

Intelligence artificielle et radio cognitive

Badr Benmammam

badr.benmammam@gmail.com

Plan

- ❑ Intelligence artificielle et radio cognitive
- ❑ Algorithmes intelligents
 - ❑ Réseaux de neurones
 - ❑ Logique floue
 - ❑ Processus de décision de Markov
- ❑ Langages de la radio cognitive
- ❑ Domaines d'application de la radio cognitive

Intelligence artificielle et radio cognitive

- ❑ Les techniques d'intelligence artificielle (IA) pour l'apprentissage et la prise de décision peuvent être appliquées à la conception de systèmes efficaces de la radio cognitive.
- ❑ Le concept de l'apprentissage automatique peut être appliqué à la radio cognitive pour la maximisation des capacités d'accès au spectre dynamique.

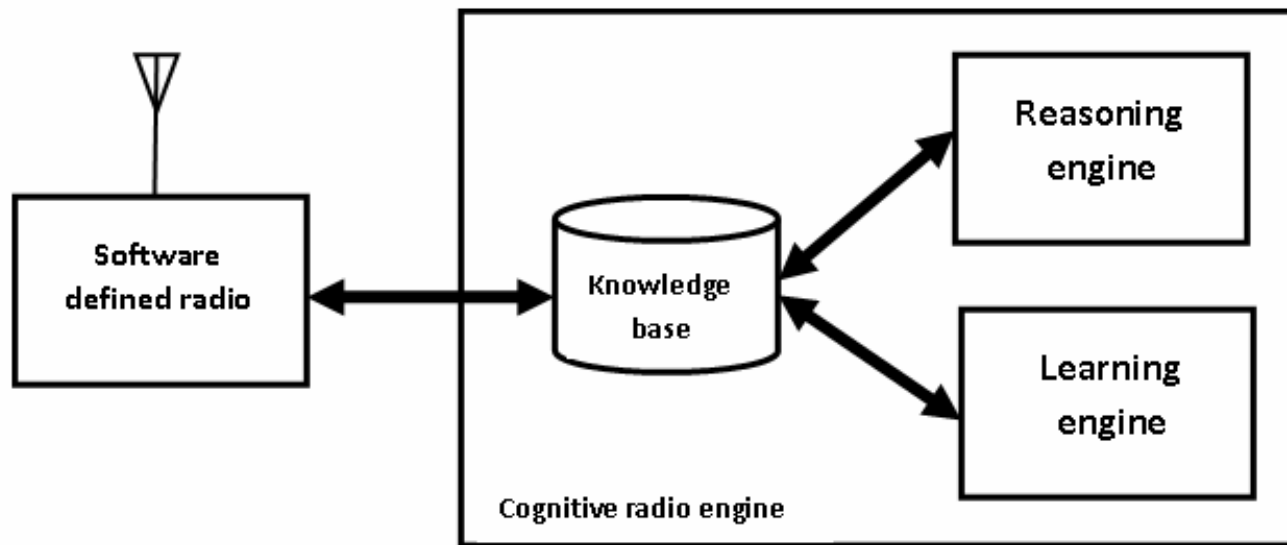


Figure 1 : Architecture de la radio cognitive avec l'apprentissage automatique

Intelligence artificielle et radio cognitive

- ❑ La base de connaissances (**knowledge base**) maintient les états du système et les actions disponibles.
- ❑ Le moteur de raisonnement (**Reasoning engine**) utilise la base de connaissances pour choisir la meilleure action.
- ❑ Le moteur d'apprentissage (**Learning engine**) effectue la manipulation des connaissances basées sur l'information observée (par exemple des informations sur la disponibilité des canaux, le taux d'erreur dans le canal).

