

Chapitre 7

Les interfaces intelligentes et les communications mobiles

Badr Benmammar

Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique
33400 Talence, France
badr.benmammar@labri.fr

Zeina Jrad

INRIA Rocquencourt, Domaine de Voluceau
B.P. 105, 78153, Le Chesnay, France
zeina.jrad@inria.fr

7.1. Introduction

L'informatique mobile connaît depuis le début des années 1990 un essor important. Deux aspects principaux contribuent à cet essor. D'une part le développement des calculateurs mobiles : ordinateurs portables, assistants numériques, téléphones mobiles, outils de navigation GPS sont autant de formes des calculateurs qui peuvent être embarqués par un utilisateur aujourd'hui. D'autre part,

2 Les Systèmes Embarqués Communicants

les infrastructures de communication pour terminaux mobiles sont également en plein essor, en particulier les réseaux téléphoniques cellulaires.

En effet, et pour satisfaire les besoins accrus des utilisateurs en terme de mobilité, un domaine a suscité un intérêt particulier en termes de recherche et de développement technologique ces dernières années, il s'agit du domaine des communications mobiles. Ce domaine demande une expertise spécifique couvrant plusieurs aspects, allant de la couche physique aux protocoles d'accès multiples jusqu'aux aspects réseaux comme la gestion de ressources radio et de la mobilité.

Les communications mobiles est un domaine en plein expansion, en effet et depuis quelques années, le nombre mondiale d'abonnés à la téléphonie mobile par exemple a dépassé le nombre total d'abonnés à la téléphonie fixe. Les experts industriels prédisent qu'en 2010, les communications mobiles de données vont générées plus que la moitié des revenus des fournisseurs de services sans fil [BAU]. De plus les terminaux mobiles seraient les principaux moyens d'accès aux services de l'Internet.

Dans [USK] et d'un point de vue utilisateur, trois type de mobilité peuvent être identifiés: la mobilité continue, la mobilité statique et le nomadisme. Dans le premier cas (la mobilité continue), un utilisateur accède à l'ensemble de ses services en étant mobile. Si l'utilisateur manifeste une absence de mouvement sachant qu'il possède tous les mécanismes nécessaires pour supporter sa mobilité alors en parle d'une mobilité statique. Finalement, et dans un contexte de nomadisme, les utilisateurs peuvent accéder à l'ensemble de leurs services à des endroits particuliers comme les aéroports ou les hôtels.

En réalité, quelques soit le type de mobilité des utilisateurs, ces derniers ont besoin de communiquer pendant leurs déplacements, ils souhaitent que leurs mobilités soient complètement transparentes. Le handover (passage d'une cellule à une autre) doit être transparent à l'utilisateur, et l'un des soucis majeurs lors de la conception des réseaux cellulaires par exemple, consiste à éviter aux utilisateurs mobiles le désagrément causé par des coupures de communication. En effet, du point de vue client, la coupure d'une communication est beaucoup plus désagréable qu'un échec de connexion.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons en premier lieu aux interfaces intelligentes qui facilitent l'accès de l'utilisateur mobile au réseau tout en garantissant une qualité de service correspondante à son profil. Nous parlerons ensuite d'une technologie sans fil capable de supporter à la fois la qualité de service ainsi que la mobilité de l'utilisateur, il s'agit de la norme IEEE 802.16 ou le WiMAX.

Le reste de ce chapitre est organisé comme suit : La première partie présente les concepts liés aux interfaces utilisateurs intelligentes ainsi que leur caractéristique. La deuxième partie présente les critères nécessaires pour modéliser un utilisateur en se basant sur les données contextuelles.

Une synthèse sur les réseaux mobiles et sans fil sera présentée dans la troisième section, ainsi qu'une introduction à la technologie WiMAX et à son positionnement par rapport aux autres réseaux sans fil (WPAN, WLAN et WWAN). La notion de qualité de service est aussi abordée dans ce type de technologie. Nous présentons les différentes classes de service supportées par ce type de technologie. Le rôle joué par le WiMAX mobile dans un contexte de 4^{ème} génération de réseaux mobiles et sans fil est également abordé

Finalement, et dans la dernière section, nous présentons des travaux liés aux réseaux mobiles tel que la prédiction de la mobilité de l'utilisateur et l'interfaçage intelligent pour la gestion de profils utilisateur

7.2. Assister l'utilisateur dans l'accès aux nouveaux services d'Internet

La future génération de réseaux sera caractérisée par l'intégration des différentes technologies de réseaux mobiles. Cette nouvelle génération d'Internet va permettre également le développement de nouveaux services réseau en utilisant des modèles de service plus complexes.

Le concept d'assister l'utilisateur se base sur le principe suivant : un utilisateur souhaitant joindre le réseau ou lancer une application Internet quelconque doit pouvoir toujours voir sa requête aboutir avec la meilleure qualité de service quel que soit son profil et même lors de son déplacement. Il souhaite ainsi que sa mobilité soit complètement transparente et qu'il puisse garder la même qualité de service indépendamment de l'emplacement où il se retrouve et sans qu'il ait à choisir lui-même le moyen adéquat.

La notion "d'interface intelligente" présente a priori une solution adaptée à ce type de problématique ; l'assistant en question pourrait être une interface dotée d'un certain niveau d'intelligence. Cependant, cette notion introduit également un certain niveau de complexité. Ceci est lié en premier lieu au rattachement de cette notion au domaine de l'intelligence artificielle. Nous allons donc chercher à établir une définition qualitative de l'interfaçage intelligent dont nous avons besoin dans le contexte des réseaux mobiles de nouvelle génération. Pour cela, nous commençons tout d'abord par une brève exploration des interfaces utilisateurs et/ou intelligentes.

7.2.2. Les Interfaces Utilisateur Intelligentes

L'intelligence artificielle est une notion qu'il est bien difficile de définir. Elle peut être considérée comme un ensemble de réalisations et de recherches qui essaient d'imiter artificiellement les performances humaines.

L'intelligence artificielle tente donc de douer les systèmes de certaines facultés leur permettant de réagir plus "intelligemment" que l'informatique traditionnelle. Ceci afin de leur permettre de résoudre de manière efficace différents types de problèmes en étant capable de prendre des décisions sans intervention humaine.

Ainsi, de nos jours, plutôt que de chercher si un système peut être intelligent, les chercheurs essaient de fabriquer des systèmes capables de se faire passer pour un être humain. Par conséquent, il devient indispensable d'axer les travaux sur l'utilisateur. D'où l'émergence des systèmes dits "adaptatifs". Ces systèmes sont destinés à traiter les besoins individuels et changeants des utilisateurs, voire même présentant assez 'd'intelligence' pour agir sur le comportement de ceux-ci [BEN 98]. Cette caractéristique entraîne la définition d'un processus indispensable nommé "prédiction". La capacité à prévoir l'action suivante de l'utilisateur permet au système d'anticiper les besoins de celui-ci [DAV 98], de s'adapter et d'améliorer les habitudes de travail de l'utilisateur (comme prédire la mobilité pour réserver des ressources à l'avance).

Comme les ordinateurs pénètrent de plus en plus nos vies, le besoin d'un système capable de s'adapter à l'utilisateur, sans être explicitement programmé par le système du concepteur, devient évident.

7.2.3. Caractéristiques générales d'une interface intelligente

Une "interface" se traduit par un système spécialisé de représentation des connaissances [MUR 93], un dispositif d'interaction entre l'homme et le produit [BON 97], un système interactif [SCH 93] ou encore une secrétaire de communication d'un utilisateur dans un environnement bureautique [NAN 98]. Elle est en outre toujours chargée de mettre en place le dialogue entre l'utilisateur et le système [HOO 97], de présenter une maîtrise à toutes épreuves (avec une notion primordiale de robustesse) et de gérer de manière compétente les tâches de l'utilisateur [SHN 97].

