



HAL
open science

Gestion dynamique du spectre entre terminaux radio cognitive mobiles

Emna Trigui, Moez Esseghir, Leila Merghem-Boulahia

► **To cite this version:**

Emna Trigui, Moez Esseghir, Leila Merghem-Boulahia. Gestion dynamique du spectre entre terminaux radio cognitive mobiles. CFIP 2011 - Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles, UTC, May 2011, Sainte Maxime, France. inria-00587117

HAL Id: inria-00587117

<https://inria.hal.science/inria-00587117v1>

Submitted on 19 Apr 2011

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.

Gestion dynamique du spectre entre terminaux radio cognitive mobiles

Emna Trigui* — Moez Esseghir* — Leila Merghem Boulahia*

*ICD/ERA, CNRS UMR STMR 6279,
Université de Technologie de Troyes,
12, rue Marie Curie – BP 2060 - 10010 Troyes cedex, France
{emna.trigui, moez.esseghir, leila.merghem_boulahia}@utt.fr

RÉSUMÉ. La radio cognitive est une technologie émergente en matière d'accès sans fil, visant à améliorer considérablement l'utilisation du spectre radio en permettant d'y accéder de manière opportuniste. La plupart des travaux de recherche sur la radio cognitive se sont habituellement réalisés sur la base d'un état spatio-temporel fixe sans tenir compte de l'effet de la mobilité de l'utilisateur. Dans ce papier, nous nous intéressons au concept de mobilité dans les réseaux radio cognitive. Nous proposons ainsi un algorithme de gestion de handover spectral pour un nœud radio cognitive mobile. Notre algorithme présente une approche décentralisée qui utilise les systèmes multi agents. Nous exploitons également des algorithmes de négociation et de coopération issus du domaine multi-agents afin d'assurer une répartition plus efficace du spectre.

ABSTRACT. Cognitive radio is an emergent technology in wireless access that aims to improve considerably spectrum's use by allowing opportunistic access. Most of the research activity on the cognitive radio considered until now static terminals, neglecting the impact of user's mobility. In this paper, we are interested in the concept of mobility in cognitive radio networks. Thus, we propose an algorithm of spectrum mobility for mobile cognitive radio user. Our algorithm presents a decentralized approach using multi agent systems. We exploit also multi agent negotiation and cooperation methods to insure a more efficient spectrum distribution.

MOTS-CLÉS: Radio cognitive, mobilité, handover spectral, gestion du spectre, continuité de service.

KEYWORDS: Cognitive radio, mobility, spectrum handoff, spectrum management, continuity of service.

1. Introduction

La récente évolution des technologies sans fil entraîne une forte demande en termes de ressources spectrales. Pour palier ce problème, les chercheurs ont eu recours à un nouveau paradigme qui est la radio cognitive (RC) afin d'exploiter le spectre existant de manière opportuniste. En effet, il existe des bandes inutilisées desquelles il est possible de profiter pour augmenter le nombre d'utilisateurs et pour mieux répartir les ressources disponibles [FCC 03].

Le concept de RC a été introduit en 1998 par Joseph Mitola III qui la définit comme étant "*a radio that employs model-based reasoning to achieve a specified level of competence in radio-related domains*" [MIT 00]. Un terminal RC peut donc interagir avec son environnement radio afin de s'y adapter, d'y détecter les fréquences libres et de les exploiter. Le terminal aura suffisamment de capacités lui permettant de gérer efficacement l'ensemble des ressources radio.

Les recherches actuelles sur la radio cognitive s'intéressent principalement à la détection des ressources libres et à la répartition dynamique des fréquences entre les terminaux RC alors que la composante mobilité présente aussi un aspect assez intéressant mais très peu étudié. Pour ces raisons, notre travail se focalise sur la gestion du spectre entre terminaux radio cognitive mobiles de façon à bien gérer le handover au sens classique ainsi que le handover spectral.

Il est d'ailleurs important de différencier ces deux notions. Le handover (HO) se produit lors du déplacement d'un terminal d'un point à un autre. Classiquement il se traduit par le changement d'un réseau à un autre, d'une technologie à une autre, etc. Dans le contexte de radio cognitive, il peut s'accompagner d'un HO spectral, c'est-à-dire le changement de la bande spectrale utilisée.