Intelligence artificielle et radio cognitive

- ❑ Dans la base de connaissances, deux structures de données, à savoir, le prédicat et l'action, sont définis.
 - ❑ Le prédicat (règle d'inférence) est utilisé pour représenter l'état de l'environnement. Sur la base de cet état, une action peut être effectuée pour modifier l'état de telle sorte que les objectifs du système peuvent être réalisés.
 - ❑ Par exemple, un prédicat peut être définie comme la «modulation==QPSK AND SNR == 5dB », tandis que l'action peut être définie comme «mode de modulation en baisse» avec pré-condition « $SNR \leq 8dB$ » et post-condition «modulation ==BPSK ».
- ❑ Compte tenu de l'entrée (qui est obtenue à partir de la mesure), le moteur de raisonnement correspond à l'état actuel (modulation et SNR dans ce cas) avec les prédicats et détermine les résultats sous-jacents (vrai ou faux). Puis, à partir de l'ensemble des résultats des prédicats, une action appropriée est prise.

Intelligence artificielle et radio cognitive

- ❑ Un algorithme d'apprentissage est utilisé pour mettre à jour à la fois l'état du système et les mesures disponibles en fonction de l'environnement radio.
- ❑ Cette mise à jour peut être faite en utilisant une fonction objectif (par exemple, réduire le taux d'erreur binaire) avec un objectif de déterminer la meilleure action compte tenu de l'entrée (par exemple la qualité du canal) et les connaissances disponibles.
- ❑ Différents algorithmes d'apprentissage peuvent être utilisés dans un réseau radio cognitif (**le modèle de Markov caché, les réseaux de neurones, ou les algorithmes génétiques**).

Algorithmes intelligents

- ❑ Les radios cognitives doivent avoir la capacité d'apprendre et d'adapter leur transmission sans fil selon l'environnement radio ambiant.
- ❑ Les algorithmes intelligents tels que ceux basés sur l'apprentissage automatique, les algorithmes génétiques, et la logique floue sont donc essentiels pour la mise en œuvre de la technologie de la radio cognitive.
- ❑ En général, ces algorithmes sont utilisés pour observer l'état de l'environnement sans fil et de construire des connaissances sur l'environnement.
- ❑ Cette connaissance est utilisée par une radio cognitive pour adapter sa décision sur le spectre d'accès.
 - ❑ Par exemple, une radio cognitive (un utilisateur secondaire) peut observer l'activité de transmission de l'utilisateur primaire sur des canaux différents. Cela permet à la radio cognitive de développer les connaissances sur l'activité des utilisateurs primaires sur chaque canal. Cette connaissance est ensuite utilisée par la radio cognitive pour décider quelle voie d'accès choisir afin que les objectifs de performance souhaités peuvent être atteints (par exemple, le débit est maximisé alors que l'interférence ou les collisions causées aux utilisateurs primaires sont maintenues en dessous du niveau cible).

Réseaux de neurones

- ❑ Un réseau de neurones multicouches peut être utilisé pour modéliser et évaluer les performances des réseaux IEEE 802.11.
- ❑ Ce réseau de neurones fournit un modèle à boîte noire pour la relation non linéaire entre les entrées (paramètres réseau par exemple) et les sorties (les performances du réseau par exemple).
- ❑ Ce modèle de réseau de neurones peut apprendre à partir des données d'apprentissage qui peuvent être obtenues d'une manière en ligne lorsque les données de mesure en temps réel sont disponibles. Bien que l'apprentissage d'un modèle de réseau de neurones nécessite une grande quantité de ressources de calcul, le calcul de la sortie est beaucoup plus simple et il encourt seulement un léger surcoût.
- ❑ Par conséquent, ce modèle est approprié pour un réseau radio cognitif pour laquelle une réponse rapide à l'évolution de l'environnement radio est exigée d'un utilisateur secondaire. Par exemple, l'utilisateur secondaire doit interrompre la transmission dès que l'activité de l'utilisateur primaire sur le même canal est détectée.

