuvent être utilisées pour répondre à toutes les exigences du VHE.

Avec la technologie agent, ces avantages peuvent être employés afin de réaliser le concept de VHE.

10.3.2. Application des agents dans l'UMTS

La 3ème génération de systèmes de communication mobile, comme l'UMTS, exige de nouvelles approches pour manipuler la grande masse de données et pour intégrer les différentes technologies de communication existantes. La technologie d'agent mobile est très attrayante pour le développement d'une couche de middleware qui permet un traitement distribué pour les environnements de communication mobile.

Les agents mobiles en particulier peuvent jouer un rôle principal :

- Pour un approvisionnement « on-demand » de service, l'UMTS présente le concept de (VHE) qui permet aux utilisateurs de faire un roaming et d'être équipés de leur environnement familial indépendamment de leur localisation courante. Il vise à fournir des services souscrits par des utilisateurs à travers différents domaines de réseau et de les fournir avec des possibilités variables. Ceci inclut également le soutien de la qualité de service (QoS) pour l'adapter aux services dans le réseau courant. L'encapsulation des services dans les agents mobiles proposent une manière d'apporter les services ; un utilisateur est habituellement prévu, sur demande dans le réseau visité et adapte ses services d'une manière convenable. Dans un roaming, les agents mobiles peuvent aider l'utilisateur à négocier une nouvelle QoS et à adapter le flux de données au nouvel environnement.

- Pour le fournisseur de réseau, les agents mobiles offrent la possibilité de réduire les charges d'entretien pendant l'installation et l'exploitation de service. Ils permettent une réalisation décentralisée de contrôle de service et de gestion de service.

- La technologie d'agent mobile offre une solution logicielle au problème d'intégration des différentes technologies de réseau cœur comme GSM et IP mobile.

La plupart des travaux, qui s'intéressent à l'application de la technologie agent dans l'UMTS, vise à définir de nouveaux services afin de réaliser l'approvisionnement de services selon les besoins de l'utilisateur, le perfectionnement des différents composants existants dans l'UMTS ainsi que la réduction de la bande passante sur l'interface radio pour les différentes applications comme l'accès web.

10.3.2.1. Approvisionnement de services

La technologie Agent est utilisée pour l'approvisionnement de service [HJE 98], basé sur le concept de l'environnement de domicile virtuel (VHE : Virtual Home Environment) qui est développé pour le système de communication mobile de la troisième génération UMTS. Dans ce contexte, deux services de télécommunication basés sur la technologie agent, à savoir APM (Adaptive Profile Manager) et VAB (Virtual Address Book) ont été définis.

10.3.2.1.1. Gestion de profil adaptatif

Les applications actuelles dans ce domaine fournissent seulement une fonctionnalité simple pour la gestion de communication, par exemple, l'expédition de tous les appels téléphoniques à une destination prédéfinie telle qu'une boîte vocale ou un numéro de téléphone alternatif.

À l'avenir, un utilisateur en cliquant sur une touche simple, exemple "DO NOT DISTURB" pourrait automatiquement accomplir ses besoins en déclenchant son APM pour traiter les demandes reçues de communication d'une manière prédéterminée.

L'APM fournira les possibilités suivantes :

- L'approvisionnement de la gestion personnalisée pour les appels de l'utilisateur, c'est-à-dire que l'utilisateur peut personnaliser la manipulation des appels en créant un ensemble de règles (routing/filtering) en tant qu'élément du profil d'utilisateur ; cette personnalisation est utilisée par le système afin de faire une gestion intelligente des communications.
- Capacité de combiner avec souplesse la gestion des services à distance avec la gestion de tous les profils utilisateurs.
- La gestion des différents terminaux avec plusieurs possibilités pour la gestion des profils.

L'APM permet à l'utilisateur de contrôler l'accès à ses services de communication. Il dépend principalement des conditions suivantes:

- Time dependent conditions : Par exemple, un utilisateur UMTS qui assiste à une réunion ou a un rendez-vous au même moment chaque semaine peut placer un état en fonction du temps pour s'assurer que tout ses appels reçus sont expédiés dans sa boîte vocale (par exemple entre 10 et 12 chaque mardi).
- Service dependent conditions : Dans ce cas, l'utilisateur UMTS peut indiquer dynamiquement comment chaque type de communication reçu devrait être manipulé, par exemple pour rejeter les messages particuliers de fax, ou pour expédier des E-mails particuliers à une autre personne selon l'expéditeur ou/et le sujet de chaque E-mail reçus.
- User (screening) dependent conditions : Par exemple, un utilisateur peut indiquer une liste de personnes pour lesquelles il sera accessible et faire en sorte que tout autre appel soit rejeté ou réexpédié. Le défi pour l'APM est d'adapter dynamiquement la présentation (GUI : interface utilisateur graphique) aux différents terminaux de l'utilisateur. L'ensemble des capacités de l'interface utilisateur doit être adapté aux capacités des terminaux.

Afin de répondre aux exigences mentionnées ci-dessus, *un agent de communication* intelligent installé sur le terminal de l'utilisateur devrait d'une part organiser et manipuler les demandes reçues de communication selon le profil utilisateur (voir figure 5). D'autre part, *un agent mobile* sera envoyé aux terminaux pour fournir un GUI adapté permettant à l'utilisateur de modifier son profil à distance de n'importe quel point et de n'importe quel réseau, indépendamment de la plate-forme utilisée. L'utilisateur pourra également employer cette interface utilisateur graphique pour être informé à distance des dernières activités personnelles de communication exécutées par son agent de communication, par exemple pour regarder les fax ou les email reçus et pour entendre les messages vocaux enregistrés. Le système agents peut être réalisé en JAVA en utilisant JTAPI (JAVA Telephony API), JNI (JAVA Native Interface) et RMI (Remote Methode Invocation).

