

Système antenne autonome UHF-SHF de recherche de meilleur canal radio pour la communication avec un objet situé en environnement semi-confiné variable

Contexte

Dans le domaine de la production industrielle, la liaison entre un organe de commande et une machine ne fait appel à une technologie de communication par radiofréquence que dans le cas où les conditions de fiabilité de la liaison ont été démontrées. C'est généralement le cas des systèmes de transmission utilisant des fréquences situées dans la gamme VHF (30-300MHz) où les signaux propagés sont assez peu impactés par un environnement difficile encombré d'obstacles. Celui-ci suppose un positionnement approprié des antennes d'émission-réception sur leur support c'est-à-dire leur dégagement physique vis-à-vis des obstacles proches et leur localisation en position haute, à bonne distance du sol. A titre indicatif, l'adoption de la technologie WIFI dans les environnements industriels est intervenue plus tard que dans le secteur tertiaire. Elle s'est développée avec l'apparition des systèmes multi-antennes MIMO permettant de fiabiliser le canal radio au dépend parfois du débit. Les mêmes réticences existent aujourd'hui avec l'arrivée de nouvelles solutions de type IoT. Celles-ci utilisent des fréquences radio allant de 700MHz (LORA, NB IoT, LTE-M, ...) à 2400 MHz (Bluetooth Low Energy). Ces technologies ouvrent de nouvelles perspectives car les émetteurs-récepteurs peuvent être considérablement miniaturisés et consomment de moins en moins d'énergie. Ceci incite les concepteurs de nouveaux dispositifs à doter de plus en plus d'objets de capacités de communications sans fil. Néanmoins, la question de la fiabilité de la liaison et de l'autonomie énergétique des objets est cruciale. Le présent projet rassemble plusieurs acteurs institutionnels de la recherche (IRCICA, IMT Ouest, IMT Nord-Europe, INRIA) et une startup autour d'une problématique de localisation de contenants (emballages, caisses-palettes, ...) utilisés dans la chaîne logistique pour lequel il apparaît nécessaire d'étudier un nouveau type d'antenne miniature capable de fiabiliser une liaison sans fil dans un environnement semi-confiné variable.

Objectif

Ce projet de thèse vise à étudier théoriquement et expérimentalement un système autonome en énergie disposant de N antennes miniaturisées capable de détecter une activité dans sa bande fréquentielle de fonctionnement qui lui permettra de communiquer avec des stations environnantes. Chacune des antennes pourra être adaptée dans les deux bandes 700-900 MHz et 2400-2500 MHz ou reconfigurable. L'autonomie énergétique sera assurée par la somme des énergies RF récupérées par les N antennes. Le système sélectionnera automatiquement l'antenne recevant le maximum d'énergie qu'il utilisera afin de réaliser une liaison avec les meilleures probabilités de réussite. Le système se matérialisera sous la forme d'un dispositif électronique intégré dans un boîtier en matière plastique de la taille d'un étui à lunettes qui devra être capable de fonctionner quelle que soit la manière dont il sera fixé sur son support hôte. Ce dernier pourra être un objet de taille, de forme et de nature quelconque. Pour répondre aux exigences de fonctionnement présentées ci-dessus, des approches de type MIMO et des configurations en trièdre sont envisagées. La conception sera réalisée grâce à l'outil de simulation électromagnétique 3D HFSS. Des tests en laboratoire seront réalisés en chambre anéchoïque. Des campagnes de tests en environnements industriels réels seront menés afin de rechercher les meilleures solutions.

Environnement académique

Les travaux seront réalisés dans les locaux de l'IRCICA (Institut de Recherche sur les Composants logiciels et matériels pour l'Information et la Communication Avancée) situés à Villeneuve d'Ascq (59), à proximité immédiate du campus scientifique de l'Université de Lille.

Basé sur une structure d'« hôtel à projets », l'IRCICA développe depuis une dizaine d'années des recherches interdisciplinaires pour imaginer et créer des technologies de l'information et de la communication responsables.

Ce fonctionnement permet de fédérer au sein d'un même lieu des chercheurs et enseignants chercheurs de compétences complémentaires pour aborder les grands défis scientifiques et sociétaux avec des approches interdisciplinaires et/ou en rupture dès l'embryon des projets.

Les activités de recherches de l'IRCICA s'appuient sur 3 plateformes expérimentales au meilleur niveau international dans les domaines des fibres optiques ([FIBERTECH-Lille](#)), des télécom ([Systèmes de Communication Avancée](#)) et de la réalité virtuelle et immersive ([PIRVI-REVICA](#)).

L'IRCICA héberge une centaine d'enseignants-chercheurs, chercheurs, étudiants, ingénieurs et techniciens, de domaines de compétences complémentaires, issus des quatre laboratoires partenaires suivants :

- CRISTAL : Centre de Recherche en Informatique, Signal et automatique de Lille,
- IEMN : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologies,
- PhLAM : Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules et
- L2EP : Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique et Puissance de Lille.

Encadrement de la thèse

Directeur de thèse : Laurent Clavier, Professeur à l'Institut Mines Télécom Nord Europe

Professeur en communications sans fil, expert en solutions de couche physique IoT (LPWAN, réseaux ad hoc). Il donne des cours sur le canal radio, la communication numérique, le traitement du signal, l'accès multiple, les réseaux cellulaires et l'IdO. Ses activités de recherche concernent les communications numériques et la couche physique des réseaux sans fil, plus particulièrement les réseaux de capteurs autonomes en énergie. Il s'intéresse particulièrement à la modélisation statistique des interférences (distributions alpha-stables).