Réseaux de neurones

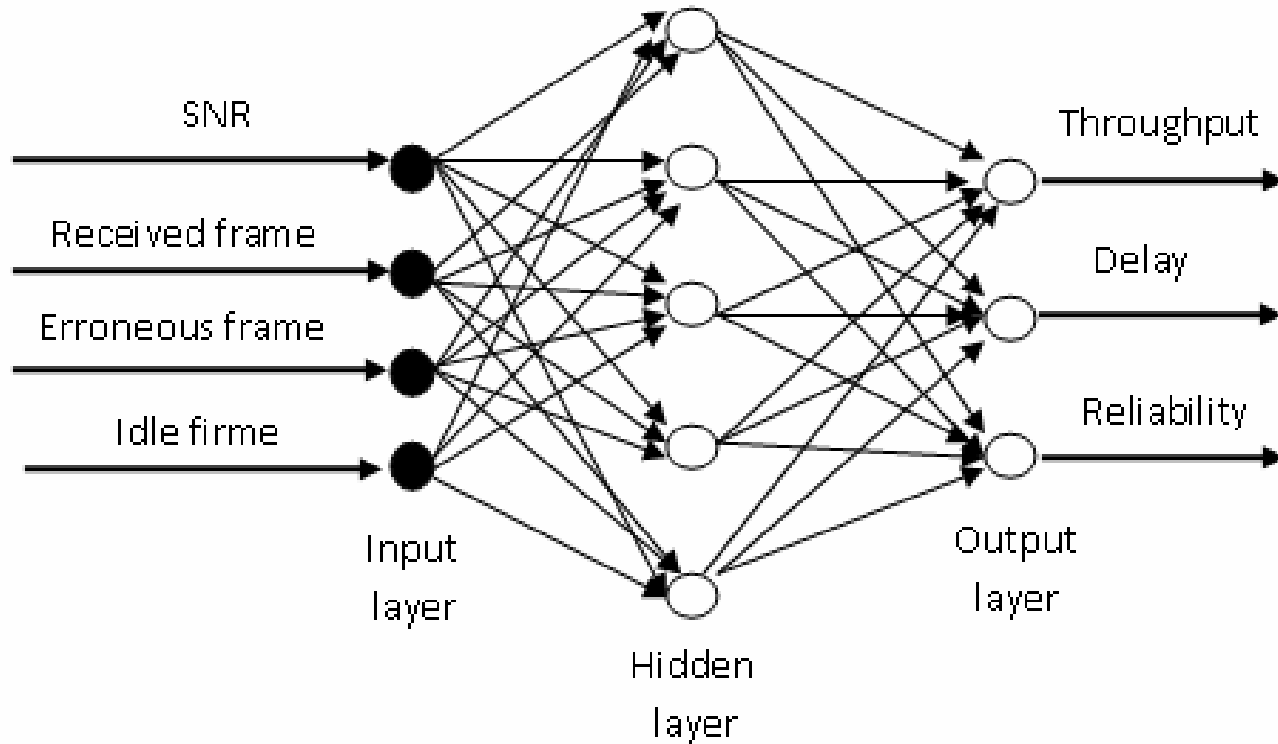


Figure 2 : Un réseau de neurones pour la modélisation des performances de l'IEEE 802.11

Réseaux de neurones

- ❑ Les entrées du modèle sont la qualité du canal, le nombre de trames reçues avec succès, le nombre de trames erronées, et la fraction du temps dans laquelle un canal est détecté.
- ❑ Les sorties du modèle sont le débit, le délai, et la fiabilité du réseau. Lors de l'apprentissage de ce modèle de réseau de neurones, toutes les entrées mesurées sont utilisées pour ajuster le poids et pour minimiser l'erreur par rapport aux sorties connues.
- ❑ Cet ajustement est répété jusqu'à ce que l'erreur soit inférieure à un certain seuil. Pour ajuster le poids, l'algorithme de rétro-propagation est utilisé. Les données d'apprentissage comprennent des paramètres réseau et les mesures de performance correspondantes.

Logique floue

- ❑ La logique floue est souvent combinée avec les réseaux de neurones qui peut s'adapter à l'environnement en cours d'évolution d'un système de radio cognitive.
- ❑ La logique floue fournit un moyen simple d'obtenir la solution à un problème basé sur l'information imprécise, bruyante, et inachevée.
- ❑ Au lieu d'employer la formulation mathématique compliquée, la logique floue emploie un ensemble flou de fonctions d'adhésion et de règles d'inférence pour obtenir la solution qui satisfait les objectifs désirés.