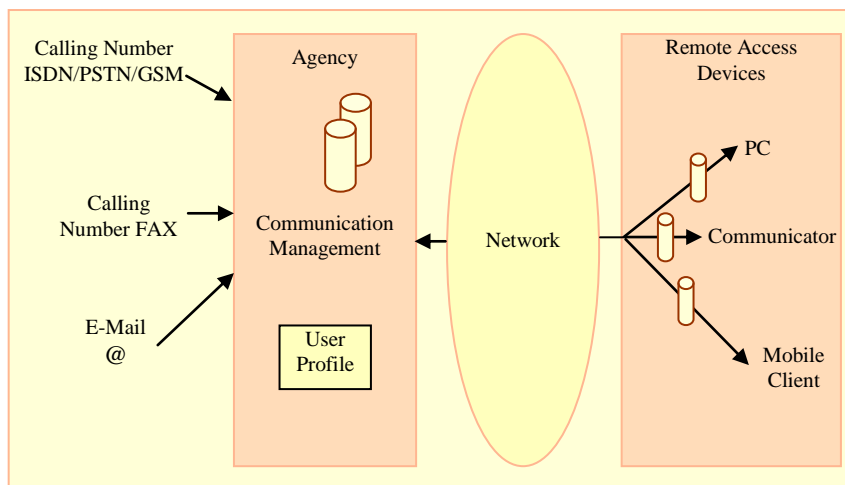


Figure 5. *Adaptive Profile Management*

10.3.2.1.2. Virtual Address Book

Le service virtuel du carnet d'adresses (VAB) permet à un utilisateur UMTS d'employer plusieurs types de terminaux pour accéder et faire la mise à jour de ses données. Ces terminaux ne possèdent pas les mêmes caractéristiques logicielles et matérielles et peuvent être situés dans des endroits géographiquement éloignés.

Les mobiles ont généralement une mémoire personnelle dans laquelle des noms alphanumériques peuvent être manuellement stockés, mais n'ont pas les moyens d'accéder à de nouveaux détails en temps réel. Un PC desktop peut fournir un accès aux noms des employés d'une compagnie et à leurs numéros de téléphone par l'intermédiaire d'une application spécifique ou plus récemment par l'intermédiaire d'un Intranet, mais exigera de l'utilisateur le lancement d'une demande séparée pour stocker les informations personnelles du carnet d'adresses. La communication entre ces applications sur les différents équipements n'est pas actuellement possible.

L'architecture agent joue un rôle très important pour fournir une vue cohérente des données d'utilisateur indépendamment de l'endroit, de la base de données, du type de terminal, et de la configuration de réseau. L'architecture agent traite également le problème de l'uniformité de l'information ainsi que les aspects relatifs à la résolution de conflit et à l'accès partagé à l'information du carnet d'adresses.

Un des défis principaux de ce service sera de fournir une interconnexion effective entre les bases de données existantes. Les agents mobiles représentent une solution élégante. L'architecture pour le service VAB se compose d'agents de collaboration multiples pour fournir une solution flexible pour le problème d'uniformité de l'information, qui est la question clé pour le service VAB. L'introduction des agents dans cette architecture fournit la valeur additionnelle à la fonctionnalité offerte par la technologie de stockage qui sera employée pour fournir ce service. Cette valeur supplémentaire est réalisée par "l'intelligence"

des agents qui traitent les préférences de l'utilisateur, les caractéristiques du service, le terminal et les caractéristiques de communication.

Les avantages principaux à cet égard sont les suivants :

- Un grand système réparti et hétérogène tel que l'UMTS emploie une variété de technologies de stockage. L'interconnexion entre ces technologies est très difficile. Les agents de base de données éliminent ce problème en fournissant une solution optimisée qui est réalisée par la collaboration entre les agents représentant ces technologies. Par exemple, un utilisateur emploie un système de fichiers pour stocker l'information sur son terminal mobile et une base de données orientée objet sur son PC à la maison. Afin d'obtenir l'information mise à jour sur son terminal mobile, les agents peuvent fournir la fonctionnalité qui facilite la négociation avec des agents contrôlant l'information dans la base de données orientée objet.

- Une solution Agent a un avantage spécial dans des environnements sans fil où la bande passante est une ressource rare et coûteuse. Par exemple, un utilisateur mobile voudrait obtenir une version mise à jour de ses informations mais ça sera très coûteux dans le cas où il serait nomade. Avec cette architecture il est possible de lancer une demande de mise à jour et laisser l'agent utilisateur rassembler l'information de différents hosts off-line. Dans ce scénario si l'utilisateur a besoin d'une information urgente, l'agent utilisateur peut fournir cette information dès que l'utilisateur devient online. Pour les mises à jour non-urgentes l'agent utilisateur peut fournir l'information quand le coût de la réalisation est dans les limites indiquées par l'utilisateur.

- Afin de créer un VHE à un endroit visité, l'agent utilisateur peut collaborer avec des agents dans ce nouvel endroit pour personnaliser ce nouvel environnement selon les préférences de l'utilisateur. Ceci exige l'interconnexion entre différents mécanismes de stockage et la présentation de l'information d'environnements pour créer la notion du VHE.