Ce papier est organisé comme suit : La section 2 présente un état de l'art sur le handover dans le contexte de la RC. Ensuite, la section 3 décrit le scénario et la solution proposée, et présente un exemple de répartition dynamique du spectre. Enfin, la section 4 conclut ce papier.

2. Travaux récents

La plupart des travaux de recherche sur la radio cognitive se sont généralement concentrés sur le cas des réseaux fixes sans tenir compte des aspects mobilité et handover. En effet, un axe de recherche important s'est focalisé sur les techniques d'accès et de gestion du spectre [AKY 06, MIR 10], un autre axe s'est orienté vers l'étude de la gestion du handover dans les réseaux sans fil [AKY 99, AHM 10]; Toutefois certains travaux [BEL 08, RAI 08, FUX 07] ont eu recours à la radio cognitive pour améliorer la gestion de mobilité dans les réseaux cellulaires traditionnels. Par exemple dans [RAI 08], est présentée une approche réactive qui permet de changer les paramètres de la station de base pour l'adapter aux exigences des nouveaux services. Cette solution se base sur les caractéristiques de la RC (détection, changement de paramètres, etc.), mais elle est seulement adaptée aux réseaux cellulaires traditionnels avec un système de gestion centralisée.

CR-MANET [FUX 07] est une proposition pour combiner les réseaux cellulaires avec les réseaux ad hoc composés de terminaux RC afin de perfectionner le développement des systèmes de communications mobiles dans le futur. Ils proposent quelques recommandations pour les recherches à venir comme : 1) la nécessité d'une gestion dynamique des zones de localisation dans un réseau sans infrastructure, 2) La nécessité d'avoir un contrôle d'admission de connexions (CAC) lors d'un HO et un contrôle du délai et du taux de perte de paquets tout au long du

processus de HO en les comparant avec des valeurs seuils, 3) le besoin d'optimiser et de prévoir l'occurrence du handover spectral pour réduire le délai et la perte de données. Cette optimisation peut se faire en réduisant, par exemple, la latence de l'algorithme de détection.

Dans ce travail, nous voulons corréler les négociations pour le partage dynamique du spectre avec la mobilité des terminaux à radio cognitive. Notre problématique est donc la gestion du handover dans un réseau radio cognitive en assurant une utilisation optimale du spectre. Pour y répondre, nous donnons dans ce qui suit un scénario type et nous proposons un algorithme de gestion du handover spectral pour un nœud RC mobile.

3. Scénario et solution proposés

La plupart des scénarios jusque-là traités dans le cadre de la radio cognitive se restreignent à la gestion de spectre entre nœuds fixes (absence de handover). Pour notre part, nous considérons ici le scénario d'un nœud radio cognitive mobile (TCM). En effet, ce terminal se déplace d'un point A vers un point B en passant par un ensemble de zones, l'espace étant supposé réparti en zones ayant chacune ses propres caractéristiques (ressources spectrales, nombre d'utilisateurs, etc.). Ce TCM utilise initialement une partie du spectre qui lui est déjà allouée dans la zone de départ. Cette allocation s'est faite après une phase de détection et de décision suivant ses besoins en ressources. La partie du spectre allouée peut être partagée avec un utilisateur primaire (PU) ayant la licence ou un utilisateur secondaire (SU) sans licence qui veut utiliser les parties libres du spectre. Lors de son déplacement d'une zone vers une autre, le TCM peut rencontrer les cas de figures suivants :

- La partie du spectre utilisée par le TCM ne garantit plus la QoS requise dans la nouvelle zone.
- La partie du spectre est totalement occupée par d'autres utilisateurs (PU ou SU).
- La partie du spectre est partiellement occupée et une négociation/coopération est possible. Dans cette hypothèse, la bande peut être occupée 1) par un PU, 2) par un ou plusieurs SUs 3) par un PU et un ensemble de SUs qui utilisent cette partie du spectre.
- Il existe d'autres parties du spectre garantissant une QoS meilleure dans la nouvelle zone.

3.1 Fonctionnement d'un nœud radio cognitive mobile au niveau d'une zone

L'organigramme de la figure 1 détaille les différentes fonctionnalités d'un nœud RC.