Logique floue

- ❑ Généralement il y a trois composants importants dans un système de contrôle de logique floue : processeur de logique floue, fuzzifier, et le defuzzifier.
- ❑ Tandis que le fuzzifier est employé pour tracer les entrées réelles en les rendant floues, le processeur de logique floue met en application un moteur d'inférence pour obtenir la solution basée sur les ensembles de règles prédéfinis. Alors que le defuzzifier est appliqué pour transformer la solution à la production réelle.
- ❑ Pour capturer le comportement de système dynamique, les règles de logique floue et les fonctions d'adhésion doivent être adaptatives à l'environnement en cours d'évolution de sorte que la solution désirée puisse être réalisée.

Processus de décision de Markov

- La théorie de la décision est exigée pour que la radio cognitive choisisse la meilleure action intelligemment en réponse aux stimuli environnementaux.
- Un processus de décision partiellement observable de Markov est souvent employé pour l'accès dynamique au spectre dans un réseau ad hoc.
- Une méthode d'accès opportuniste au spectre a été développée pour permettre aux utilisateurs secondaires d'employer le spectre radio à l'aide d'un protocole cognitif.
- L'action de l'émetteur a été définie pour sentir le canal et y accéder s'il est disponible, et la récompense a été définie comme quantité d'émission de données.

Langages de la radio cognitive

- ❑ Deux problèmes surgissent :
 - ❑ D'abord, le réseau n'a aucun langage standard avec lequel il peut poser ses questions.
 - ❑ En second lieu, la destination possède la réponse, mais elle ne peut pas accéder à cette information.
 - ❑ Elle n'a aucune description de sa propre structure.
- ❑ RKRL (Radio Knowledge Representation Language), fournit un langage standard dans lequel de tels échanges de données peuvent être définis dynamiquement. Il est conçu pour être employé par des agents logiciels ayant un haut niveau de compétence conduite en partie par un grand stock de connaissances a priori.
- ❑ En plus de la langue naturelle, plusieurs langages sont utilisés pour la radio.

Langages de la radio cognitive

- ❑ L'Union Internationale des Télécommunications (ITU) a adopté les spécifications et le langage de description (SDL) dans ses recommandations.
- ❑ SDL exprime aisément l'état des machines radio, les diagrammes d'ordre de message, et les dictionnaires des données relatifs.
- ❑ L'Institut européen des normes de télécommunications a récemment adopté SDL en tant que l'expression normative des protocoles radio, ainsi on s'attend à ce que la modélisation SDL de la radio continue à avancer. Cependant, SDL manque de primitives pour la connaissance générale des ontologies.

Langages de la radio cognitive

Langage	Points forts	Points faibles
SDL	État des machines, diagramme de séquence, base d'utilisateur très large, connaissances bien codées	Plan de représentation, incertitude
UML	Ontologies générales, structure, relations	Matériel, propagation RF
IDL	Interfaces, encapsulation des objets	Informatique générale
KQML	Primitives (ask/tell), sémantique	Informatique générale
KIF	Traitement axiomatique des ensembles, relations, frames, ontologies	Informatique générale, matériel, propagation RF

Table 1 : Langages de la radio cognitive

Langages de la radio cognitive

- ❑ Le langage de modélisation unifiée (UML) exprime aisément un logiciel objet, y compris des procédures, des cas d'utilisation, etc.

- ❑ En pratique, il a une présence forte dans la conception et le développement des logiciels, mais il est faible dans la modélisation des dispositifs câblés.

- ❑ En outre, bien qu'UML puisse fournir un cadre de conception pour la propagation radioélectrique, les langages cibles sont susceptibles d'être en C ou en Fortran pour l'efficacité en traçant des dizaines de milliers de rayons d'ondes radio.