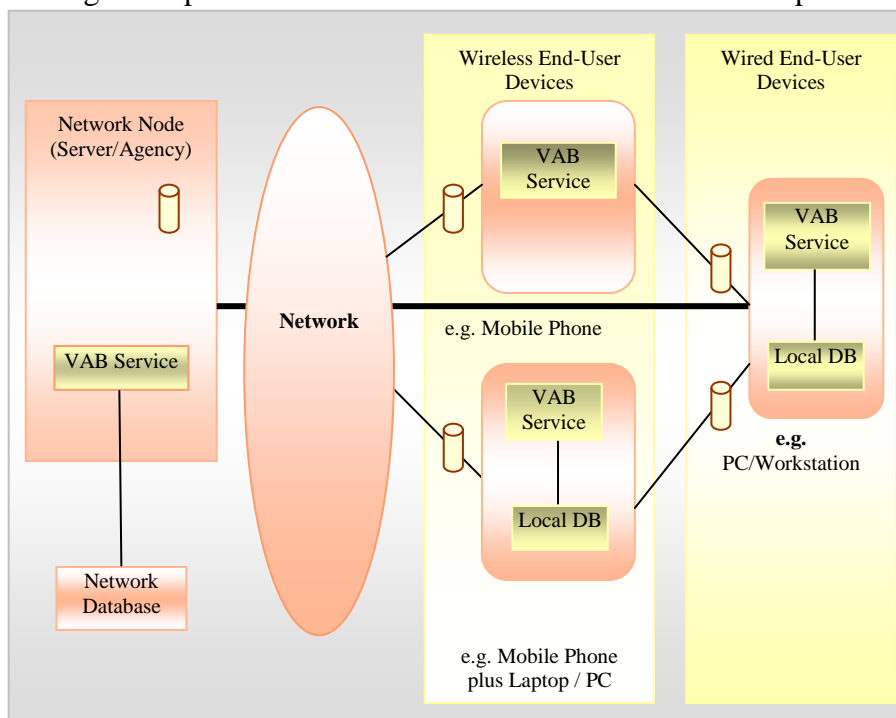


Figure 6. Virtual Address Book

La figure 7 montre une vue schématique de l'architecture Agent. Cette architecture est basée sur un modèle en couche dans lequel les agents représentant la fonctionnalité d'un service sont placés dans la couche de service. Chaque service est représenté par un agent de profil de service qui collabore en créant un VHE pour ce service dans n'importe quel environnement où ce service est supporté. Un exemple de tâche pour cet agent pour le service VAB est de maintenir le host avec lequel ce service doit se synchroniser pour obtenir une information d'utilisateur mise à jour. « *The information presenter* » agent considère les préférences de l'utilisateur, les caractéristiques du terminal, et le profil de service pour montrer une vue cohérente des données de l'utilisateur dans un mode optimal. Il est de la responsabilité de « *information manager agent* » de communiquer avec « *Agent Infrastructure Layer* » pour accéder et pour stocker les données de l'utilisateur.

Pour le VAB au moins quatre classes d'agents sont nécessaires :

User agent: Cet agent gère les préférences de l'utilisateur et joue un rôle important pour créer le VHE pour l'utilisateur.

Terminal agent: Cet agent est responsable de la gestion des caractéristiques du terminal (par exemple type et taille d'affichage) et joue également un rôle important pour créer le VHE. Terminal et user agent sont consultés par d'autres agents de service et d'infrastructure pour personnaliser/optimiser les tâches de l'utilisateur.

Communication agents: Ces agents sont responsables de la communication avec d'autres applications.

Database agents: Ces agents sont utilisés pour gérer le stockage d'informations. C'est cette classe qui fournit l'uniformité de l'information pour le service VAB. Le mécanisme de stockage utilisé peut changer selon le type du terminal. Cette architecture reflète un scénario peer-to-peer. Pour une configuration client-serveur, « *Agent Infrastructure Layer* » sera divisé et quelques composants seront déplacés sur le côté serveur. La plupart des agents de base de données sont déplacés sur le serveur pour manipuler les demandes multiples de clients. L'architecture du serveur doit être équipée de fonctionnalités additionnelles pour manipuler les demandes multiples de différents clients.

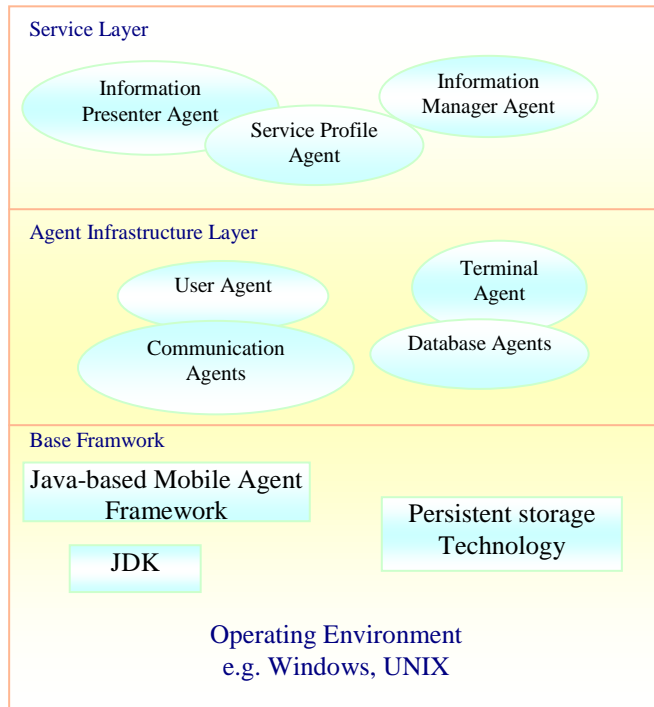


Figure 7. *L'architecture agent*

10.3.2.2. Perfectionnement des différents composants existant

Dans ce cas, l'introduction de la technologie d'agent mobile dans l'UMTS vise principalement à perfectionner les composants existants du réseau. Car l'UMTS est un concept révolutionnaire, ce qui signifie qu'il devrait tirer bénéfice des activités et des expériences de recherches qui ont été faites dans le GSM. Dans la phase 2+ du GSM la technologie CAMEL basée sur le concept IN (Intelligent Network) est introduite. Par conséquent il est raisonnable de garder la fonctionnalité existante de CAMEL, mais de mettre en application différentes interfaces correspondant à la technologie d'agent mobile.

Dans [PEY 99], les auteurs décrivent une approche agent mobile pour réaliser le concept du VHE en considérant deux aspects qui sont le roaming et l'indépendance du terminal. Le roaming vise à rendre l'accessibilité des services personnalisés dans n'importe quel réseau visité par l'utilisateur, alors que l'indépendance du terminal s'intéresse à l'adaptation de la présentation de service aux équipements terminaux (téléphone mobile, Laptop, PDA...) selon sa capacité et les caractéristiques du système par exemple et selon le profil utilisateur.

Pour l'intégration de la technologie d'agent mobile dans l'UMTS les différents composants existant doivent être soutenus par des interfaces additionnelles.