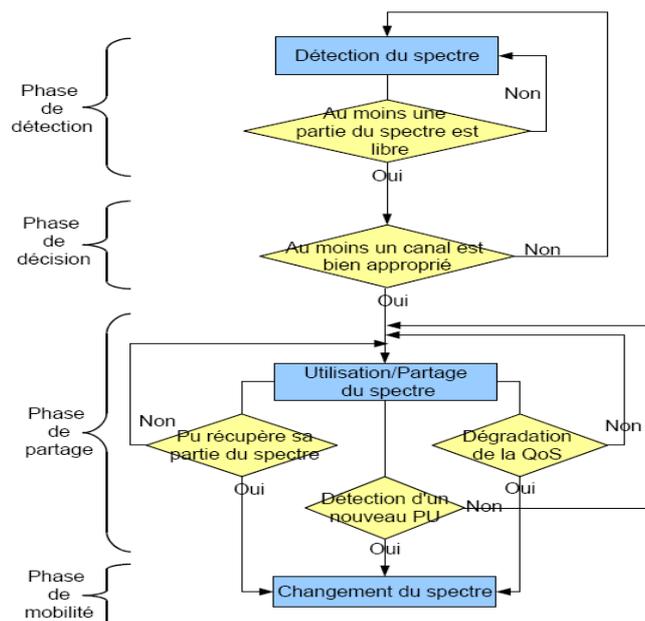


Figure 1 : Organigramme de fonctionnement d'un nœud radio cognitive

Pendant la phase de détection, le TCM découvre son environnement pour détecter la présence de parties libres du spectre. Il reste à la recherche d'une portion de spectre libre jusqu'à ce qu'il en trouve au moins une. Puis, le TCM passe à la phase de décision pour choisir la bande appropriée à ses besoins en termes de QoS demandée par l'application. Pendant cette phase, le nœud RC observe et caractérise les bandes puis choisit la première bande qui satisfait ses besoins afin de minimiser la durée de ce processus. Si aucun canal parmi ceux détectés libres n'est approprié (QoS non garantie ou insuffisance de bande) alors le TCM recommence la phase de détection.

Lors de l'utilisation du spectre, trois cas peuvent se présenter. Dans le premier, un PU coexistant veut récupérer sa portion de spectre. Le nœud RC doit alors exécuter immédiatement un changement de spectre étant donné qu'un PU est toujours prioritaire. Dans le deuxième cas, un ou plusieurs SU coexistent dans la même zone. Aucun utilisateur n'est prioritaire et le partage du spectre doit être équitable. Si un nouveau PU apparaît, alors le nœud RC doit changer obligatoirement de spectre. Dans le dernier cas, une dégradation de la QoS due par exemple à des interférences peut entraîner un changement spectral du nœud RC.

3.2 Algorithme de handover spectral pour un TCM

La mobilité du terminal radio cognitive lui impose un comportement différent au moment de changement de zones. Le TCM doit assurer la continuité de service de ses applications ainsi qu'une gestion efficace du spectre. Pour ces raisons, nous proposons un algorithme à exécuter par le TCM lors de la phase du HO. Dans le reste du papier, nous utilisons les notations suivantes :

- $QoS(TCM)$: La qualité de service demandée par le TCM
- $spectre_{i(zone\ j)}$: la partie i du spectre qu'utilise actuellement le TCM dans la zone j
- $spectre_{i(zone\ j+1)}$: la partie i du spectre que devrait occuper le TCM dans la nouvelle zone $j+1$

Algorithme de gestion du handover spectral pour un TCM

```

Si (spectrei(zone j+1) = totalement occupé) ou (spectrei(zone j+1) ne garantit plus la QoS(TCM))
  Alors spectrei(zone j+1) ← Choisir_nouveau_spectre() // changement de spectre
Sinon
  Si (spectrei(zone j+1) est totalement libre)
    Alors
      spectrei(zone j+1) ← spectrei(zone j) // continuer à utiliser le même spectre
    Sinon
      Si (PU ∈ spectrei(zone j+1)) // s'il existe un PU dans le spectre
        Alors Si négociation (PU, TCM) = acceptation
          Alors partage (PU, TCM)
          Sinon spectrei(zone j+1) ← Choisir_nouveau_spectre()
        Fin Si
      Sinon // s'il existe un ou plusieurs SUs dans le spectre
        Si coopération (TCM, SUs) = acceptation
          Alors partage (TCM, SUs)
          Sinon spectrei(zone j+1) ← Choisir_nouveau_spectre()
        Fin Si
      Fin Si
    Fin Si
  Fin Si
Fin Si