Cette interface devient alors "intelligente" et intègre une certaine mesure ou capacité d'intelligence dès l'instant où elle travaille avec des méthodes d'Intelligence Artificielle dans la perspective de l'utilisateur [WHI 98] et incorpore une ou plusieurs des "fonctionnalités" que nous listons ci-dessous (Nous nous limitons ici à la présentation des caractéristiques liés directement ou indirectement au domaine des communications mobiles, une liste plus complète se trouve dans [SAN 02] :

- Adaptation : c'est-à-dire la capacité à faire face aux changements [MAT 94] du système, en agissant et en travaillant sur le comportement de l'utilisateur ; mais aussi adaptation de tous les messages d'erreurs, de conseil et d'explication au niveau global de connaissance et de compétence de l'utilisateur.
- Autonomie par compréhension de l'état courant de son environnement et action indépendante pour faire progresser les buts [AKO 97] ; agissement simultané et sans intervention de l'utilisateur.
- Simplicité de l'application en temps réel, puisque les utilisateurs peuvent immédiatement voir si leurs actions ont atteint leurs buts [SCH 93].
- Prédiction active de ce que l'utilisateur va écrire ; anticipation par présentation d'alternatives sans que l'utilisateur n'ait à les demander [SCH 93].
- Surveillance de l'interaction [STE 97] et identification de certaines actions de l'utilisateur comme des erreurs, protection de l'utilisateur des conséquences de ces erreurs, explications et conseils pour aider l'utilisateur à les éviter.
- Conseil de l'utilisateur sur des méthodes appropriées et commentaire des méthodes adoptées par l'utilisateur dans le passé [WHI 98].
- Assistance active [LIE 95] et personnalisée qui apprend les centres d'intérêts de l'utilisateur afin d'agir sur son comportement, par compréhension riche et une incorporation d'informations sur la connaissance et l'ensemble des croyances de l'utilisateur.
- Apprentissage, c'est-à-dire adjonction de connaissances [WHI 98] non-visible des habitudes et des préférences de l'utilisateur, en prenant l'initiative d'aborder la discussion de certains concepts que l'utilisateur semble ignorer et dont il pourrait tirer profit.
- Convivialité par la facilité d'utilisation de l'interface, la qualité de la documentation accessible et la clarté des messages fournis par le système.
- Efficacité des opérations tout en dépendant au minimum des données provenant de l'utilisateur [NAN 98].

Les caractéristiques listées ci-dessus permettent de qualifier une interface comme étant intelligente. Nous considérons qu'une interface intelligente se doit d'utiliser au moins une, ou plutôt un maximum de ces "fonctionnalités".

7.3. Modélisation des comportements utilisateurs

Le modèle de connaissances d'un système peut être défini par une structure de données caractérisant, pour l'ensemble du système considéré, l'état de toutes les connaissances du système.

Ainsi la modélisation des utilisateurs permet la sélection de l'information la plus appropriée et la fourniture de services adaptés à l'utilisateur. Un profil utilisateur est une collection d'informations sur l'utilisateur. Cette collection peut être vue comme un ensemble de caractéristiques avec des valeurs associées contenant, par exemple,

ce que l'utilisateur préfère, ou ce qu'il est capable de faire. Nous devons également prendre en compte l'historique des actions de l'utilisateur, voire leur évolution dans le temps. Nous pouvons, à présent, voir les étapes de conception d'un profil utilisateur comme :

- La définition d'un profil utilisateur : Le profil d'un utilisateur peut être défini par une structure de données caractérisant l'état de toutes les connaissances de cet utilisateur. Cette mise en œuvre est indispensable pour réaliser des agents et autres tuteurs artificiels ou "intelligents" suffisamment adaptatifs.

- La représentation de connaissances au niveau du travail global de l'utilisateur : Il faut choisir une représentation efficace pour enregistrer les données sur l'utilisateur (constitution de son modèle de connaissances).

- La construction proprement dite d'un profil d'utilisateur : Les profils doivent se construire de manière dynamique et incrémentale, en s'appuyant fortement sur le comportement observable de l'utilisateur. Il faut donc penser à subdiviser le processus en deux étapes distinctes : la surveillance de l'utilisateur et la traduction de ses comportements.

- La mise en place ensuite de mécanismes pour initialiser et mettre à jour ce modèle tout au long de l'interaction avec le système. Les actions exécutées par l'utilisateur et ainsi mémorisées se doivent ensuite d'être récapitulées (notamment dans des bases de données), analysées et utilisées pour mettre à jour le profil de chaque utilisateur, profils qui vont eux-mêmes induire des prises de décisions.

- La modélisation de mécanismes de raisonnement à partir des diverses données recueillies sur le comportement de chaque utilisateur pour orienter les procédures de décision.

Nous allons nous focaliser dans ce travail sur la définition du profil utilisateur et la détermination de données contextuelles constituant ce profil. Plus de détails sur les travaux de modélisation se trouvent dans [ARD 00], [GIR 05], [RAZ 03], [RAZ 05] et [GAV 06].

7.3.1. Détermination des données contextuelles d'un profil

[MOS 04] et [KHE 04] considèrent un contexte comme étant une information à propos des caractéristiques physiques (un endroit ou un élément d'un réseau), une information sur un système (comme des applications en cours d'exécution ou des services disponibles) et des informations personnelles (la présence, les coordonnées).

Dans un environnement intelligent, le contexte est défini [CHE 03] comme étant toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation d'une personne, un outil ou un agent. Un environnement est appelé "*context-aware*" quand il possède la capacité de saisir, interpréter et raisonner sur des informations de contexte. Il offre

plusieurs avantages en permettant aux systèmes d'agir en toute autonomie et de prendre des initiatives tout en restant informés de ce que leurs utilisateurs veulent ou préfèrent.

Les progrès de la technologie informatique, notamment au sujet du recueil et du traitement de données font que, dans tous les grands domaines de l'activité humaine actuelle, nous manipulons des informations en quantité souvent gigantesque et de toutes sortes (numériques, textuelles, graphiques, etc).

Les données contextuelles reliées au travail d'un utilisateur peuvent être définies par une structure de données caractérisant, pour l'ensemble du système considéré, l'état de toutes les informations qui peuvent influencer le profil de cet utilisateur. Cette mise en œuvre est aujourd'hui indispensable pour réaliser des agents et autres tuteurs artificiels ou "intelligents" suffisamment adaptatifs [BRU 97]. C'est pourquoi, il nous apparaît indispensable, de nous focaliser sur la description du comportement des utilisateurs potentiels lors d'une connexion réseau, ainsi qu'à la détermination des paramètres primordiaux pour la description d'un contexte de travail complet.

7.3.3. Définition générale des caractéristiques pertinentes

Pour pouvoir décrire le comportement d'un utilisateur lors d'une connexion, nous avons établi plusieurs listes de caractéristiques qualitatives qui pourront être utiles pour modéliser les utilisateurs des réseaux Internet ainsi que leur contexte de travail. Nous nous concentrons sur les caractéristiques de l'utilisateur qui décrivent ses besoins et définissent ses multiples intérêts, comme les informations démographiques ou encore les capacités budgétaires.

Nous nous sommes inspiré de plusieurs travaux liés aux domaines des interfaces "homme-machine" et des "terminaux de communication" tels que : [SAN 02], [BRS 97], [FIN 97], [GAR 96], [GAV 97], [MUR 97], [QUA 97], [VAS 97] et [FIP 01].