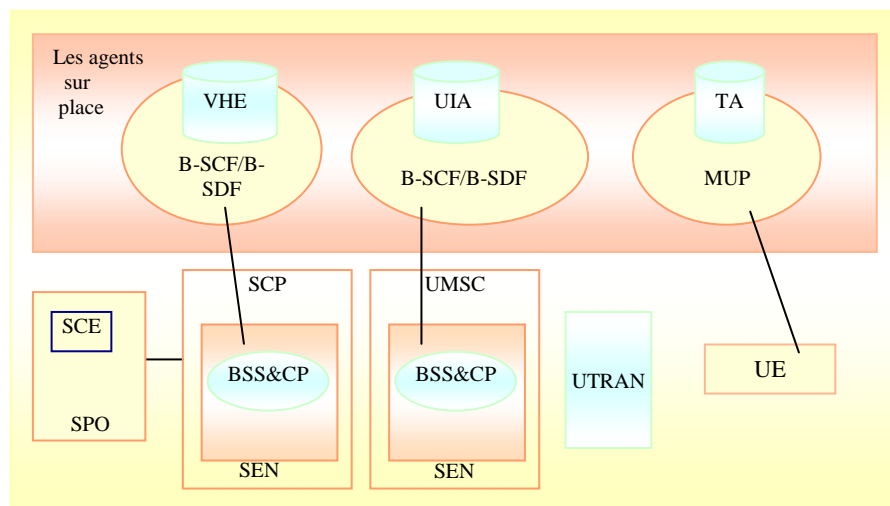


Figure 8. *Les agents dans l'UMTS*

L'architecture globale de l'UMTS intégrant la technologie d'agent mobile est illustrée sur la figure 8. Elle contient des composants de réseau comme le MSC (Mobile Switching Center) de l'architecture GSM (MSC: élément du réseau cœur du GSM interconnectant les stations de contrôle et permettant le cheminement de l'information dans le RTC par la commutation des circuits téléphoniques). Cependant, le MSC dans l'UMTS sera plus intégré qu'en GSM. Il devrait contrôler les différents réseaux d'accès, par exemple, les BSSs existant du GSM (Base Station Subsystem) ainsi que les RNS (Radio Network Subsystem).

Pour l'intégration de la technologie d'agent mobile dans l'UMTS, le SSPs (Service Switching Point) et SCPs de l'UMSCs doivent être soutenus par des interfaces additionnelles. Les fonctionnalités de SCFs (Service Control Function) et SDFs (Service Data Function) sont fusionnées pour fournir une architecture distribuée. Ces SCFs et SDFs combinés sont nommés BSCF/ B-SDF, et fournissent des interfaces pour les services broadband de communication.

L'environnement d'exécution d'agent devrait être fourni par l'USIM ou par le TE/TA. Dans cette architecture, l'agent VHE fournit les services personnalisés pour l'utilisateur dans n'importe quel réseau, et suit l'utilisateur partout où il est.

L'agent VHE contient la liste des services souscrits par l'utilisateur ainsi que son profil. Un Provider Agent (PA), qui réside dans chaque environnement, contient la connaissance de tous les services fournis par ce réseau. Ainsi l'agent VHE communique avec le Provider Agent lors d'un roaming afin d'obtenir l'information sur les nouveaux services fournis par le réseau visité. L'UMSCs doit fournir un environnement d'exécution qui permet aux agents d'accomplir leurs tâches. Il permet à l'agent VHE, par exemple, de se déplacer entre les différents UMSCs. En plus, l'agent VHE peut être placé sur le terminal de l'utilisateur, et se déplace après l'établissement de la connexion dans le nouveau réseau.

L'architecture agent contient d'autres agents comme : TA (Terminal Agent : il fournit une interface à l'utilisateur afin de faire une authentification avant de demander le service), UIA

(User Interface Agent : il transfère les caractéristiques du service au terminal afin de fournir le GUI approprié) et SA (Service Agent : il utilise le service fourni par le PA).

10.3.2.3. L'accès Web pour l'UMTS

Un autre domaine d'application des agents mobile dans l'UMTS est la navigation Web qui figure parmi les applications d'Internet les plus populaires et sera certainement parmi les premières, avec la messagerie électronique, à équiper les réseaux cellulaires de la troisième génération [PER 02]. Les pages Web sont des documents de type hypertexte qui contiennent d'autres documents comme les images, le son, les textes et les liens vers d'autres pages Web. HTTP est le protocole qui permet l'accès aux serveurs Web.

La convergence filaire/ sans fil permet aux opérateurs sans fil d'offrir de nouveaux services existant déjà sur le filaire. Cependant, cette convergence entre le monde des communications mobiles et les réseaux IP apporte beaucoup de difficultés dues aux différences entre ces deux types de réseaux en termes de fonctionnement et de trafic [MOU 92].

En dépit de l'indépendance du matériel IP, IP n'a pas été conçu pour fonctionner avec les équipements mobiles. En effet, la mobilité de l'utilisateur n'a pas été prise en considération par la génération des protocoles IP. D'autre part, IP mobile a été créée pour faire la gestion de la macro-mobilité de l'utilisateur et non dans un contexte de micro-mobilité. En outre, le spectre étroit assigné aux systèmes sans fil et le taux d'erreurs élevé sur l'interface radio réduisent extrêmement la bande passante offerte et représentent la difficulté principale de relier IP à un environnement sans fil. Dans un contexte cellulaire, les agents mobiles sont utilisés pour améliorer l'accès Web et pour réduire la signalisation HTTP sur l'interface radio [PER 02].

La caractéristique principale des agents mobiles est l'aptitude à se déplacer d'un site à un autre de leur propre initiative. La mobilité du code permet de réduire dans certains cas les communications d'un système client/serveur traditionnel.

Les demandes envoyées par l'utilisateur pour obtenir tous les liens dans une page Web seront plus lentes dans le cas d'un trafic surchargé. Ceci retarde la réception des pages Web et augmente le temps de connexion de l'utilisateur sur l'interface radio. Cette tâche peut être exécutée par un agent mobile afin de réduire l'occupation d'un canal radio.

La navigation offline consiste à rechercher récursivement un certain nombre de pages d'un site Web selon des filtres réglés par l'utilisateur. Les agents mobiles peuvent agir comme un HTTP Proxy afin de diminuer le nombre de demandes envoyées par le client et réduire le délai de recherche pour les documents inclus dans la même page Web. Dans le cas offline, les agents mobiles sont employés pour rechercher un site Web tandis que l'utilisateur est déconnecté et fournir le résultat une fois le traitement réalisé. Ceci doit éviter un long temps de connexion et un grand nombre de demandes intermédiaires sur l'interface air.

Les pages Web se composent de documents HTML qui contiennent des références à d'autres pages, et des documents inclus comme des images, du son, de la vidéo ainsi que d'autres fichiers HTML.

Les browsers offline permettent aux utilisateurs qui ont un accès lent à Internet de chercher entièrement ou partiellement un site Web selon un certain nombre de filtres. Les utilisateurs téléchargent également chaque page dont ils ont besoin. Ainsi, ils peuvent accéder à ces pages en différé une fois que le transfert en totalité est terminé.

Avant de présenter l'architecture agent nécessaire dans ce contexte, on présente sur la figure 9 le réseau d'accès radio de l'UMTS.

UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) se compose de quatre éléments essentiels (voir la figure 9) :

- user équipement qui représente le terminal de l'utilisateur. Il consiste en un téléphone mobile ou un portable sans fil ;
- la cellule qui est l'élément de base de l'architecture cellulaire du système UMTS. En effet, les utilisateurs peuvent demander des services dans toutes les cellules créées par l'opérateur dans un secteur géographique. Généralement, une cellule est servie par une station de base ;
- le noeud-B qui se compose d'un ensemble de cellules adjacentes ;
- le Radio Network Controller (RNC) qui administre un ensemble de Noeud-B. Le RNC est le responsable des handovers entre toutes les cellules dans son ensemble. D'un point de vue fonctionnel par rapport au système, plusieurs identificateurs sont nécessaires dans cette architecture : identification de cellules cell ID, identification de RNC, RNC ID, et le (SAI) Service Area Identifier. Le SAI est nécessaire pour calculer la localisation de l'utilisateur. La mobilité de l'utilisateur est représentée par deux états : basse activité et haute activité. Selon l'activité d'un UE, sa localisation est connue au niveau de la cellule (dans le cas de basse activité) ou dans un secteur plus grand qui se compose de plusieurs cellules (dans le cas de haute activité). La taille d'une zone de service est définie par l'opérateur. Elle est fixe selon la procédure de gestion de mobilité employée par l'opérateur. Dans [PER 02], un Nœud -B est associé à la zone de service.

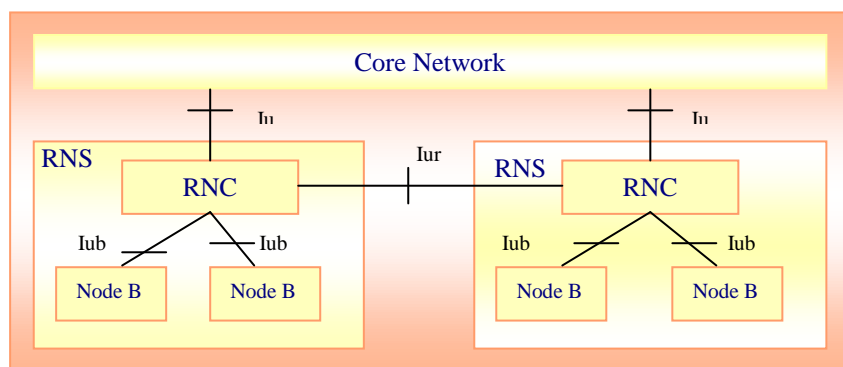


Figure 9. L'architecture UTRAN

Dans le modèle UTRAN, les Noeud-Bs sont connectés par l'intermédiaire de l'élément RNC. Les agents peuvent employer ces connexions pour communiquer et pour se déplacer d'un Noeud-B à un Noeud-B adjacent. Quelques ressources sur la partie filaire de l'UTRAN peuvent être employées lors de la communication entre les agents. Comme représenté sur la figure 10, des agents seront installés sur tous les Noeud-Bs. Chaque agent émigrera du Noeud-B au Noeud-B en employant des connexions spéciales entre les Noeud-Bs. Le choix

d'installer des agents sur les Noeud-Bs est pris du fait que l'utilisateur met à jour sa localisation chaque fois qu'il se déplace d'un Noeud-B à un Noeud-B adjacent.

La localisation de la zone de service est équivalente à un Noeud-B. Dans ce contexte, l'agent peut employer une trajectoire semblable à celle prise par l'utilisateur. Le principe de cette architecture est basé sur l'idée principale qu'un agent mobile est associé à chaque utilisateur dans le réseau cellulaire. L'agent effectue des opérations pour l'utilisateur selon un profil prédéfini. Des applications classiques basées sur le modèle client/serveur imposent que les opérations doivent être effectuées sur l'équipement terminal. Ainsi, l'utilisateur doit rester connecté pendant le traitement.

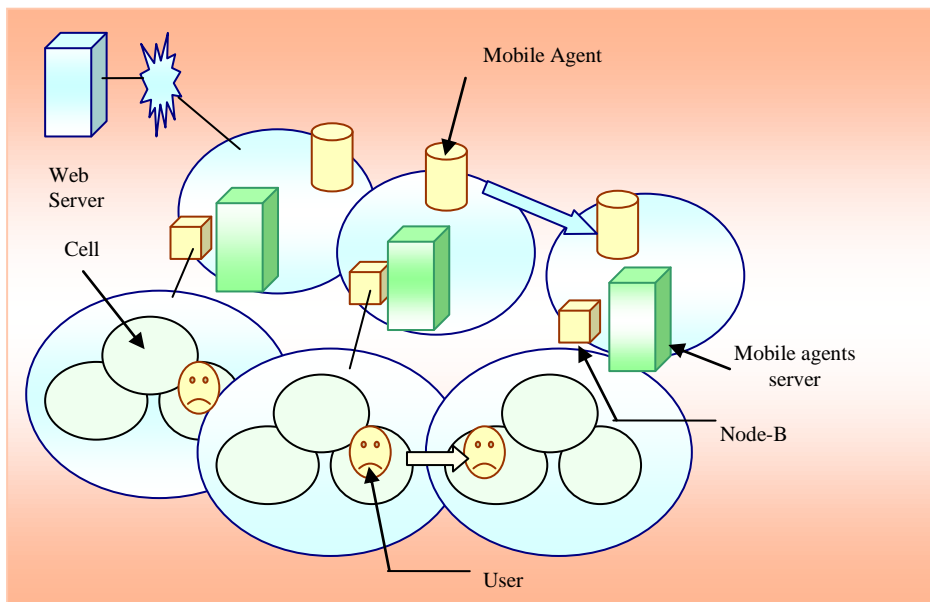


Figure 10. *L'architecture avec les agents mobiles*

L'utilisation de la technologie d'agents mobiles permet d'améliorer les interactions client/serveur sur le côté filaire du réseau, ainsi la liaison radio est utilisée seulement si nécessaire. Une telle stratégie réduit les coûts de communication sur l'interface radio et améliore également les communications en employant le lien le plus rapide pour les interactions avec le serveur. (La bande passante sur le lien radio est très faible par rapport à la bande passante sur la partie filaire).