```

Si le spectre est totalement occupé ou s'il ne garantit plus la QoS demandée dans la nouvelle zone alors le TCM doit effectuer un HO spectral. Sinon s'il est totalement libre, alors il continue à l'utiliser. Par contre, si le spectre est partiellement occupé, il faut vérifier le type d'utilisateurs dans la nouvelle zone. S'il y a un PU alors le TCM doit demander son accord pour l'utilisation du spectre. Dans le cas de refus, il doit changer de spectre. Si le spectre est partiellement utilisé par des SUs alors ces derniers vérifient la possibilité de partage avec le TCM en termes de disponibilité de bande par rapport aux besoins du terminal mobile. A travers la détection de l'environnement, Le TCM peut déterminer dans la nouvelle zone des parties plus appropriées. Toutefois, il évitera grâce à notre algorithme de changer de spectre tant que la portion qu'il utilise est toujours disponible et lui offre encore ses exigences en QoS. Ceci permettra d'empêcher les délais supplémentaires engendrés par le processus de handoff.

La solution que nous avons proposée utilise les systèmes multi agents où chaque TCM est géré par un agent. Chaque Agent négocie avec le PU et coopère avec les SUs pour assurer une gestion efficace du spectre. En effet, la négociation avec le PU signifie une discussion pour aboutir à un accord mutuel alors que la coopération avec les SUs signifie une collaboration afin de partager le spectre de façon que la nouvelle distribution, TCM inclus, ne gêne pas aux SUs actuels.

3.3 Exemple d'application

Pour mieux comprendre l'algorithme proposé, nous présentons dans la figure 2 un exemple de répartition du spectre suite au déplacement du TCM d'une zone à une autre.

Au départ, le TCM se trouve dans la zone 1 et il est entrain d'utiliser la partie 1 du spectre. Au moment du HO de la zone 1 vers la zone 2, le TCM découvre que la partie 1 du spectre est totalement occupée. Toute la bande est utilisée par d'autres PUs ou SUs ou bien elle ne garantit plus la QoS demandée. Le TCM change obligatoirement de portion. Ainsi, il passe à la partie 2 du spectre. De la zone 2 vers la zone 3, le TCM rencontre un PU qui est entrain d'utiliser partiellement la partie 2 dans la zone 3. Il doit donc procéder à un mécanisme de négociation avec le PU pour demander le partage de la bande. Dans notre cas, le PU refuse le partage et par conséquent le TCM effectue un handover spectral et passe à la partie 3 (disponible).

Lors du handover de la zone 3 vers la zone 4, le TCM détecte la présence de SUs seulement dans la partie 3 de la zone 4. Le TCM coopère avec eux pour savoir s'il y a une possibilité de partage. En cas de disponibilité, le TCM partage le spectre avec eux immédiatement. D'après l'exemple de la figure 2, le TCM continue à utiliser la partie 3 en effectuant un partage avec les SUs existants dans la zone 4. Alors que dans la zone 5, le TCM se trouve dans un même cas à la différence qu'un partage équitable entre tous les SUs, TCM inclus, n'est plus possible. Le TCM effectue un changement spectral en passant à la partie 4 du spectre. Il continue à opérer dans cette même bande dans la zone 6 puisque libre et dans la zone 7 également suite à la négociation avec le PU qui accepte de partager avec lui cette portion de spectre.