Parmi ces nombreuses caractéristiques nous citons :

- Connaissances, expérience, formation
- Travail (vitesse, efficacité, précision, spécificité)
- Domaine d'action et niveau de détail souhaités
- Touristes, citoyens, employés, personnes âgées, aveugles ou handicapés (variété d'utilisateurs aux besoins différents)
- Préférences, buts, humeurs et attitudes
- Facteurs professionnels (position, expérience professionnelle, compétences en informatique, éducation, cadre de travail, formation)
- Intérêts et habitudes de l'utilisateur
- Forces, faiblesses et niveau de compétences

8 Les Systèmes Embarqués Communicants

- Buts, plans, croyances, intentions et objectifs
- Capacités individuelles et motivation
- Facteurs démographiques : âge, sexe, lieu de naissance
- Identité : nom, prénom, login
- Localisation : endroit d'accès de l'utilisateur (maison, bureau, rue, métro)
- Caractère : forces, faiblesses, attitudes, habitudes, préférences
- Connaissances, expérience, fréquence d'utilisation des ordinateurs et d'Internet
- Motivation : besoins, exigences, intérêts, domaine d'action, contexte, précision
- Interaction : perception, compréhension, disponibilité, clarté du dialogue
- Exigences : prix, qualité, quantité, travail, niveau.
- Langages : nécessaire pour les messages envoyés à l'utilisateur
- Occupation : informaticiens, ingénieurs, technicien, etc.
- Horaires : quand travaille-t-il le plus souvent
- Vitesse : vitesse de travail de l'utilisateur
- Paiement : les moyens de paiement utilisés
- Compétences en Informatique : nécessaire pour les interfaces graphiques
- Fréquence d'utilisation : la fréquence de travail
- Fréquence Internet : la fréquence des connexions sur Internet
- Tolérance : variation des commandes de l'utilisateur
- Mobilité : travail sur machine fixe ou portable

Il faut tirer avantage de l'information que l'utilisateur fournit librement, c'est-à-dire sans avoir recours à une interaction séparée, en notant par ailleurs que les choix de l'utilisateur peuvent être irréguliers dans le temps [LIB 95]. Les méthodes "traditionnelles" de génération de profils d'utilisateurs à partir d'interviews, restent caractérisées par un coût très important en temps. Le refus parfois des utilisateurs d'identifier convenablement les catégories de leurs intérêts entraîne un coût très élevé de maintenance des différents systèmes [MOU 97]. Par conséquent, l'acquisition d'un modèle d'utilisateur doit être faite à partir d'interviews seulement occasionnelles, en leur préférant un système plus élaboré de règles et de procédures d'inférence à base d'hypothèses implicites [POH 96].

Dans la dernière partie de ce chapitre, nous revenons sur des exemples de travaux liés aux interfaces utilisateurs dans le cadre des réseaux de communication. A présent, nous nous arrêtons sur une synthèse des réseaux mobiles et sans fil.

7.4. Synthèse sur les réseaux mobiles et sans fil

Dans la littérature, deux axes de recherche s'intéressent à la gestion de la mobilité dans les réseaux. Le premier axe a surgi du besoin qui consiste à rendre mobile le service de téléphonie, le second a émergé à partir de la nécessité d'accéder aux différents services sur Internet en étant mobile.

En effet, le premier axe de recherche a fait naître le premier réseau de téléphonie mobile qui est le GSM (Global System for Mobile Communications), ce dernier est une norme de seconde génération (2G) mise au point par l'Institut européen des normes de télécommunication (ETSI) sur la gamme de fréquence des 900 MHz.

Les réseaux de type GSM sont des réseaux complètement autonomes. Ils sont interconnectables aux RTCP (Réseaux Terrestres Commutés Publics) et utilisent le format numérique pour la transmission des informations (voix, données et signalisation). Il faut noter que parmi les grands succès du GSM [RIV 98], entre autres, la possibilité de faire un *roaming* entre les différents réseaux et ainsi entre les pays en utilisant une inscription unique.

Pour ce qui concerne le GPRS (General Packet Radio Service) qu'on le qualifie souvent de 2,5G il représente une couche supplémentaire rajoutée à un réseau GSM existant et il n'est pas considéré tout seul comme un réseau mobile à part entière. EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) constitue une évolution du GPRS qui permet, grâce à une modification de l'interface radio, d'atteindre des débits jusqu'à 384 kbit/s.

Notons aussi que malgré les limitations surtout en termes de bande passante des plateformes mobiles, le nombre d'abonnés Internet mobile a augmenté selon les pays de manière différente. En effet, en 2002 72.3% des abonnés mobiles au Japon et 59.1% en Corée ont utilisé leurs téléphones mobiles pour accéder à Internet, mais seulement 7.9% aux États-Unis contre 6.4% dans toute l'Europe de l'ouest [MOR 00].

Cependant, les réseaux mobiles de première et de deuxième génération 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.

La norme UMTS est un membre de famille du projet IMT-2000 (International Mobile Telecommunication System 2000) défini par l'UIT (Union Internationale des Télécommunications), elle représente la version européenne définie par l'ETSI de la troisième génération des services mobiles (3G).

UMTS devrait délivrer des débits compris entre 384 kb/s à 2 Mb/s, mais, réellement, très peu d'opérateurs ont pu fournir un service UMTS qui est supposé fournir un tel débit qui est normalement suffisant pour fournir de la vidéo et d'autres applications multimédia.

En réalité, les technologies cellulaires tel que le GSM, le GPRS et l'UMTS font partie des réseaux sans fil de type WWAN (Wireless Wide Area Networks), ces technologies sont capables de supporter par défaut la mobilité de l'utilisateur. On remarque aussi qu'un autre type de réseau sans fil est en train de se développer, il s'agit des réseaux métropolitains WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks) ou la norme IEEE 802.16 qui est plus connue sous son nom commercial WiMax. Le WiMax est une technologie de boucle locale radio (BLR) offrant des débits symétriques allant jusqu'à plusieurs dizaines de Mbit/s pour une portée théorique de 50 km, avec gestion de la QoS.

Afin de supporter la mobilité de l'utilisateur, une nouvelle version de WiMax a vue le jour il s'agit de la norme 802.16e ou le WiMax mobile. Avec cette version de nouvelles applications peuvent être envisagées, allant jusqu'à la possibilité d'exploiter ce réseau pour de la téléphonie sur IP. Les autres types de réseaux sans fil comme les réseaux personnels WPAN (Wireless Personal Area Networks) ou les réseaux locaux WLAN (Wireless Local Area Networks) ne sont pas dédiées à la mobilité des utilisateurs. En effet, les WPAN sont des réseaux sans fil de faible portée et à usage personnel. Ils sont déjà présents sous différents noms comme Bluetooth (la norme IEEE 802.15.1) ou ZigBee (la norme IEEE 802.15.4).

Pour ce qui concerne la norme IEEE 802.11 ou le Wi-Fi, elle vise la création des réseaux locaux sans fils à haut débit pour relier des ordinateurs portables, des ordinateurs de bureau, des assistants personnels (PDA) ou tout type de périphérique à une liaison haut débit (11 Mbps ou supérieur).

Dans ce qui suit, on s'intéresse à un réseau sans fil particulier qui peut supporter à la fois la mobilité des utilisateurs ainsi que la qualité de service, il s'agit de la technologie WiMAX.

7.4.1. La technologie WiMAX

La figure suivante montre le positionnement de la technologie WiMAX par rapport aux autres réseaux sans fil (WPAN, WLAN et WWAN).

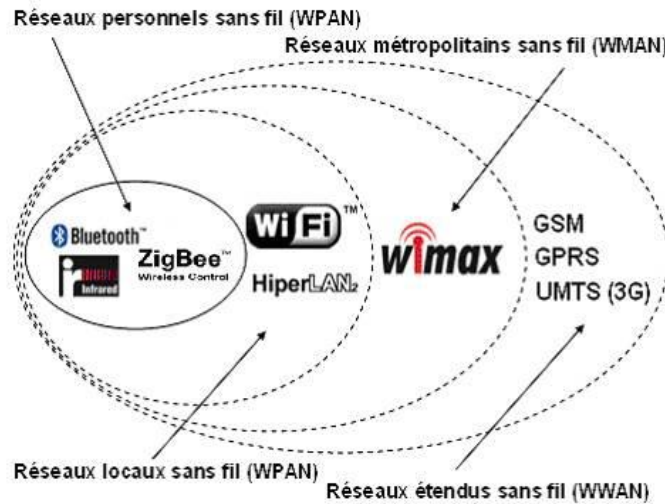


Figure 7.1. Les différents réseaux mobiles et sans fil

Le WiMAX (**W**orldwide **I**nteroperability for **M**icrowave **A**ccess) qui fait référence à la famille de normes IEEE 802.16 étend le concept de base du Wi-Fi aux dimensions d'un réseau métropolitain plus étendu qui peut aller jusqu'à 50 Km en offrant des débits allant jusqu'à 72 Mbits/s.

Le WiMAX est une technologie qui se distingue par deux aspects. D'une part ; le caractère à la fois ouvert, très complet et extrêmement rapide de son processus de normalisation et d'autre part ; le fait d'avoir été le premier à avoir adopté ce qui semble le bon choix en terme de technologie, notamment en matière de modulation, de sécurité et surtout de qualité de service.