La tâche de l'agent consiste à traiter la page Web lors de son transfert à l'utilisateur ; ce traitement permet d'envoyer les demandes pour les documents inclus dans la même page avant que l'utilisateur les demande d'une manière classique et évidemment l'agent envoie la réponse à l'utilisateur dans un délai nettement inférieur.

Le problème principal de cette technique est d'empêcher le client d'envoyer les demandes des documents que l'agent a déjà envoyés. Pour résoudre ce problème, les auteurs utilisent un petit programme sur l'équipement terminal ; ce programme traite la réponse reçue concernant

les documents inclus dans la même page. Quand l'agent trouve une référence sur une page Web, il informe le programme par rapport au fichier entrant.

Dans le scénario de navigation offline, l'utilisateur choisit le site ou l'ensemble de pages qu'il veut télécharger ; par la suite il place d'autres paramètres comme la profondeur de récursivité ou les filtres de file/url et envoie sa demande à l'agent. L'agent téléchargera chaque page récursivement, et analysera chaque page pour suivre les liens. Puisque toutes les demandes sont exécutées par l'agent, seulement le résultat final est expédié à l'utilisateur dans un fichier simple (fichier de type.tar).

En utilisant cette technique, les communications qui utilisent l'équipement de l'utilisateur consistent seulement dans l'accomplissement de deux tâches : traiter la demande de l'utilisateur et envoyer le résultat final ; on élimine toutes les interactions intermédiaires exécutées par l'agent. Notez que l'utilisateur sur l'interface radio est débranché pendant l'opération entière. En raison de l'arborescence qui représente la structure d'un site Web, chaque page contient un ensemble de documents ainsi que des liens vers d'autres pages. Par conséquent, un grand nombre de demandes peuvent être ignorées sur l'interface radio.

La section suivante représente le résultat de la simulation. Dans les deux cas online et offline, le modèle de simulation peut être résumé sur les figures 11 et 12, qui correspondent respectivement à la manière classique et à la solution basée sur les agents.

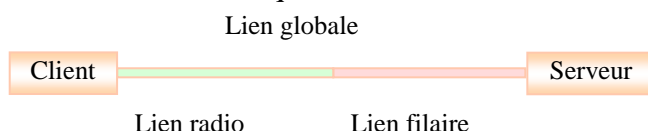


Figure 11. *Modèle de simulation : méthode classique*

Classiquement, le lien de communication est modélisé par un lien global qui se compose d'un lien radio et d'un lien filaire.

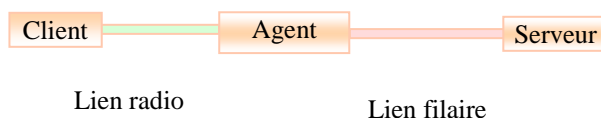


Figure 12. *Le modèle de simulation : en utilisant des agents*

Selon la mobilité d'agent, l'utilisateur peut être vu comme un élément statique par rapport à cet agent. L'interface de communication est modélisée à travers différents paramètres comme le taux de transfert, le délai de propagation, la taille du buffer sur chaque nœud, et le nombre de hops qu'ils contiennent. Ils calculent un temps de transfert pour une certaine quantité de données selon ces paramètres. Trois entités peuvent être distinguées: le client, l'agent et le serveur. Le serveur simule le comportement d'un serveur Web, qui fournit les documents demandés.

Dans le cas d'une navigation online, et d'une manière classique et en absence d'agents, le client simule le comportement de navigateur, il calcule le temps pour envoyer et recevoir les réponses du serveur. Dans ce modèle l'agent doit simuler le même comportement sur le lien filaire et calcule le temps pour les demandes de transmission et les réponses entre l'utilisateur et le serveur. Ici, des communications sur l'interface radio sont réduites à la demande de la page principale ainsi que lors de sa réception. La simulation est réalisée pour comparer l'accès Web avec et sans les agents. Différents scénarios sont considérés pour illustrer l'utilité d'utiliser des agents mobiles.

Le tableau suivant représente les caractéristiques des pages Web traitées :

	Cache	Typical	Graphical	Long text
Mean page size (Ko)	9	6	6	30
Mean link size (Ko)	4	2	20	4
Mean links by page	4	2	20	8

Tableau 1. *Caractéristiques des pages Web analysées*

Dans le cas d'une navigation offline, le client calcule les périodes pour demander et recevoir les pages et les documents récursivement. Des documents inclus dans la même page sont téléchargés parallèlement avec la page principale, mais des pages entières sont recherchées séquentiellement.

Pour conclure et dans [PER 02], les auteurs présentent une architecture d'agents mobiles qui permet de réduire la bande passante et d'améliorer la navigation web. L'idée était d'associer un agent à chaque utilisateur dans le système, cet agent suivant chaque déplacement de l'utilisateur. Ainsi une architecture d'agents mobiles a été intégrée à l'architecture UTRAN.

Deux scénarios ont été étudiés dans le contexte de HTTP : la navigation online et offline. Les simulations prouvent qu'un grand intérêt peut être attendu de l'utilisation d'agents mobiles. Dans le cas d'une navigation online, l'architecture proposée augmente la bande passante de l'utilisateur sur l'interface radio et réduit le temps de recherche d'une page. Dans le cas offline, les agents diminuent extrêmement le nombre de messages sur l'interface radio.

A la fin on peut dire que la navigation Web est une application qui peut tirer profit de l'utilisation d'agents mobiles. Cette technologie permet aussi de fournir des services adaptés aux besoins de l'utilisateur dans les systèmes mobiles de la 3^{ème} génération.

10.4. Introduction au WLAN

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.

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. Toutefois ce type de réseau pose quelques problèmes, 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.

10.4.1. 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 [HEL 99], l'utilisation des agents intelligents pour la gestion des réseaux hétérogènes [GUR 98], la proposition d'une architecture multi-agents pour maîtriser le M-commerce [GRE 01], la définition d'un scénario de référence utilisant des agents fixes et mobiles pour garantir la QoS entre un serveur et un terminal mobile [ANS 00] et l'implémentation d'un service d'opérations bancaires à domicile basée sur l'application des agents mobiles [HAR 99].

Plus généralement, cinq grands domaines d'utilisation de la technologie agent dans le wireless sont identifiés.

10.4.1.1. 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. Pour cela, une méthode consistera à utiliser la localisation du terminal et à faire des prévisions pour allouer les ressources nécessaires aux terminaux [ANS 00] 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) [JAM 99].

