

# Approche de Stackelberg des jeux de contrôles de puissances efficaces énergétiquement dans les réseaux sans fils partiellement cognitifs

Yezekael Hayel, Samson Lasaulce, Merouane Debbah

► **To cite this version:**

Yezekael Hayel, Samson Lasaulce, Merouane Debbah. Approche de Stackelberg des jeux de contrôles de puissances efficaces énergétiquement dans les réseaux sans fils partiellement cognitifs. 9ème congrès de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision, Feb 2008, France. 2 p., 2008. <hal-00329490>

**HAL Id: hal-00329490**

**<https://hal-supelec.archives-ouvertes.fr/hal-00329490>**

Submitted on 10 Oct 2008

**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.

# Approche de Stackelberg des jeux de contrôles de puissances efficaces énergétiquement dans les réseaux sans fils partiellement cognitifs

Y. Hayel<sup>1</sup>, S. Lasaulce<sup>2</sup>, et M. Debbah<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LIA, Université d'Avignon, 84911 Avignon CEDEX  
yezekael.hayel@univ-avignon.fr

<sup>2</sup> LSS, CNRS – Supélec – Paris Sud, 91191 Gif-sur-Yvette CEDEX  
lasaulce@lss.supelec.fr

<sup>3</sup> DR2I, Chaire Alcatel – Lucent, Supélec, 91191 Gif-sur-Yvette CEDEX  
merouane.debbah@supélec.fr

## 1 Introduction

Dans cet article nous considérons un canal à accès multiple distribué à deux utilisateurs ayant pour objectif de maximiser égoïstement leur utilité. Contrairement aux nombreux travaux sur ce problème, l'utilité choisie ici n'est pas le débit de transmission ou la qualité de service mais l'efficacité énergétique de la communication. Cette approche a été introduite par [1] pour les canaux non sélectifs en fréquence et récemment été étendue aux systèmes MC-CDMA (multi-carrier code division multiple access) par [2], le problème principal étant que les terminaux mobiles ont une autonomie énergétique limitée. Dans cette article, nous adoptons la même approche que [2] mais avec une différence importante : certains terminaux peuvent être munis d'une radio cognitive [3]. Dans le cas à 2 utilisateurs considéré ici, l'utilisateur cognitif peut ainsi sonder le niveau de puissance de son rival and réagir en conséquence. Cette caractéristique permet donc de définir un jeu hiérarchique dans lequel l'utilisateur non-cognitif est le meneur de jeu et l'autre utilisateur est le poursuivant. Une de nos motivations est d'évaluer l'apport de l'intelligence dans un réseau sans fils en termes d'efficacité énergétique. Pour cela nous traitons ici le cas mono-porteuse en détails et évoquons le cas multi-porteuse.

## 2 Cas mono-porteuse

Le signal reçu par la station de base s'écrit comme suit :

$$Y = h_1 X_1 + h_2 X_2 + Z \quad (1)$$

avec  $\mathbb{E}|X_i|^2 = p_i$  and  $Z \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$ . Nous supposons que chaque utilisateur utilise une seule porteuse. L'état du canal de chaque joueur  $i = \{1, 2\}$  est donné par son rapport signal à interférence plus bruit en réception (SINR) défini par :

$$SINR_i = \frac{p_i |h_i|^2}{p_j |h_j|^2 + \sigma^2}. \quad (2)$$

La fonction d'utilité du joueur  $i$  est choisie comme suit :

$$u_i(p_1, p_2) = \frac{f(SINR_i)}{p_i} \quad (3)$$

où  $f$  est une fonction d'efficacité qui représente la qualité de transmission des paquets envoyés (voir [1,2] pour plus de détails). Le cas des jeux non-coopératifs utilisant cette utilité a été traité par [2]. Lorsqu'il existe, l'équilibre de Nash est donné par :

$$\tilde{p}_i = \frac{\sigma^2 \beta^*}{1 - \beta^*} \frac{1}{|h_i|^2}, \quad (4)$$

où  $\beta^*$  est l'unique solution positive de l'équation  $\beta f'(\beta) = f(\beta)$ . Ce type d'équations a une solution positive pourvu que la fonction  $f$  soit sigmoïdale [5], ce que nous supposons.

