

Une Approche Opportuniste Multicouche Basée sur l'Apprentissage pour les Communications Tactiques

**Thèse de doctorat proposée dans le cadre de la chaire Safran
Saint-Cyr**

Contexte scientifique

La thématique de la thèse s'inscrit à la fois dans le domaine des communications opportunistes pour les réseaux mobiles ad-hoc et celui des réseaux mobiles de radios cognitives (MCRN).

En l'absence d'infrastructure fixe, la mobilité et la portée limitée des radios ne permettent pas toujours un maillage complet du réseau, résultant en une fragmentation du réseau en îlots de connectivité. L'approche opportuniste [1] consiste à exploiter la mobilité et les capacités de stockage des nœuds du réseau pour assurer la diffusion de messages à travers un réseau fragmenté. Cette approche se base sur la conservation et le transport des messages par des nœuds intermédiaires et une retransmission différée.

Dans le domaine des MCRN, une radio cognitive [2] est un dispositif capable d'observer son environnement opérationnel afin d'optimiser son fonctionnement et son accès dynamique au spectre. Cette capacité d'adaptation est mise en œuvre grâce à des techniques d'apprentissage issues du domaine de l'intelligence artificielle. Certains travaux ont déjà exploré des approches multicouches [3] adressant conjointement des problématiques de routage et une approche opportuniste du spectre.

Dans un contexte militaire, les communications tactiques permettent d'assurer la transmission d'ordres, d'alertes, le suivi des forces (Blue Force Tracking), ou encore l'échange de données issues de capteurs dans une démarche d'info-valorisation. Ces communications ad-hoc ne reposent pas sur des infrastructures conventionnelles et pourraient tirer parti d'une approche opportuniste [4], notamment lorsque la connexion entre unités est rompue. Par ailleurs, les communications radio mises en œuvre sur le terrain sont contraintes par l'état du spectre électromagnétique. Celui-ci peut être occupé par des usagers primaires émettant avec plus de puissance ou subir des mesures de brouillage radioélectrique. Les radios cognitives permettent d'apporter une agilité au niveau de la couche physique des réseaux de communication tactiques.

Le sujet de thèse envisagé ici propose de répondre à cette problématique duale : assurer les échanges d'information entre unités lorsque le réseau est fragmenté, tout en s'adaptant aux contraintes d'utilisation du spectre radio.

Objectifs de la thèse

L'objectif principal de cette thèse est de proposer une mise en œuvre des mécanismes de communications opportunistes dans un réseau mobile de radios cognitives, au niveau de l'accès aux bandes de fréquence, du maillage et des rebonds rendus possibles par la mobilité des nœuds. Les travaux réalisés pendant cette thèse auront pour application les communications tactiques et plus particulièrement la transmission d'ordres et de données à l'échelle d'une section d'infanterie.

La première étape consistera à dresser un panorama des travaux de recherche publiés dans les domaines des radios cognitives et des communications opportunistes au sein de réseaux mobiles, ainsi qu'à l'intersection de ces domaines.

Le travail de thèse se poursuivra par l'étude et la mise en œuvre d'algorithmes d'apprentissage pour optimiser la transmission de données aussi bien au niveau du lien radio qu'au niveau des stratégies de diffusion. Les approches proposées seront évaluées par expérimentation sur matériel réel et/ou sur simulateur et les résultats seront publiés dans des conférences et revues à portée internationale.

Ces travaux pourront s'appuyer d'une part sur les outils de l'équipe CASA qui fournira l'intergiciel de communication opportuniste et la plate-forme d'émulation LEPTON permettant de tester des systèmes sur différents scénarios de mobilité, et d'autre part sur l'expertise et le matériel de l'équipe CoSyDe en matière de radios logicielles.

Cette thèse devra lever plusieurs verrous, à savoir :

- la prise en compte des contraintes d'accès au un canal de communication qui s'ajoutent aux contraintes de mobilité et de portée dans le processus de transmission ;
- l'évaluation des bénéfices de l'utilisation de radios cognitives face au brouillage de canaux ;
- la construction et/ou l'exploitation de jeux de données dans des scénarios de mobilité.

En marge de ces objectifs, une extension aux questions de cybersécurité qui se posent dans des systèmes distribués sur ces réseaux fragmentés pourra être envisagée.

Chaire Safran – Saint-Cyr

La chaire « *Le soldat augmenté dans l'espace numérique de bataille* » en partenariat avec Safran Electronics & Defense a été mise en place en 2017 au Centre de Recherche des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (CREC). Elle propose l'exploration de plusieurs axes de recherche au niveau de la

section d'infanterie Félin. Cette thèse s'inscrit dans l'axe « collaboratif » de la chaire, et plus particulièrement dans son volet radio communications.

Profil

Ressortissant de l'Union Européenne et titulaire d'un diplôme de niveau bac+5 (Master 2 recherche ou titre d'ingénieur), de préférence dans le domaine des télécommunications (volet informatique ou électronique), ou en Intelligence Artificielle.

Compétences dans un (ou plusieurs) des domaines liés au sujet de cette thèse, par exemple réseaux sans fil, radio cognitives, ... Quelques connaissances en techniques d'apprentissage issues de l'IA seraient un avantage.

Modalités pratiques

La thèse se déroulera dans le cadre de l'école doctorale MathSTIC et sera financée par la chaire Safran - Saint-Cyr (contrat de 3 ans, rémunération nette d'environ 1900 € /mois).

Lieu d'exercice : Equipe CASA du laboratoire IRISA à l'UBS (Université de Bretagne Sud) sur le site de Vannes. Déplacements à prévoir au CREC, le centre de recherche des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (Guer, Morbihan).

Début de la thèse : octobre 2021.

Encadrement : la thèse sera dirigée par Frédéric Guidéc et co-encadrée par Lionel Touseau (IRISA, équipe CASA) et Jérôme Le Masson (Lab-STICC, équipe CoSyDe).

Contacts : demande d'informations complémentaires et transmission des candidatures à

Lionel Touseau <lionel.touseau@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr>

Jérôme Le Masson <jerome.lemasson@st-cyr.terre-net.defense.gouv.fr>

Documents à fournir :

- CV,
- lettre de motivation,
- relevé de notes et diplôme de Master ou d'ingénieur si déjà obtenu,
- lettre de recommandation de l'encadrant(e) du stage de fin d'étude.

Les candidatures retenues donneront lieu à un entretien.

Enseignement : En fonction des souhaits et selon le profil, possibilité de contribuer aux activités d'enseignement aux Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan.

Références bibliographiques

- [1] Luciana Pelusi, Andrea Passarella et Marco Conti. “Opportunistic Networking : Data Forwarding in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks”. In : IEEE Communications Magazine 44.11 (nov. 2006), p. 134-141.
- [2] J. Mitola. “Cognitive radio for flexible mobile multimedia communications”. In : 1999 IEEE International Workshop on Mobile Multimedia Communications (MoMuC’99) (Cat. No.99EX384). 1999, p. 3-10. doi : 10.1109/MOMUC.1999.819467.
- [3] Qusay Medhat Salih et al. “Smart Routing Management Framework Exploiting Dynamic Data Resources of Cross-Layer Design and Machine Learning Approaches for Mobile Cognitive Radio Networks : A Survey”. In : IEEE Access 8 (2020), p. 67835-67867. doi : 10 . 1109 / access . 2020.2986369. url : <https://doi.org/10.1109%2Faccess.2020.2986369>.
- [4] Artemios G. Voyiatzis. “A Survey of Delay- and Disruption-Tolerant Networking Applications”. In : Journal of Internet Engineering 5.1 (juin 2012), p. 331-344.