Une méthode simple pour localiser le terminal mobile est d'employer des mesures pour déterminer le «radio path loss ». Dans [McG 03], 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 :

- les futures localisations du terminal,
- les changements de QoS,
- les moments de déconnexions.

Il faut apprendre :

- les caractéristiques de la connexion réseau,
- le modèle de comportement de l'utilisateur,
- les préférences de l'utilisateur.

10.4.1.2. 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.

10.4.1.3. 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.

10.4.1.4. Contrôle de la signalisation

La technologie agent mobile peut également être utile pour contrôler la signalisation. 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.

10.4.1.5. 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.

10.4.2. 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. 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.

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.

10.5. La 4^{ème} génération de réseaux mobile

10.5.1. Définition de la quatrième génération

L'utilisateur de la 4^{ème} 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 13, 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.

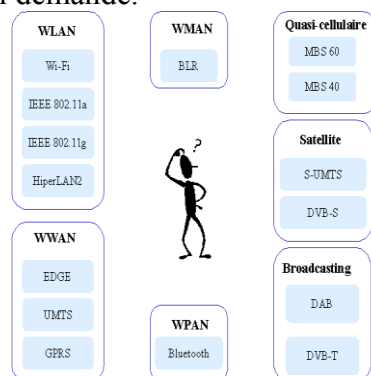


Figure 13. Les différentes technologies d'accès sans fil pour l'utilisateur 4G

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.

10.5.2. Les espérances des utilisateurs pour les réseaux mobile 4G

Pour la 4^{ème} génération de réseaux mobiles, quelques scénarios potentiels ont été identifiés et les points communs sont montrés ci-dessous :

- Nouveaux équipements de type entrée/sortie seront disponibles pour l'échange rapide de données.
- Nouvelle industrie de semi-conducteur (les terminaux 4G seront disponibles pour tous).
- L'accès aux systèmes mobiles de la quatrième génération sera à bas prix.
- La quantité d'utilisateurs atteindra un niveau élevé.
- Il y aura une grande concurrence entre les applications et les fournisseurs de service pour satisfaire les utilisateurs.
- La qualité de l'accès Internet filaire ou sans fil sera égale ou presque identique.
- Les applications multimédias seront utilisées à une grande échelle.
- Les réseaux mobiles devraient être stables, sûrs et disponible tous le temps.
- L'interconnexion devra être facile entre les différents systèmes (GPS, Internet, autres réseaux de communication).

10.5.3. Les conditions techniques pour réaliser la quatrième génération de mobiles

Afin de répondre aux différents besoins des utilisateurs, la quatrième génération de mobiles doit satisfaire les conditions techniques suivantes :

- La majorité de personnes peut accéder à la voix ou aux bases de données de services qui sont fournis par les réseaux mobiles (ceci exige une gestion de ressources efficaces, par exemple l'utilisation d'une extension ad hoc dans les systèmes sans fil).
- Le réseau mobile peut être attaché entièrement à l'Internet en raison de son concept de base (de cette façon, la technologie IP serait employée par le réseau mobile (exemple: VoIP).
- Le réseau peut s'auto-organiser (il contrôle plusieurs backbones et il utilise le meilleur).
- Le système peut maintenir les paramètres de QoS (qualité de services).
- Le paramètre de la disponibilité de communication dans le réseau doit converger vers 100%.
- Une interface universelle de software/hardware pourrait être normalisée ce qui devrait faciliter le développement de nouveaux services sans aucun problème.

10.5.4. Application des agents dans les réseaux mobile de la 4G

Il y a peu de travaux basés sur les systèmes multi-agents dans le domaine des réseaux mobiles de la 4^{ème} génération. La figure 14 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 [BEN 03]. 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 :

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

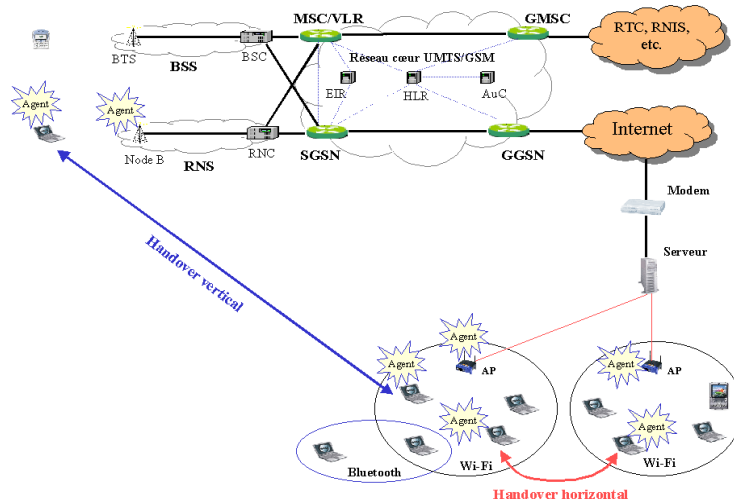


Figure 14. *Handover horizontal et handover vertical*

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 15, 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.

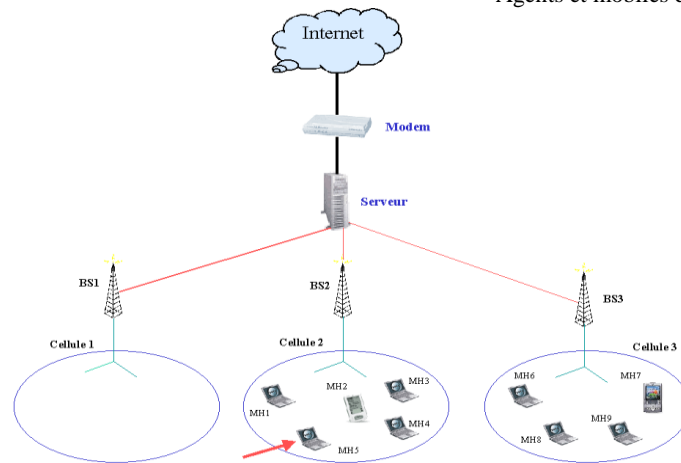


Figure 15. Exemple de réseau Wi-Fi

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 [GAR 02] :

- Le nombre d'hôtes autorisés à utiliser le canal doit être limité ;
- 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 ;
- 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.
- En tenant compte du travail qui a été réalisé dans [McG 03], 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 16 représente la répartition des cellules et les identificateurs associés, dans une salle de conférence possédant 3 points d'accès Wi-Fi.