Langages de la radio cognitive

- ❑ Le Common Object Request Broker Architecture (CORBA) définit un langage de définition d'interface (IDL) comme une syntaxe d'exécution indépendante pour décrire des encapsulations d'objets.
 - ❑ Ce langage est spécifiquement conçu pour déclarer les encapsulations, il manque de la puissance des langages comme le C ou Java.

- ❑ Le Knowledge Query and Manipulation Language (KQML), d'autre part, était explicitement conçu pour faciliter l'échange d'une telle connaissance. Basé sur des performatives comme « tell » et « ask ».

Domaines d'application de la radio cognitive

- ❑ **Coexistence de différentes technologies sans fil** : Les nouvelles technologies sans fil (IEEE 802.22) sont en cours d'élaboration pour la réutilisation des fréquences radio allouées à d'autres services sans fil (service TV).
- ❑ La radio cognitive est une solution qui fournit la coexistence de ces différentes technologies et services sans fil.
- ❑ Par exemple, IEEE 802.22, basée sur les utilisateurs WRAN peut utiliser efficacement la bande TV quand il n'y a pas d'utilisation du téléviseur à proximité ou quand une station de télévision ne diffuse pas.

Domaines d'application de la radio cognitive

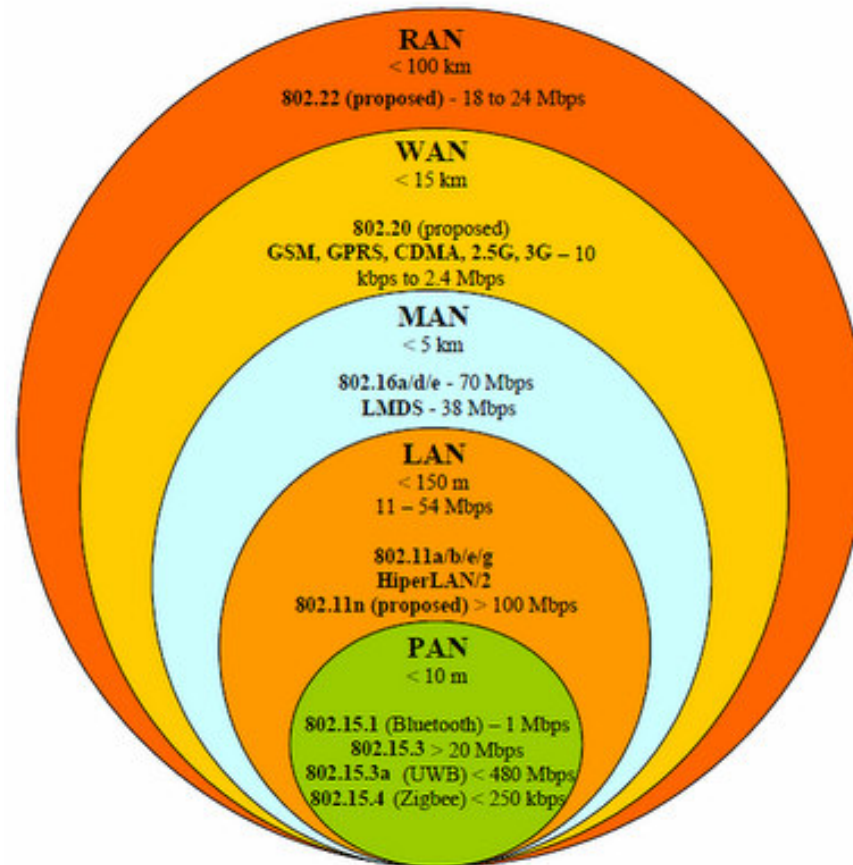


Figure 3 : Coexistence de différentes technologies sans fil

Domaines d'application de la radio cognitive

- ❑ **Services de cyber santé (eHealth services):** Différents types de technologies sans fil sont adoptés dans les services de santé pour améliorer l'efficacité de la prise en charge des patients et la gestion des soins de santé.
- ❑ La plupart des dispositifs de soins utilisés sont sans fil et sont limités par les EMI (interférences électromagnétiques) et EMC (compatibilité électromagnétique).
- ❑ Depuis que les équipements médicaux et les capteurs bio signal sont sensibles aux EMI, la puissance d'émission des appareils sans fil doit être soigneusement contrôlée. En outre, différents dispositifs biomédicaux (équipement et appareils chirurgicaux, de diagnostic et de suivi) utilisent la transmission RF. L'utilisation du spectre de ces dispositifs doit être choisie avec soin pour éviter toute interférence avec l'autre.
- ❑ Dans ce cas, les concepts de la radio cognitive peuvent être appliqués.
- ❑ De nombreux capteurs médicaux sans fil sont conçus pour fonctionner dans les ISM (industriel, scientifique et médicale), et donc ils peuvent utiliser les concepts de la radio cognitive pour choisir les bandes de transmission permettant d'éviter les interférences.