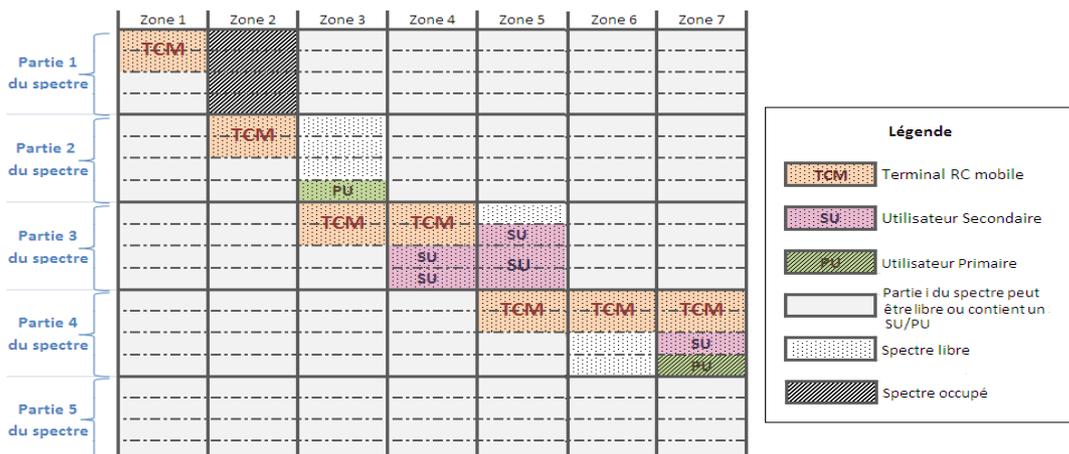


Figure 2 : Exemple de répartition dynamique du spectre

4. Conclusion

Dans ce papier, nous avons établi un état de l'art court sur la radio cognitive et les limites des travaux existants sur le thème de la mobilité. Afin de corréliser les négociations pour le partage dynamique du spectre avec la mobilité des terminaux à radio cognitive, nous avons proposé un algorithme de gestion du spectre adapté au contexte de la mobilité. Nous l'avons illustré par un exemple d'application. Notre solution présente une approche multi-agents décentralisée qui utilise les mécanismes de négociation et de coopération pour assurer une gestion dynamique et efficace du spectre. Dans nos travaux futurs, nous choisirons des algorithmes de négociation bien déterminés, nous définirons les paramètres de choix des canaux de façon plus précise et nous étudierons les profils des agents de manière plus détaillée afin d'affiner notre processus de décision. Nous évaluerons, par la suite, les performances de notre solution par des simulations et des modélisations mathématiques.

Remerciements

Ce travail a été financé, en partie, par une bourse du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (France).

Bibliographie

- [AHM 10] AHMED A. « Continuity of Service in Heterogeneous Wireless Networks with Multi-agent Systems », thèse de doctorat, Université de Technologie de Troyes, October 2010.
- [AKY 99] AKYILDIZ F., LEE W-Y., VURAN M. C., MOHANTY S., « Mobility management in next-generation wireless systems », *IEEE*, vol. 87, 1999, p. 1347-1384
- [AKY 06] AKYILDIZ F., LEE W-Y., VURAN M. C., MOHANTY S., « Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey », *International Journal of Computer and Telecommunication Networking*, vol. 50, n° 13, Sept 2006, p. 2127-2159
- [BEL 08] BELMEGA E.V., LASAULCE S., DEBBAH M., « Decentralized handovers in cellular networks with cognitive terminals », *3rd International Symposium On Communication, Control, and Signal Processing (ISCCSP-2008)*, Malta, 2008, p. 219-224.
- [FCC 03] FCC, Et Docket N° 03-222 Notice of proposed rulemaking and order, Décembre 2003
- [FUX 07] FU X., ZHOU W., XU J., SONG J., « Extended Mobility Management Challenges over Cellular Networks combined with Cognitive Radio by using Multi-hop Network », *8th ACIS int. Conf. on software engineering, art. Intell., net. and parallel/distributed computing (SNPD 2007)*, Juillet 2007, p. 683-688
- [MIR 10] MIR U., MERGHEM-BOULAHIA L., AND GAÏTI D., « On using Multiagent Systems for Spectrum Sharing in Cognitive Radios Networks », Chapitre de livre *Accepted in Formal and Practical Aspects of Autonomic Comp. and Networking: Specification, Development and Verification*, IGI Global, 2010
- [MIT 00] MITOLA J., « Cognitive radio: An integrated agent architecture for software defined radio », thèse de doctorat, Institut de technologie royal (KTH), Suède, Mai 2000.
- [RAI 08] RAIYN J., « Toward cognitive radio handover management », *Annual IEEE 19th Int. Symp on Personal, Indoor and Mobile Radio Comm. (PIMRC '08)*, Cannes, France, 15-18 Sept 2008, p. 1-5.