Dernières publications :

Chevillon, Romain ; Andrieux, Guillaume ; **Clavier, Laurent** ; Diouris, Jean-Francois Piscataway, « Stochastic Geometry-Based Analysis of the Impact of Underlying Uncorrelated IoT Networks on LoRa Coverage », IEEE access, 2022, Vol.10, p.8790-8803.

Marion Berbineau, **Laurent Clavier**, Ali Sabra, Sofiane Kharbech, Raul Torrego, et al.. « IP Impairment Models for Performance Evaluation of Wireless Systems in Railway Environments ». IEEE Access, 2023, 11, pp.69928-69938.

Co-Directeur de thèse : Philippe Mariage, Maître de conférences à l'Université de Lille

Enseignant-chercheur dans le domaine des systèmes de télécommunications mobiles. Il enseigne les méthodes de planification des réseaux cellulaires, la gestion de projet, l'entrepreneuriat et les technologies de communication à courte portée (RFID/NFC). Ses activités de recherche sont axées sur les applications pratiques des antennes et de la propagation des champs électromagnétiques. Il a contribué récemment à des projets sur les textiles communicants, la récupération d'Énergie pour les implants médicaux et la conception d'antenne pour les objets communicants en environnements complexes.

Dernières publications :

Garnier, B., **Mariage, P.**, Rault, F. et al. Textile dual-band NFC-A4WP (13.56–6.78 MHz) combiner for wireless energy and data transmission for connected clothing. Sci Rep 13, 5613 (2023).

Chakrya-Anna Chhuon, Hélène Moulet, Alexis Vlandas, **Philippe Mariage**, Marc Faucher, et al.. « Design and manufacture of flexible implantable and energy autonomous neuroelectronic devices ». GDR BioComp PhD Forum 2021, GDR BioComp, Nov 2021, Grenoble (virtual), France.

Les chercheurs en électronique sont rattachés au laboratoire IEMN, l'Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologies qui est un acteur majeur dans le domaine des micro et des nanotechnologies et leurs applications aux télécommunications et objets communicants. Fort de 450 collaborateurs de 40 nationalités différentes, l'IEMN regroupe l'essentiel de la recherche en Hauts-de-France allant des nanosciences à l'instrumentation dans le domaine des micro technologies. Il s'appuie sur 5 tutelles et un budget de 28 M€ pour développer des technologies miniaturisées à forte valeur ajoutée dans l'électronique, la photonique, les télécommunications, les technologies pour la santé, l'énergie électrique, l'internet des objets ou encore le transport.

Profil du candidat

Le candidat doit être curieux et motivé par le domaine applicatif. Il doit être titulaire d'un Master en électronique ou en sciences physiques ou d'un diplôme d'ingénieur équivalent et doit avoir de solides compétences en électromagnétisme ainsi qu'en systèmes de communications numériques. Des compétences en antennes et outils de simulation (HFSS, CST, ...) seraient appréciées.

Candidature

Prière de nous adresser les documents suivants : CV, lettre de motivation, copie des diplômes, relevés de notes et lettre(s) ou contact(s) de recommandation.

Date de début : Dès que possible

Type de contrat : CDD de 36 mois

Montant annuel de la bourse CNRS : 26k€ brut / 20 k€ net

Pour plus d'information vous pouvez contacter : philippe.mariage@univ-lille.fr ou laurent.clavier@imt-nord-europe.fr

**Autonomous UHF-SHF antenna system for searching for the best radio channel
for communication with an object located in a variable semi-confined environment**

In the field of industrial production, the link between a control unit and a machine only uses radio frequency communication technology if the conditions for the reliability of the link have been demonstrated. This is generally the case for transmission systems using frequencies in the VHF range (30-300MHz), where the signals propagated are relatively unaffected by a complex environment cluttered with obstacles. This presupposes appropriate positioning of the transmit-receive antennae on their support, i.e. their physical clearance from nearby obstacles and their location in a high position, far enough from the ground. For instance, the use of WIFI technology in industrial environments came later than in the tertiary sector. It developed with the advent of multi-antenna MIMO systems, making it possible to increase the reliability of the radio channel, sometimes at the expense of throughput. The same reservations exist today with the arrival of new IoT-type solutions. These use radio frequencies ranging from 700MHz (LORA, NB IoT, LTE-M, etc.) to 2400 MHz (Bluetooth Low Energy). These technologies are opening up new prospects, as transceivers can be considerably miniaturized and consume less and less energy. This is encouraging designers of new devices to equip more and more objects with wireless communications capabilities. However, the reliability of the link and the energy autonomy of the objects are crucial issues. This project brings together several research institutions (IRCICA, IMT Ouest, IMT Nord-Europe, INRIA) and a start-up company to address the problem of locating containers (packaging, pallet boxes, etc.) used in the supply chain, for which it appears necessary to study a new type of miniature antenna capable of providing a reliable wireless link in a variable semi-confined environment.

The aim of this thesis project is to study theoretically and experimentally an energy-autonomous system with N miniaturized antennas capable of detecting activity in its operating frequency band, enabling it to communicate with surrounding stations. Each of the antennae can be adapted for use in the 700-900 MHz and 2400-2500 MHz bands, or can be reconfigured. Energy autonomy will be ensured by the sum of the RF energy recovered by the N antennas. The system will automatically select the antenna receiving the maximum energy, which it will use to establish a link with the best probability of success. The system will take the form of an electronic device integrated into a plastic case the size of a glass case, which must be capable of functioning regardless of how it is attached to its host support. This may be an object of any size, shape or nature. To meet the operating requirements set out above, MIMO-type approaches and trihedral configurations are envisaged. The design will be carried out using the HFSS 3D electromagnetic simulation tool. Laboratory tests will be carried out in an anechoic chamber. Test campaigns in real industrial environments will be carried out to find the best solutions.