Domaines d'application de la radio cognitive

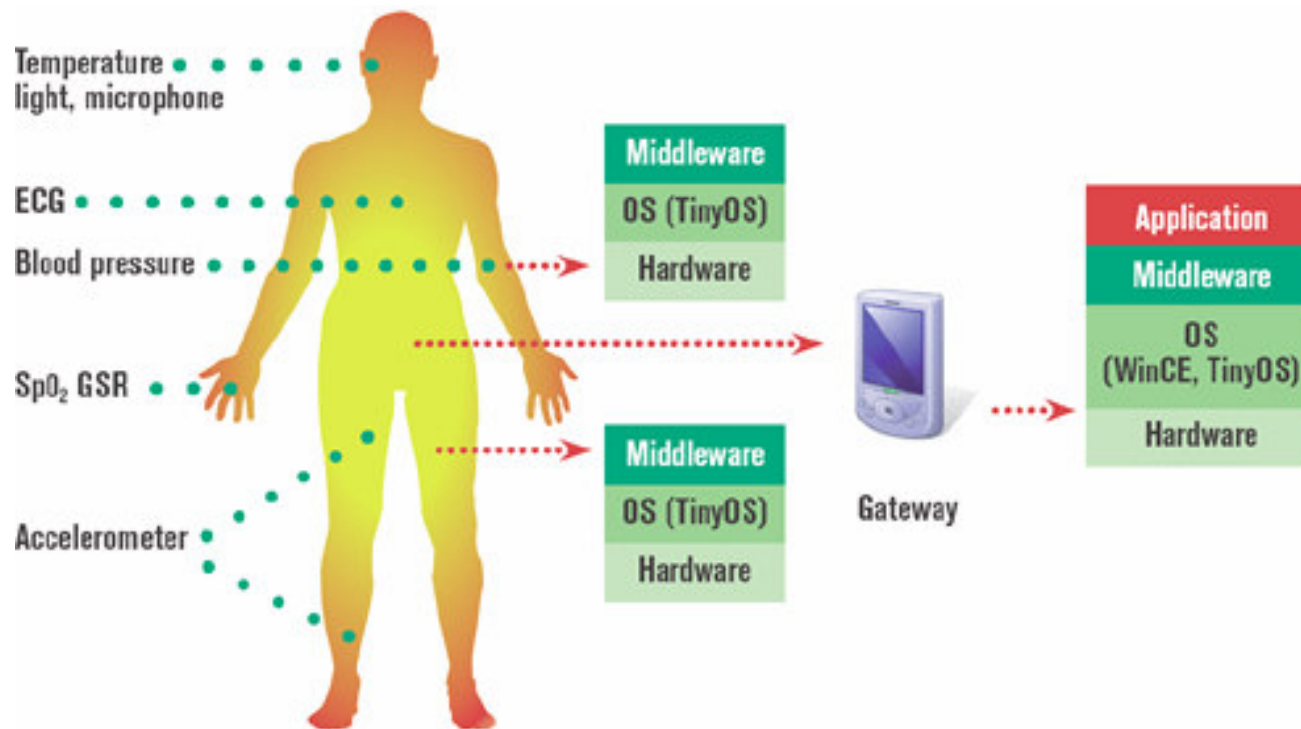


Figure 4 : RC, WBAN et capteurs

Domaines d'application de la radio cognitive

- ❑ **Réseaux d'urgence** : les réseaux de sécurité publique et d'urgence peuvent profiter des concepts de la radio cognitive pour fournir la fiabilité et la flexibilité de communication sans fil.
- ❑ Par exemple, dans un scénario où il y a une catastrophe, l'infrastructure de communication standard peut ne pas être disponible, et par conséquent, un système de communication sans fil adaptatif (soit un réseau d'urgence) peut être nécessaire d'être créé pour soutenir la reprise après sinistre.
- ❑ Ce genre de réseau peut utiliser le concept de la radio cognitive pour permettre la transmission sans fil et la réception sur une large gamme du spectre radio.

Domaines d'application de la radio cognitive

- ❑ **Réseaux militaires** : Avec la radio cognitive, les paramètres de la communication sans fil peuvent être adaptés de manière dynamique en fonction du temps et de l'emplacement ainsi que de la mission des soldats.

- ❑ Par exemple, si certaines fréquences sont brouillées ou bruyantes, les dispositifs radio cognitifs (émetteurs/récepteurs) peuvent effectuer des recherches pour trouver des bandes de fréquence d'accès de rechange pour la communication.

Nos publications dans le domaine de la RC

- ❑ Asma Amraoui, Fatima zohra Benidris, **Badr Benmammam**, Francine Krief and Fethi Tarik Bendimerad. "Toward cognitive radio resource management based on multi-agent systems for improvement of real-time application performance". Proceedings of the Fifth IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS'2012). Istanbul, Turkey.7-10 May 2012.
- ❑ **B. Benmammam**, A. Amraoui and W. Baghli. "Performance improvement of wireless link reliability in the context of cognitive radio". IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. VOL.12 No.01, January, 2012, pp. 15-22. ISSN : 1738-7906.
