

Synchronisation Temporelle et Allocation de Fréquences dans les Réseaux à Radio Cognitive

- *Lieu du stage* : LIP6
- *Encadrants* : Luciana Arantes et Pierre Sens (Delys) et Thi-Mai-Trang Nguyen (Phare)
- *Contacts* : Luciana.Arantes@lip6.fr, Pierre.Sens@lip6.fr, Thi-Mai-Trang.Nguyen@lip6.fr
- *Description du sujet* :

La **synchronisation temporelle** joue un rôle très important dans les réseaux. De nombreuses applications comme les réseaux de capteurs pour la surveillance d'environnement, les systèmes d'alerte, les maisons intelligentes et les véhicules intelligents ont besoin de la synchronisation temporelle entre les équipements. Les statistiques montrent que 75,44 milliards d'objets seront connectés dans le monde entier en 2025 [Sta2025]. Ces réseaux Internet des Objets (IoT) ultra-denses demanderont de nouvelles technologies sans-fil qui utilisent mieux les fréquences radio comme la *radio cognitive* [Kha2017].

Les **réseaux à radio cognitive** est une technologie permettant d'optimiser l'utilisation du spectre radio en cherchant les fréquences disponibles et de les utiliser dynamiquement. Bien que la radio cognitive optimise l'utilisation du spectre radio, elle pose de nombreux défis aux protocoles et applications réseaux car les fréquences utilisées dans les canaux de communications peuvent changer constamment. Sans exception, les protocoles de synchronisation temporelle sont aussi affectés par la dynamique des fréquences dans les réseaux à radio cognitive. Les nœuds doivent se mettre d'accord sur le canal de synchronisation avant d'échanger les messages de synchronisation temporelle.

Parmi les protocoles de synchronisation temporelle pour les réseaux à radio cognitive, **BSynC** [Lip2015] est le protocole le plus abouti. Les auteurs proposent un algorithme bio-inspiré qui imite la synchronisation entre les lucioles et montrent que ce protocole offre un temps de convergence raisonnable. Cependant, BSynC ne propose pas de méthode spécifique pour choisir le canal de synchronisation temporelle entre deux nœuds à radio cognitive. Ainsi, si deux paires de communications choisissent au hasard la même fréquence pour échanger les messages de synchronisation temporelle, cela va créer les interférences et réduire les performances du protocole de synchronisation temporelle. De plus, BSynC, comme les autres protocoles dans la littérature, suppose que les nœuds utilisent un canal de contrôle commun.

L'objectif de ce stage est de proposer un **nouveau protocole** de synchronisation temporelle avec la **sélection de fréquence** qui est complètement distribué **sans canal de contrôle commun**. Ce nouveau protocole devrait améliorer la **convergence** et la **consommation d'énergie** du protocole BSynC en environnement incertain. Plus spécifiquement, les tâches détaillées sont les suivantes :

- Une étude bibliographique (i) des protocoles de synchronisation temporelle, notamment le protocole BSync et (ii) des algorithmes de coloriage pour la sélection de fréquence.
- Définir un algorithme de détection de canaux disponible et appliquer un algorithme de coloriage pour minimiser les interférences durant la synchronisation temporelle, sans utiliser un canal de contrôle commun.
- Définir un algorithme de synchronisation temporelle améliorant la convergence du protocole BSync et réduisant le nombre de messages échangés.
- Implémenter l'algorithme proposé dans un simulateur (NS3 ou OMNeT++) pour évaluer les performances et les comparer avec le protocole BSync.

Références :

- [Ana2012] S. Anand, S. Sengupta and R. Chandramouli, "MAXimum SPECTrum packing: a distributed opportunistic channel acquisition mechanism in dynamic spectrum access networks", IET Commun. Vol. 6, Issue 8, pp.872-882, July 2012.
- [Els2002] J. Elson, L. Girod and D. Estrin, "Fine-Grained Network Time Synchronization using Reference Broadcasts", ACM SIGOPS Operating Systems Review, Vol. 36, Issue SI, Winter 2002.
- [Gan2003] S. Ganeriwal, R. Kumar, M. B. Srivastava, "Timing -sync protocol for sensor networks", ACM 1st International conference on Embedded networked sensor systems (SenSys), November 2003.
- [Kha2017] A. A. Khan, M. H. Rehmani and A. Rachedi, "Cognitive-Radio-based Internet-of-Things: Applications, Architectures, Spectrum related functionalities, and future research directions", IEEE Wireless Communications, June 2017.
- [Lip2015] N. Lipa, E. Mannes, A. Santos and M. Nogueira, « Firefly-inspired and robust time synchronization for cognitive radio ad hoc networks", Computer Communications, Elsevier, Vol. 66, July 2015.
- [Man2018] S. K. Mani, R. Durairajan, P. Barford and J. Sommers, "An architecture for IoT Clock Synchronization", ACM 8th International Conference on the Internet of Things (IoT), Santa Barbara, CA, USA, October 2018.
- [Mil2010] D. Mills, J. Martin, J. Burbank and W. Kasch, "Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specification", IETF RFC 5905, June 2010.
- [Nie2009] J. Nieminen, R. Jäntti, and L. Qian, « Time Synchronization of Cognitive Radio Networks", IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM), Honolulu, Hawaii, USA, December 2009.
- [Sha2012] S. Shaw, Y. Ghamri-Doudane, A. Santos and M. Nogueira, "A reliable and distributed time synchronization for cognitive radio networks", IEEE 4th Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS), Choroní, Venezuela, December 2012.
- [Sta2018] Statista, Internet des objets (IoT) : nombre d'appareils connectés dans le monde de 2015 à 2025 (en milliards), <https://fr.statista.com/statistiques/584481/internet-des-objets-nombre-d-appareils-connectes-dans-le-monde--2020/>, consulté le 02 novembre 2018.
- [Tab2016] Z. Tabakovic and M. Grgic, "Cognitive radio frequency assignment with interference weighting and categorization", EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Vol. 45, December 2016.
- [Tus2016] B. Tushir, S. K. Dhurandher, I. Woungang, M. S. Obaidat and V. Teotia, "Graph colouring technique for efficient channel allocation in cognitive radio networks", IEEE International Conference on Communications (ICC), Kuala Lumpur, Malaysia, May 2016.