Toutefois, et par rapport à la technologie Wi-Fi, il faut noter que les deux normes WiMAX et Wi-Fi n'ont pas été conçues pour se faire concurrence mais ce sont deux technologies complémentaires, le WiMAX est plus adaptée pour le transport, le Wi-Fi pour les réseaux locaux d'entreprise.

Ainsi, le WiMAX apparaît comme un complément idéal pour un réseau filaire, susceptible d'apporter le haut débit dans des zones difficiles à raccorder comme les zones rurales et permettant ainsi un déploiement rapide. En effet, une utilisation possibles de cette technologie consiste à couvrir la zone dite du « dernier kilomètre », c'est-à-dire fournir un accès à Internet haut débit aux zones non couvertes par les technologies filaires classiques telles que l'ADSL.

Un autre cas d'usage consiste à utiliser cette technologie comme réseau de collecte entre des réseaux locaux sans fil, utilisant par exemple le Wi-Fi. Ainsi, le

WiMax permettra à terme de relier entre eux différents hotspots afin de créer un réseau maillé. Il faut remarquer qu'une différence essentielle avec le Wi-Fi, le WiMax intègre aussi dès l'origine des mécanismes assurant la sécurité des échanges grâce au support de l'AES (Advanced Encryption Standard) et du 3 DES (Triple Data Encryption Standard), le WiMax garantit aussi divers niveaux de qualité de service (QoS).

La figure suivante montre le WiMax avec ses proches concurrents en terme de couverture géographique et débit offert.

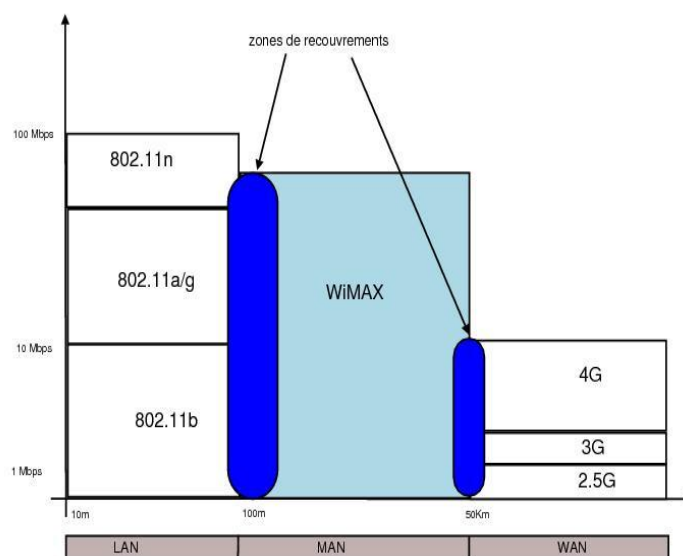


Figure 7.2. *Le Wimax et ses concurrents*

Il faut noter que le WiMax propose ces améliorations grâce à l'utilisation de la modulation OFDM « Orthogonal Frequency Division Multiplexing », il s'agit d'une technique de transmission de données analogique apparue dans les années 60.

Pour l'émission d'un signal, l'OFDM découpe une plage de fréquence en plusieurs sous-canaux séparés par des zones libres de tailles fixes. Par la suite, l'algorithme FFT (Fast Fourier Transform), transporte le signal par le biais des différents sous-canaux.

C'est également cet algorithme qui se charge de la recombinaison du message chez le récepteur. L'objectif est ainsi d'exploiter au maximum la plage de fréquence

allouée tout en minimisant l'impact du bruit grâce aux espaces libres séparant chaque canal. L'OFDM est utilisé par les standards de communication sans fil à haut débit, en particulier DAB (Digital Audio Broadcasting), DVB (Digital Video Broadcasting), ADSL, 802.11a, 802.11g et UWB (Ultra-Wide-Band).

7.4.2. *Le Wimax et la qualité de service*

Dans la littérature, différentes approches existent afin de fournir la qualité de service (QoS) selon le type de chaque réseau. En effet, même la définition du terme QoS n'est pas unique et chaque communauté donne une définition différente des autres.

Dans la norme ITU-T (International Telecommunications Union – Telecommunication), la qualité de service est perçue comme un ensemble de critères de qualité requis pour le fonctionnement d'un ou plusieurs objets.

Dans la terminologie ATM (Asynchronous Transfer Mode), la QoS est définie à travers un ensemble de paramètres de performances caractérisant une connexion virtuelle.

Enfin l'IETF (Internet Engineering Task Force) fait référence à la qualité de service pour désigner les paramètres caractérisant les exigences/contraintes des applications (multimédia, temps réel) et celles de l'ensemble du réseau [KON 01].

La mise en œuvre d'une solution globale de qualité de service nécessite deux mécanismes [MEL 01] :

- *Les mécanismes horizontaux* : Le but des mécanismes horizontaux est de signaler aux différents nœuds du réseau le comportement à adopter pour traiter un flux issu d'une application. Les formes de signalisation adoptées permettent d'identifier différentes architectures de QoS réseau. On remarque, ici, que le non-respect de la QoS par un des nœuds du réseau peut entraîner une perte de la QoS sur l'ensemble de l'acheminement.

- *Les mécanismes verticaux* : Les mécanismes verticaux utilisent une interface appropriée, pour offrir aux applications la QoS requise en se basant sur des mécanismes de plus bas niveau. Les mécanismes de QoS mis en œuvre au sein des équipements du réseau (les routeurs) devront se référer aux mécanismes de QoS des liens de communication utilisés (ATM, Ethernet, etc...). On remarque que la qualité de service proposée par un niveau est dépendante de l'existence d'une QoS de niveau inférieur.

Concernant la technologie WiMax, l'approche utilisée par cette norme au niveau de la couche MAC (Media Access Control) afin de fournir la qualité de service est

différente de celle du Wi-Fi. En effet, dans le Wi-Fi, celle-ci fonctionne sur le modèle dit de «contention access» dans lequel les stations qui veulent envoyer des données sont en permanence en concurrence pour se connecter avec un point d'accès sur une base aléatoire ce qui condamne les applications de type VoIP par exemple.

Pour ce qui concerne le WiMax, il utilise un « scheduled MAC » dans lequel les stations ne sont en concurrence qu'une fois, lors de leur entrée sur le réseau, et se voient ensuite allouer un créneau de temps stable réservé à leurs échanges. Ce mécanisme permet de réguler la qualité de service en gérant ces quatre spécifications distinctes au niveau physique.

Le WiMax offre quatre types différents de services :

- Unsolicited Grant Service (**UGS**) : ce service concerne les flux temps réel avec des paquets de taille fixe émis périodiquement, ce mode est particulièrement adapté à la voix sur IP (VoIP).

- Real-Time Polling Service (**rtPS**) : cette classe est dédiée aux flux temps réels constitués de paquets de taille variable avec des exigences de délai comme la vidéo Mpeg.

- Non-Real-Time Polling Service (**nrtPS**) : ce service supporte des flux supposant des débits minimal mais tolérants en termes de délai comme les échanges de fichiers en FTP (File Transfer Protocol).

- Best Effort (**BE**) : aucune exigence n'est nécessaire selon le modèle classique de l'Internet pour ce service.

7.4.3. Le Wimax mobile et la 4G

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 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. Dans ce contexte, le terminal mobile devra rechercher en permanence le meilleur réseau d'accès en fonction des besoins de l'utilisateur.

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 disponibles tous le temps.
- L'interconnexion devra être facile entre les différents systèmes (GPS, Internet, autres réseaux de communication).

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.

La norme 802.16d ou le WiMAX fixe n'est nullement conçu pour la mobilité et ne supporte pas le « roaming », c'est pour cette raison que l'objectif de la version 802.16e est d'étendre les possibilités du WiMAX fixe pour supporter des applications nomades et offrir une vraie mobilité autorisant une réception jusqu'à 120 km/heure.

C'est grâce à l'utilisation d'une nouvelle méthode de modulation qui est l'OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) avec une nouvelle technologie d'antennes multiples qui est le MIMO (Multiple Input Multiple Output) que le WiMAX mobile prétend satisfaire les besoins des utilisateurs mobiles.