- ❑ A. Amraoui, W. Baghli and **B. Benmammam**, "Improving video conferencing application quality for a mobile terminal through cognitive radio", Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Communication Technology (ICCT 2012). Chengdu, China, November 9th-11th, 2012.
- ❑ A. Amraoui, W. Baghli et **B. Benmammam**, "Amélioration de la fiabilité du lien sans fil pour un terminal radio cognitive mobile". Dans les actes du 12 ème Journées Doctorales en Informatique et Réseau (JDIR'11). Belfort, France, 23-25 Novembre 2011. Pages : 1-6.

Publications relatives à nos travaux

- ❑ Zeina Jrad, **Badr Benmammam**, Joseph Corr ea, Francine Krief, Nader Mbarek. "A User Assistant for QoS Negotiation in a Dynamic Environment Using Agent Technology". Proceedings of the Second IEEE and IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks WOCN 2005. March 6 - 8, 2005, Hyatt Regency Hotel, Dubai, United Arab Emirates UAE, Print ISBN: 0-7803-9019-9.
- ❑ **B. Benmammam** and F. Krief. "Resource Management for End-to-End QoS in a Mobile Environment". 2nd *IEEE* INTERNATIONAL CONFERENCE ON Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (**WiMob 2006**). Montréal, Canada. June 19-21, 2006.
- ❑ N. Samaan, **B. Benmammam**, F. Krief and A. Karmouch. "Prediction-based Advanced Resource Reservation in a Mobile Environment". 18th IEEE Annual Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, CCECE05, May 1-4, 2005, Saskatoon Inn, Saskatoon, Saskatchewan Canada.
- ❑ **B. Benmammam** and F. Krief. "MQoS NSLP: a mobility profile management based approach for advance resource reservation in a mobile environment". Proceedings of the 7th IFIP IEEE International Conference on Mobile and Wireless Communications Networks (MWCN 2005). Marrakech, Morocco. September 19-21, 2005.
- ❑ Z. Jrad, F. Krief and **B. Benmammam**. "An Intelligent User Interface for the Dynamic Negotiation of QoS". Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Telecommunications. ICT'2003. Papeete, Tahiti. February 2003, Print ISBN: 0-7803-7661-7.