Dans ce travail nous adoptons une approche de Stackelberg dans laquelle les joueurs prennent leur décision de manière asynchrone. Dans notre formulation le jeu est joué en différentes étapes et il y a deux niveaux de jeu. L'équilibre de Stackelberg  $(p_1^*, p_2^*)$  sera donné par :

$$p_1^* = \arg \max_{p_1} u_1(p_1, p_2(p_1)), \quad (5)$$

with for all  $p_1$ ,

$$p_2(p_1) = \arg \max_{p_2} u_2(p_1, p_2), \quad (6)$$

et  $p_2^* = p_2(p_1^*)$ . Nous voyons bien que l'idée-clé de notre approche est que le meneur sait que le poursuivant va sonder son niveau de puissance et réagir en fonction de celui-ci. On peut montrer que, sous des conditions peu restrictives, il y a un unique équilibre dans ce jeu. C'est l'objet de la proposition suivante.

**Proposition 1.** *Il existe un unique équilibre au jeu hiérarchisé proposé  $(p_1^*, p_2^*)$  :*

$$p_1^* = \frac{\sigma^2}{|h_1|^2} \frac{\gamma^*(1 + \beta^*)}{1 - \gamma^*\beta^*} \quad \text{and} \quad p_2^* = \frac{\sigma^2}{|h_2|^2} \frac{\beta^*(1 + \gamma^*)}{1 - \gamma^*\beta^*},$$

si les conditions suivantes sont réalisées :

$$\begin{cases} \frac{f''(x)}{f'(x)} \geq 2\beta^* \\ \phi(x) = x(1 - \beta^*x)f'(x) - f(x) \text{ a un unique maximum in } ]0, \gamma^*[ \end{cases} \quad (7)$$

où  $f''(x_c) = 0$ ,  $\beta^*$  est la solution positive de l'équation  $xf'(x) = f(x)$  et  $\gamma^*$  est la solution positive de l'équation  $\phi(x) = 0$ .

Notre objectif est maintenant de comparer les issues du jeu non coopératif à celles du jeu hiérarchisé. Nous voulons donc comparer  $u_i(p_1^*, p_2^*)$  à  $u_i(\tilde{p}_1, \tilde{p}_2)$  pour chaque joueur  $i = 1, 2$ . Ceci fait l'objet de la proposition suivante.

**Proposition 2.** *A l'équilibre de Stackelberg, chaque utilisateur utilise moins de puissance que dans le cas Nash i.e.  $p_1^* < \tilde{p}_1$  and  $p_2^* < \tilde{p}_2$ . De plus l'efficacité énergétique du poursuivant est améliorée par rapport au cas non coopératif.*

### 3 Conclusions

L'intelligence permet au poursuivant d'améliorer sa manière d'utiliser son énergie dans un contexte hiérarchisé par rapport au contexte non coopératif. Nous conjecturons le même résultat pour le meneur de jeu (preuve dans la version finale). Actuellement, nous étendons ces résultats au cas multi-porteuse. De plus nous étudions le coût en termes de ressources spectrales et énergétiques du sondage qu'effectue l'utilisateur intelligent et analysons l'échelonnabilité de l'approche proposée.

### Références

1. D. J. Goodman and N. B. Mandayam, "Power Control for Wireless Data", *IEEE Personal Communications*, Vol. 7, No. 2, pp. 48–54, April 2000.
2. F. Meshkati, M. Chiang, H. V. Poor and S. C. Schwartz, "A game-theoretic approach to energy-efficient power control in multi-carrier CDMA systems", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 24, No. 6, pp. 1115–1129, June 2006.
3. B. A. Fette, "Cognitive Radio Technology", *Newnes editors*, 2006.
4. C. Saraydar, N. Mandayam and D. Goodman, "Efficient Power Control via Pricing in Wireless Data Networks", *IEEE Trans. on Communications*, Vol. 50, pp. 291–303, Feb. 2002.
5. V. Rodriguez, "An Analytical Foundation for Resource Management in Wireless Communication", *in the IEEE Proc. of Globecom*, 2003.