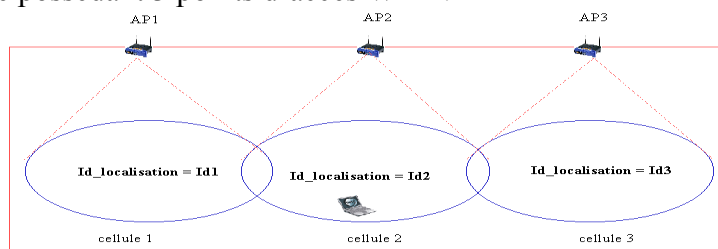


Figure 16. Distribution des cellules dans la salle

Le système multi-agent, contient deux agents :

- **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.

- **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 17 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 en train, 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 mêmes agents sur les points d'accès voisins (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 savoir 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.

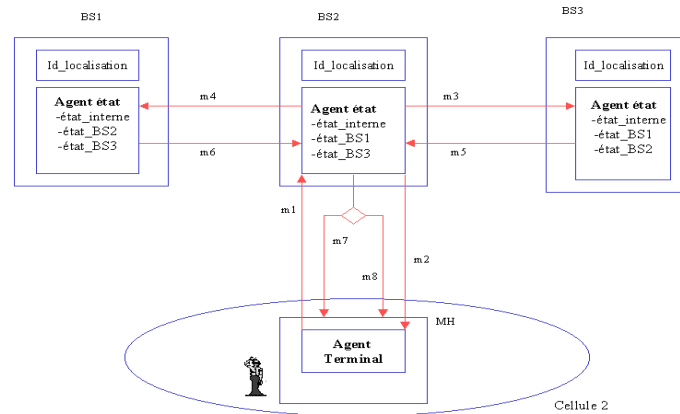


Figure 17. Les interactions entre les agents

10.6. Conclusion

Les systèmes multi-agents constituent un thème de recherche en pleine évolution. Ils font intervenir plusieurs domaines de recherche tels que l'intelligence artificielle (IA), les systèmes répartis, la psychologie cognitive et la biologie.

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'application de la technologie agent dans le cadre des réseaux mobiles de la 3^{ème} génération et de la 4^{ème} génération.

L'application de la technologie agent dans un réseau mobile de 3^{ème} génération comme l'UMTS, vise à définir de nouveaux services afin de réaliser l'approvisionnement de services selon les besoins de l'utilisateur, le perfectionnement des différents composants existants dans l'UMTS ainsi que la réduction de la bande passante sur l'interface radio pour les différentes applications comme l'accès web.

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.

Dans le cadre de la 4^{ème} génération de mobile (4G), plusieurs technologies d'accès sans fil sont présentées à l'utilisateur. Ce dernier 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, 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.

La technologie agent, dans ce cas, permet à l'utilisateur de changer de réseau d'accès en fonction de ses besoins.

Selon le profil de chaque utilisateur, un agent peut fournir un service [JEN 98]. Souvent ces agents créent de nouveaux agents qui se déplacent dans les différents réseaux pour accomplir des tâches définies par les agents créateurs. Ils contactent des fournisseurs de services afin de déterminer la meilleure offre ou bien la meilleure application. Enfin ils composent une liste de services trouvés et appropriés. Les agents peuvent accomplir des tâches multiples (exploitation de données, auto localisation, localisant d'autres agents et utilisateurs, etc..) dues à l'intelligence programmée ; Les agents habituellement ne fonctionnent pas sur l'équipement de l'utilisateur ainsi ils ne consomment pas ses ressources mais ils fonctionnent sur des systèmes spécifiés (par exemple Internet) ; les résultats traités peuvent être affichés sur l'écran du terminal mobile facilement.

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.

Bibliographie

- [ANS 00] 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.
- [BEN 03] B. Benmammar, F. Krief, « La technologie agent et les réseaux sans fil », *congrès DNAC*, octobre 2003
- [BER 01] L. Berry, « la société des agents », *Rapport de Synthèse*, Avril 2001.
- [CHA 99] B. Chaib-draa, « Agents et Systèmes Multi-Agents », *cours-département d'informatique*, Université Laval, 1999.
- [FER 95] J. Ferber, « les Systèmes Multi-Agents, Vers une intelligence collective », *InterEditions*, 1995.
- [GAR 02] 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,
- [GRE 01] S. Gregory and Z. Guo. « The Architecture of Mobile Agent in Wireless Environment », *Macau IT Congress*, 200125-30 May 2002.
- [GUR 98] D. Gürer, V. Lakshminarayan and A. Sastry. « An Intelligent Agent-Based Architecture for the Management of Heterogeneous Networks », presented at DSOM '98, Newark, Delaware.
- [HAR 99] 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.
- [HEL 99] 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
- [HJE 98] 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.
- [IBM 95] IBM, « Intelligent Agent », *White paper*, 1995.

Disponible sur <http://activist.gpl.ibm.com:81/WhitePaper/ptc2.htm>

- [JAM 99] 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.
- [JEN 98] 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
- [KLU 97] Kluwe S. « Intelligent Communication Manager: Conception and realisation of a platform-independent remote access over the Internet », *Master Thesis, Communication Networks, RWTH Aachen*, November 1997.
- [MAG 96] 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.
- [McG 03] 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.
- [MOU 92] Mouly M., Pautet M.-B. « The GSM System for Mobile Communications ». Published by the authors, 1992.
- [PER 02] L. Perato and K. Al Agha. « Web access for the UMTS air interface by using mobile agents ». In *IEEE WCNC'02: Wireless Communications and Networking Conference*, Orlando, USA, March 2002. IEEE Publisher.
- [PEY 99] Peyman Farjami, Carmelita Gorg, Frank Bell. « A Mobile Agent-based Approach for the UMTS/VHE Concept ». SMARTNET'99, *The Fifth IFIP Conference on Intelligence in Networks 22-26 November 1999*, Asian Institute of Technology, Thailand
- [RIV 98] J. Rivadeneyra and J. Miguel-Alonso, « A communication architecture to access data services through GSM », *7th IFIP/ICCC Conference on Information Networks and Data Communications, Aveiro (Portugal)*, June 1998.