En effet, la technologie MIMO exploite les propagations multiples pour augmenter le débit ainsi que la portée. Pour cela, elle utilise plusieurs antennes à la

fois en émission et en réception en divisant le flux de données haut-débit et en le répartissant sur plusieurs antennes séparées spatialement.

Le WiMAX mobile peut prétendre concurrencer l'UMTS et peut-être constituera, la technologie du futur, pour une 4^{ème} génération qui n'est pas encore complètement défini. Les réseaux WiMAX mobile devraient représenter en 2012 un quart des équipements de communication mobile au niveau terrestre.

Une autre utilisation possible consiste à déployer un réseau à accès multiple comprenant par exemple les deux technologies WiMAX et UMTS et donnant ainsi la possibilité à un utilisateur mobile de se déplacer dans une ville et d'utiliser son terminal mobile afin d'accéder à la technologie qu'il veut comme le montre la figure suivante.

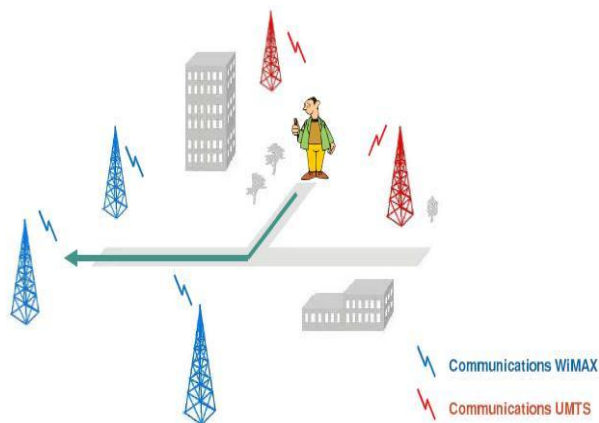


Figure 7.3. Exemple de réseau à accès multiple

7.5. Références d'interfaces intelligentes pour l'accès aux réseaux mobiles

Dans la littérature, il existe très peu de travaux qui proposent des interfaces intelligentes pour l'accès aux réseaux mobiles. Nous nous sommes intéressés, dans ce chapitre, principalement aux travaux liés à la prédiction de la mobilité de l'utilisateur et la gestion de profil par l'intelligence artificielle.

7.5.1. Prédiction de la mobilité des utilisateurs

Afin de mieux gérer les ressources réseaux et de les réserver uniquement lorsque c'est utile pour l'utilisateur, la détermination des futures localisations du terminal

mobile est considérée comme le facteur clé pour la réservation de ressources à l'avance dans un environnement IP mobile. Pour cela plusieurs travaux de recherche se sont intéressés à la prédiction de la mobilité de l'utilisateur afin de déterminer la trajectoire qui sera suivie par l'utilisateur et faire ainsi des réservations de ressources à l'avance pour lui. La plupart de ces recherches sont basées sur l'utilisation de l'historique du modèle de mouvements pertinents de l'utilisateur afin de détecter la future localisation de l'utilisateur. Ces techniques sont basées sur l'hypothèse que les mouvements de la personne possèdent une certaine régularité. Par conséquent, pour appliquer ces techniques, il faut passer par une phase d'observation durant laquelle les mouvements réguliers de l'utilisateur sont identifiés et sauvegardés. Le problème, avec ces techniques, est qu'il n'y a pas de certitude et qu'elles échouent dès que la personne change légèrement son plan de mouvement ou si elle est située dans un nouvel endroit.

Les auteurs dans [ABU 97] calculent la probabilité de localisation du terminal mobile en supposant qu'il suit le chemin le plus court quand il se déplace d'une cellule vers une autre avec quatre directions possibles (gauche, droite, en bas et en haut).

Dans [BHA 99], la détermination de la future cellule est basée sur l'analyse des informations contenues dans le chemin suivi par le terminal mobile. Cependant, cette détermination n'est pas fiable dans tous les cas, notamment si l'utilisateur change souvent de comportement.

Dans [LIU 98], un algorithme hiérarchique de prédiction de la localisation du terminal mobile est décrit par les auteurs, ces derniers proposent deux niveaux pour modéliser la mobilité de l'utilisateur, un niveau global et un niveau local. Le niveau global décrit les mouvements de l'utilisateur entre les différentes cellules, le niveau local décrit l'état du terminal mobile en tenant compte des trois paramètres suivants : la vitesse, la direction et la position du terminal mobile.

Les auteurs dans [ALJ 01] proposent un modèle pour le profil de mobilité de l'utilisateur, qui inclut l'estimation de la trajectoire du terminal mobile ainsi que le temps d'arrivée et de départ de l'utilisateur pour chaque cellule sur le chemin suivi par le terminal mobile.

Les auteurs dans [AKY 04] ont proposé un profil de mobilité pour l'utilisateur basé sur l'observation de l'historique du mouvement de l'utilisateur afin de prédire les futures localisations du terminal mobile. Le profil de mobilité donne une information détaillée sur la QoS nécessaire ainsi que le modèle de mobilité utilisé pour fournir la QoS demandée par l'utilisateur. L'avantage du profil de mobilité est de réduire la probabilité de rejet du handover, de mieux gérer les ressources réseau

ainsi que d'améliorer l'algorithme CAC (Call Admission Control), il est également utilisé pour la mise à jour de la localisation du terminal mobile ainsi que le paging.

Les contributions des auteurs concernant la définition du profil sont les suivants :

- L'introduction du concept de «zone» afin d'ajouter un niveau supplémentaire pour la description de la localisation du terminal mobile, la zone représentant un sous ensemble de LA (Location Area).

- Le développement d'un algorithme de prédiction adaptative afin de prédire le groupe de cellules vers lequel le terminal mobile va se déplacer, l'algorithme est basé sur l'analyse de l'historique de l'utilisateur, les informations contenues dans le chemin suivi par l'utilisateur, la direction du mouvement de l'utilisateur, sa vitesse et le temps de résidence dans une cellule.

- La proposition d'une nouvelle architecture pour le profil de mobilité. Elle est divisée en deux types, un profil quasi-stationnaire qui contient les informations à long terme de l'utilisateur, et un profil dynamique contenant les informations de l'utilisateur qui ne sont pas stables.

Les auteurs dans [ALJ 99] s'intéressent également à la prédiction de la future localisation du terminal mobile, pour cela ils ont proposé une architecture pour le contrôle d'admission des appels ainsi que le support de la qualité de service dans les environnements sans fil. Le but de cette architecture est de fournir la QoS demandée aux utilisateurs mobiles, les auteurs prennent en considération le contexte de la mobilité de l'utilisateur comme l'historique de ses mouvements ainsi que la direction de son mouvement actuel. Cependant, la gestion d'éventuels changements de comportement de l'utilisateur n'est pas prise en compte par les auteurs.

[SAM 03] propose une nouvelle architecture pour la prédiction avec précision de la trajectoire d'un utilisateur mobile. La nouveauté apportée dans ce travail est d'une part l'incorporation d'informations cruciales comme de vraies cartes géographiques et un profil utilisateur et d'autre part, l'utilisation de théorie mathématique comme moyen de raisonnement. Les cartes géographiques utilisées sont les SCM (Spatial Conceptual Map). Cette combinaison de donnée et de raisonnement sert à améliorer la capacité globale de l'algorithme de prédiction et à prendre en considération l'incertitude et les changements éventuels. L'architecture globale de ce modèle de prédiction est représentée figure 7.4 :

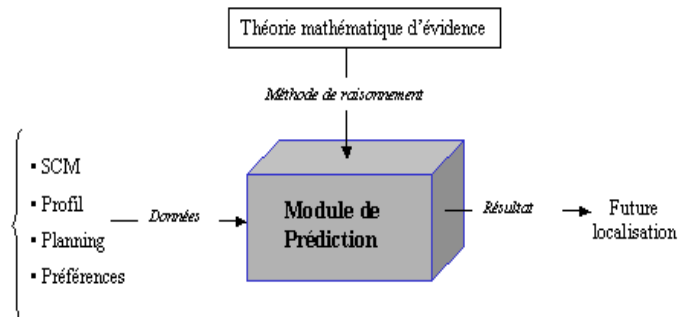


Figure 7.4. Définition fonctionnelle du module intelligent de prédiction

A la sortie du module de prédiction, la future localisation de l'utilisateur est représentée par une variable α qui s'appelle WEA (Way Elementary Area). Le module de prédiction est même capable de déterminer le chemin entre α_{courant} et $\alpha_{\text{prédit}}$ avec tous les WEA du parcours.

7.5.2. Négociation de la QoS pour un utilisateur mobile

[BEN 07] propose un modèle d'assistance (figure 7.5) placé sur le terminal entre un client et un fournisseur de service, d'une part, et entre un client et un réseau, d'autre part. Ce travail décrit une interface utilisateur pour la gestion de QoS dans les réseaux mobiles d'IP. Le contexte de ce travail est établi dans la conformité avec l'environnement de signalisation générique, qui est normalisé par le groupe de travail d'IETF de NSIS. Le travail étudie l'utilisation de techniques du domaine de L'IA (Intelligence Artificielle) pour mettre en place une interface utilisateur intelligente appelée NIA (Assistant Individuel de Négociation) afin de déterminer le profil de QoS et négocier les paramètres de QoS dans le nouveau domaine après le handover. Dans cette interface l'apprentissage connexionniste est utilisé pour la gestion des profils utilisateur. La gestion de ressources présentée dans [BEN 07] fournis au terminal mobile la QoS nécessaire pour l'application en tenant compte du profil de mobilité de l'utilisateur ainsi que du profil de QoS, ce dernier profil est déterminé par le NIA.

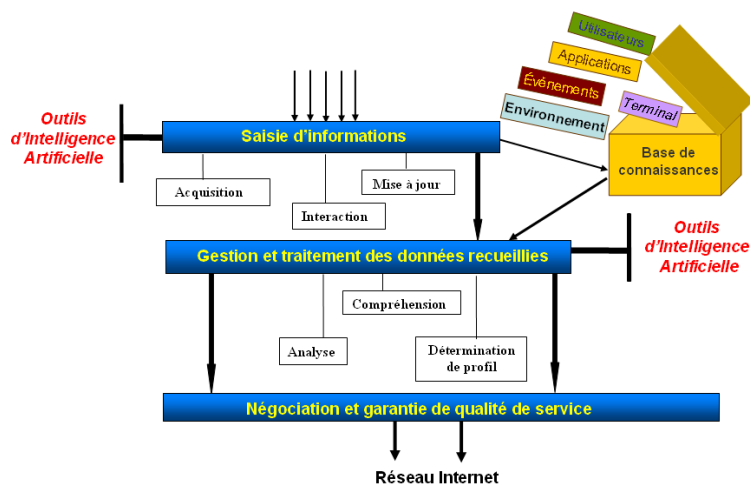


Figure 7.5. Architecture de l'Assistant Individuel de Négociation

La tâche principale accomplie par cette interface est la représentation de l'utilisateur. Cette représentation se manifeste sous plusieurs aspects :

- Suivre et analyser le travail de l'utilisateur
- Classer les applications ainsi que leurs besoins
- Prendre en compte les caractéristiques du terminal et des réseaux d'accès
- Trouver des profils de négociation
- Négocier la QoS dans le nouveau domaine après le handover
- Garantir la QoS lors du déplacement de l'utilisateur
- Accompagner l'utilisateur dans la prise de décision

Couche de saisie d'informations :

Cette couche est chargée des interactions avec l'utilisateur et de son suivi dans le but d'identifier son profil de négociation et d'être en mesure d'anticiper la réservation des ressources dont il va avoir besoin [JRA 06. Dès sa connexion au terminal, l'utilisateur exécute différents types d'applications (audio, vidéo, client de messagerie, ...) qui ont leurs propres exigences en terme de qualité de service. L'interface réagit de façon autonome et mémorise les informations relatives au comportement de l'utilisateur.

Les données prises en compte intègrent une dimension temporelle (heure de lancement de l'application, durée d'utilisation, ...) et concernent d'une part les préférences de l'utilisateur (prix, flexibilité, ...) et d'autre part les caractéristiques et exigences des applications (débit, délai, taux de pertes, ...). Ces informations

proviennent essentiellement d'une interview de l'utilisateur à l'aide d'une interface graphique (identité, profession, fréquence d'utilisation, objectifs, ...), et du suivi de ses actions (besoins, exigences, ...).

Le nombre de facteurs qui influencent le comportement d'un utilisateur est trop important pour établir manuellement une politique de négociation de ressources. Par ailleurs, le système doit s'adapter à l'utilisateur et à ses évolutions comportementales.

Couche de gestion et traitement de données :

Dans cette couche, [JRA 06] utilise des techniques d'apprentissage connexionniste non supervisé pour identifier les différents profils de négociation sans se baser sur des classes prédéfinies et sans disposer préalablement d'informations sur les profils résultants. L'approche, représentée dans la figure 7.6, consiste à récupérer, dans un premier lieu, des données qui représentent des traces d'utilisation. Ces données seront nettoyées et recodées au format numérique ou binaire pour être facilement traitées. Des cartes topologiques sont construites à partir du fichier recodé dans le but d'extraire des profils. Enfin, une première classification est effectuée pour mieux voir la structure des clusters de la carte, suivie d'une seconde classification pour segmenter la carte et séparer les profils types.

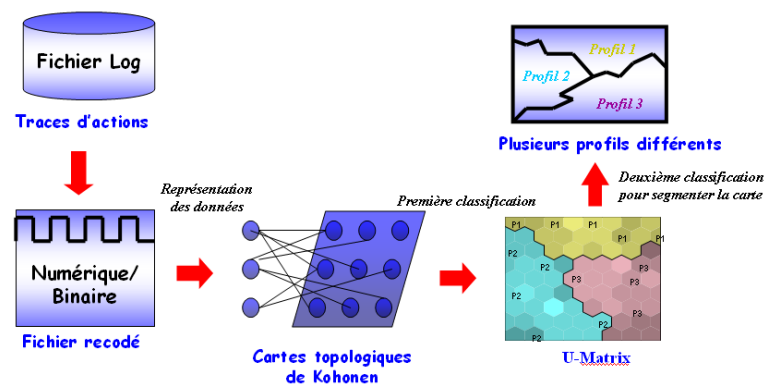


Figure 7.6. Couche de gestion de profils

Première étape : Manipulation de la base de données

La première étape consiste à intégrer, dans la couche de gestion de profil, un module qui récupère les fichiers "log". Par définition, un fichier "log" regroupe l'ensemble des événements survenus sur un logiciel, une application, un serveur ou tout autre système informatique. Il se présente sous la forme d'un fichier texte classique, reprenant, de façon chronologique, l'ensemble des événements qui ont affecté un système informatique et les actions résultantes [BEN 03].

Pour la couche de gestion de profil, le fichier "log" contient principalement des traces d'utilisation. Il regroupe à la fois :

- les demandes d'accès ou les sessions de travail,
- les dates et heures précises de travail,
- l'identification du client ayant réalisé cet accès,
- la réponse fournie,
- les actions ou séquences d'actions du travail effectué.

Les fichiers "log" sont récupérés du serveur/système. Ils seront ensuite nettoyés et recodés au format numérique pour qu'ils puissent être utilisés par l'algorithme d'apprentissage (les cartes de kohonen). Le but est de construire une carte topologique à partir du fichier recodé pour extraire les profils (voir la figure 7.6).

Deuxième étape : Représentation de données

Cette étape consiste à effectuer un traitement sur les données pour construire des SOM (Self Organising Map ou cartes auto-organisatrices de Kohonen) dans le but de séparer les différentes catégories de contextes pour trouver les profils types.

Les cartes auto-organisatrices de Kohonen ont permis à la fois de classer des objets et de visualiser le résultat de cette classification tout en donnant une indication sur les "positions relatives" des classes.

Comme les cartes SOM sont limitées aux données numériques (avec une possibilité d'extension du SOM aux données non numériques), les différentes informations manipulées ont été représentées avec des vecteurs de données binaires.

Plus de détails sur les SOM et la représentation des données se trouvent dans [BEN 07].

Troisième étape : *Segmentation des SOM*

Les SOM construites donnent beaucoup de classes car chaque neurone représente une classe. Un deuxième clustering qui consiste à chercher des groupes homogènes ou des clusters bien séparés est nécessaire.

En d'autres termes, les SOM ont permis d'identifier des groupes et des relations de proximité entre les groupes. Cependant, ces groupes sont trop nombreux pour être analysés séparément, raison pour laquelle un deuxième découpage à l'aide de l'algorithme de K-means [QUE 76] est effectué.

La troisième étape consiste donc à segmenter la carte SOM en utilisant la méthode K-means. La deuxième classification est effectuée dans le but de mieux séparer les profils types (figures 7.7).

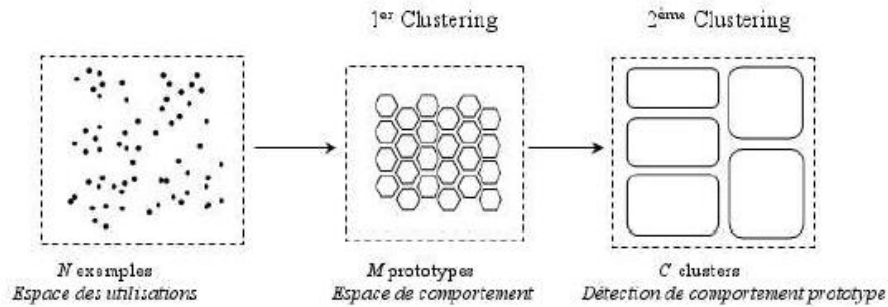


Figure 7.7. Segmentation des SOM

Le K-means est une autre méthode de classification. Son principe consiste à choisir arbitrairement une partition. Ensuite, les exemples sont examinés un par un. Si un exemple devient plus proche du centre d'une classe autre que la sienne, il est déplacé vers cette nouvelle classe. On recalcule ensuite les centres des nouvelles classes et on réaffecte les exemples aux partitions, et ainsi de suite jusqu'à avoir des partitions stables.

Il existe plusieurs méthodes pour segmenter les SOM [JUH 00]. Celle utilisée dans ce travail est une approche, qui a prouvé son efficacité et qui est basée sur la minimisation de l'indice de Davies-Bouldin.

Quatrième étape : Prédiction de profil

Les classes finalement obtenues sont donc issues d'une classification non supervisée sans classes préétablies avant le traitement. Ces résultats offrent la possibilité de découvrir et d'interpréter les profils obtenus pour enfin associer un utilisateur précis avec l'un de ces profils.

Une fois le profil de l'utilisateur déterminé, il sera envoyé à la couche de négociation de QoS. Ceci est réalisé, bien évidemment, dans le but d'anticiper la réservation de ressources pendant la mobilité de l'utilisateur [BEN 07].

La couche de garantie de QoS :

Cette couche veille à traduire la future localisation de l'utilisateur d'après le profil déterminé dans la couche précédente, en un paramètre appelé MSpec et à l'envoyer ensuite à QoS NSLP. Le format proposé du MSpec est le suivant :

MSpec = <MSpec ID> <Duration> <Cell ID>.

- MspecID : un identificateur unique du MSpec.
- Duration : <start time>,<end time> : un intervalle de temps durant lequel, on peut déterminer les futures localisations du terminal mobile.

- Cell ID : <cell ID1>,<cell ID2>,<cell ID3>.....<cell IDn> : un ensemble d'identificateurs de cellules. On suppose que chaque cellule est identifiée par un identificateur unique.

Dans ce paramètre, l'identificateur de cellule peut être déterminé par l'agent de prédiction grâce à des règles de mapping qui associent chaque WEA (voir section précédente) à une cellule. Ces règles sont à définir et à sauvegarder dans la base de données du système.

7.6. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre un aperçu sur les interfaces intelligentes et leurs utilisations dans le cadre des communications mobiles. En effet, une interface intelligente est capable de fournir, négocier une qualité de service spécifique pour une application donnée en tenant compte du profil de mobilité de l'utilisateur ainsi qu'un profil de qualité de service.

L'interface utilisateur intelligente présentée dans ce chapitre est appelée NIA (Assistant Individuel Négociation), son rôle est primordial pour aider le terminal mobile à faire des réservations de ressources à l'avance dans un ensemble d'endroits nommé MSPEC (Mobility Specification), représentant les endroits que le terminal mobile est supposé visiter au cours d'une session. La détermination à l'avance de cet ensemble d'endroits est un domaine de recherche très important, car il est très difficile de déterminer à l'avance le MSPEC pour le terminal mobile. Quelques mécanismes ont été proposés pour déterminer approximativement cet ensemble d'endroits par le réseau [SAM 03, LIU 95, LIU 97], mais le plus intéressant est de déterminer cet ensemble par le terminal mobile lui même, une chose qui n'est pas évidente.

7.7. Bibliographie

- [ABU 97] A. Abutaleb and V.O.K. Li, "Paging Strategy Optimization in Personal Communication System", ACM-Baltzer Journal of Wireless Networks (WINET), Vol. 3, pp. 195-204, August 1997.
- [AKO 97] I. Akoulchina and J. Ganascia, "SATELIT-Agent: an Adaptive Interface Based on Learning Interface Agents Technology", User Modeling : Proceedings of the Sixth International Conference (UM'97), pp 21-32, New York, 1997.
- [AKY 04] I. F. Akyildiz, W. Wang W, "The Predictive User Mobility Profile Framework for Wireless Multimedia Networks", Networking, IEEE/ACM Transactions on, vol. 12, pp. 1021-1035, Dec. 2004.
- [ALJ 01] A. Aljadhari and T.F. Znati, "Predictive Mobility Support for QoS Provisioning in Mobile Wireless Environments", IEEE Journal on Selected

Areas in Communications (JSAC), Vol. 19, No. 10, pp. 1915-1931, October 2001.

- [ALJ 99] A. Aljadhari and T. F. Znati, "A framework for call admission control and QoS support in wireless environments", Proc. 18th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM'99), vol. 3, pp. 1019-1026, March 1999.
- [ARD 00] L. Ardissono and P. Torasso, "Dynamic user modelling in a web store shell". In Proceedings of the 14th Conference ECAI, pp 621-625, Berlin, Germany, 2000.
- [BAU] J.M. Bauer, "Spectrum Management and the Mobile services Industry", Working paper, <http://quello.msu.edu/wp/wp-03-04.pdf>.
- [BEN 07] B. Benmammour, Z. Jrad et F. Krief, "QoS Management in Mobile IP Networks Using a Terminal Assistant", International Journal of Network Management, Volume 9999, Issue 9999, Wiley Interscience, 2007.
- [BEN 05] Y. Bennani, "Réseaux de neurones artificiels", Encyclopédie d'Informatique et Sciences de l'Information, Editions Vuibert, 2005.
- [BEN 03] K. Benabdeslem, "Approches Connexionnistes pour la visualisation et la classification des données issues d'usages de l'Internet", Thèse en informatique, LIPN, Université de Paris13, France, Décembre 2003.
- [BEN 98] D. Benyon. "Employing Intelligence at the Interface", Intelligent Interface Technology, Handbook of UI, p22, Computing Department, Open University, Milton Keynes, United Kingdom, 1998.
- [BHA 99] A. Bhattacharya and S. K. Das, "LeZi-Update: An Information-Theoretic Approach to Track Mobile Users in PCS Networks", ACM/IEEE Mobi- Com'99, August 1999.
- [BON 97] J. Bonner, "The Challenge to Design Intelligent Consumer and Domestic Product Interfaces". The Reality of Intelligent Interface Technology Workshop, pp 3, Napier University, Edinburgh, 1997.
- [BRS 97] P. Brusilovsky and E. Schwarz, "User as Student : towards an Adaptive Interface for Advanced Web-Based Applications", Proceedings of the Sixth International Conference (UM'97), pp177-188, 1997.
- [BRU 97] E. Bruillard, "Les Machines à Enseigner", Hermès, page 319, Paris, France, 1997.
- [CHE 03] H. Chen and T. Finin, "An Ontology for Context Aware Pervasive Computing Environments", IJCAI, 2003.
- [DAV 98] B. Davison and H. Hirsh, "Predicting Sequences of User Actions", AAAI-98 / ICML'98 Workshop on Predicting the Future: AI Approaches to Time-Series Analysis. Page 8, United States of America, 1998.
- [FIN 97] J. Fink and A. Kobsa and J. Schreck, "Personalized Hypermedia Information Provision through Adaptive and Adaptable System Features", Proceedings of the 4th International Conference on Intelligence in Services and Networks, pp 459-467, Italy, 1997.

- [FIP 01] Spécification FIPA, “FIPA Audio/Visual Entertainment and Broadcasting Specification”, series XC00081B, 2001.
- [GAR 96] L. Garrido and R. Brena and K. Sycara, “Cognitive Modeling and Group Adaptation in Intelligent Multi-Agent Meeting Scheduling”, Proceedings of the First Iberoamerican Workshop on Distributed Artificial Intelligence and Multi-Agent System, pp 55-72, 1996.
- [GAV 06] T. Gavrilova, P. Brusilovsky, M. Yudelson et S. Puuronen, “Creating Ontology for User Modelling research”. In: Workshop on Ubiquitous User Modeling in conjunction with the 17th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2006), August, 2006.
- [GAV 97] T. Gavrilova and A. Voinov, “An Approach to Mapping of User Model to Corresponding Interface Parameters”, Proceedings of the Sixth International Conference (UM97), pp 24-29, 1997.
- [GIR 05] R. Girardi, L. Balby and Oliveira, “A System of Agent-based Patterns for User Modeling based on Usage Mining”, *Interacting with Computers*, Ed. Elsevier. 2005. Available online June 1.
- [HOO 97] K. Hook, “Steps to Take Before Intelligent User Interfaces Become Real”, The Reality of Intelligent Interface Technology Workshop, pp 8, Napier University, Edinburgh, 1997.
- [JRA 06] Z. Jrad, “Apport des techniques de l'intelligence artificielle dans la négociation dynamique de niveaux de service : Proposition d'une interface utilisateur pour l'Internet de nouvelle génération”. Thèse en informatique, Laboratoire informatique de Paris Nord, LIPN, Université de Paris13, France, Mai 2006.
- [JUH 00] A. Juha and A. Esa, “Clustering of the Self-Organizing Map”, *IEEE Transactions On Neural Networks*, Volume 11, Number 3, 2000.
- [KHE 04] M. Khedr and A. Karmouch, “Negotiating Context Information in Context-Aware System”, *IEEE Intelligent Systems* volume 19, pp 21-29, December 2004.
- [KON 01] O. Kone, “Automates temporisés et expression de la QoS”, page 19-46, dans “Ingénierie des protocoles et qualité de service”, sous la direction de A. Cavalli, hermes-science, 2001.
- [LIE 95] H. Lieberman and A. Letizia, “An Agent that Assists Web Browsing”, Proceedings of the 1995 International Joint Conference on Artificial Intelligence, page 6, Montreal, Canada, 1995.
- [LIU 98] T. Liu, P. Bahl and I. Chlamtac, “Mobility Modeling, Location Tracking, and Trajectory Prediction in Wireless ATM Networks”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC)*, Vol. 16, No. 6, pp. 922-936, August 1998.
- [LIU 97] T. Liu, P. Bahl and I. Chlamtac, “A hierarchical position prediction algorithm for efficient management of resources in cellular networks”, in: Proceedings of the GLOBECOM '97, Phoenix, AZ (November 1997).
- [LIU 95] G. Liu and G. Maguire, “A Predictive Mobility Management Algorithm for Wireless Mobile Computing and Communications”, the proc. of the IEEE International Conference on Universal Personal Communications (ICUPC'95), Tokyo, Japan, November 6-9, 1995.

- [MAT 94] Mataric M., "Interaction and Intelligent Behavior", Philosophy Doctorate Thesis, page 189, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, 1994.
- [MEL 01] J.L.Mélin, "qualité de service sur IP", Eyrolles 2001.
- [MOR 00] Wireless Data (2000) Wireless Data: The World in Your Hand. J. P. Morgan and Arthur Andersen, London.
- [MOS 04] G. Mostéfaoui, "Context-Aware Computing: A Guide to the Pervasive Computing", International Conference on Pervasive Services, ICPS04, Lebanon, July 2004.
- [MOU 97] A. Moukas, "User Modeling in a Multi-Agent Evolving System", Proceedings of the Sixth International Conference (UM'97), New York, 1997.
- [MUR 97] M. Murphy and M. McTear, "Learner Modelling for Intelligent CALL", Proceedings of the Sixth International Conference (UM'97), pp 301-312, 1997.
- [MUR 93] D. Murray and D. Benyon, "Applying User Modelling to Human-Computer Interaction Design", AI Review, Social and Computer Sciences research group, pp 43-69, University of Surrey, Guildford, United Kingdom, 1993.
- [NAN 98] B. Nangle, P. Cunningham and R. Evans, "PALS : Personal Assistants which Learn for Intelligent Call Screening, Broadcom Eireann Research, page 12, Dublin, Ireland, 1998.
- [POH 96] W. Pohl, "Learning About the User - User Modeling and Machine Learning", ICML'96 Workshop Machine Learning meets Human-Computer, pp 29-40, Germany, 1996.
- [QUA 97] P. Quesma and J. Lopes, "Modeling Agents in Dialogue Systems", Proceedings of the Sixth International Conference (UM'97), pp 101-103, 1997.
- [QUE 76] J. MacQueen, "Some methods for classification and analysis of multivariate data", Proceedings 5th Berkeley Symp. on probability and statistics, University of California Press, Berkeley, 1976.
- [RAZ 05] L. Razmerita, "User modeling and personalization of the Knowledge Management Systems". Book chapter, in Adaptable and Adaptive Hypermedia, published by Idea Group Publishing, pp 225-245, 2005.
- [RAZ 03] L. Razmerita, A. Angehrn and A. Maedche, "Ontology-based user modeling for Knowledge Management Systems", in Proceedings of "UM2003 User Modeling: Proceedings of the Ninth International Conference", Pittsburgh, USA, Springer Verlag, pp.213-217, 2003.
- [RIV 98] RIVADENEYRA J., MIGUEL-ALONSO J., « A communication architecture to access data services through GSM », 7th IFIP/ICCC Conference on Information Networks and Data Communications, Aveiro, Portugal, juin 1998.
- [SAM 03] N. Samaan and A. Karmouch, "An Evidence-Based Mobility Prediction Agent Architecture", MATA, pp 230-239, 2003.

- [SAN 02] O. Sandel, “Modèle d'Interface Intelligente pour Terminaux de Communication”, Thèse de Doctorat en Informatique. Université Louis Pasteur de Strasbourg, France, 2002.
- [SCH 93] J. Schlimmer and L. Hermens, “Software Agents : Completing Patterns and Constructing User Interfaces”, *Journal of Artificial Intelligence Research*, pp 61-89, School of Electrical Engineering and Computer Science, 1993.
- [SHN 97] B. Shneiderman, “Direct Manipulation for Comprehensible, Predictable and Controllable User Interfaces”, *Proceedings of the ACM International Workshop on Intelligent User Interfaces*, pp 33-39, New York, 1997.
- [STE 97] C. Stephanidis, “User Interfaces for All: Developing Interfaces for Diverse User Groups”, *User Modeling : Proceedings of the Sixth International Conference (UM'97)*, pp 443-444, New York, 1997.
- [USK] S. Uskela, “Mobility Management in Mobile Internet”, Nokia Finland, http://nds2.ir.nokia.com/downloads/aboutnokia/research/library/communication_systems/CS2.pdf
- [VAS 97] J. Vassileva, “A New View of Interactive Human-Computer Environments”, *Proceedings of the Sixth International Conference (UM'97)*, pp 433-435, 1997.
- [WHI 98] E. Whitehead, “Advanced Human-Computer Interaction”, *Teaching Material in Computer Information Systems Design*, pages 63, Faculty of Technology, Kingston University, 1998.