**Title**

**Passive UHF RFID in Pulsed Mode: System Modelling, Channel Learning, and Waveform Design**

**Abstract**

This work investigates the problem of waveform design and optimization for passive Ultra High Frequency (UHF) Radio Frequency Identification (RFID) systems.

Passive UHF RFID is a wireless identification technology widely deployed in various applications. A passive RFID tag depends entirely on the electromagnetic waves transmitted by the reader to power itself via its energy harvester; and responds by backscattering. Although communications with a range of several meters are feasible, the passive nature limits the performance, especially in complex environments where signals are degraded by multipath. Experiments have shown that the use of intermittently pulsed waveforms improves the RF-to-DC power conversion efficiency of the energy harvester, thus increasing the communication range with passive commercial tags. With this in mind, this thesis aims to develop strategies to design optimized waveforms that are adaptive to the channel state information (CSI) and insure high RF-to-DC power conversion efficiency (PCE) at the tag. Knowing that the design of such waveforms requires some knowledge of the channel state at the transmitter, this work aims to answer the question of CSI acquisition at the transmitter by developing a channel learning method compatible with passive UHF RFID systems.

A linear time-invariant (LTI) model of passive UHF RFID systems is proposed. A channel learning method compatible with passive UHF RFID systems is developed based on the LTI model. Strategies to design channel-adaptive waveforms are then formulated. The waveforms designed are based on multisine signals and aim to increase the RF-to-DC power conversion efficiency of the tag's energy harvester.

In this context, an adapted hybrid (electromagnetic-circuit) simulation model is developed specifically to study waveform design and optimization. The performance of the designed waveforms, and other state-of-the-art waveforms, is evaluated in multiple wireless channel scenarios using the developed simulation model. Two performance evaluation metrics are defined: energy-related, which is based on the DC power collected at the output of the energy harvesting circuit; and information-related, which is based on the baseband information signal backscattered by the tag and detected at the reader. The performance evaluation of the passive UHF RFID radio link has shown that the designed waveforms, especially those adaptive to the CSI, lead to significant improvement in terms of energy- and information-related performance metrics over the non-adaptive waveforms.

**Keywords: UHF RFID, pulsed-mode, passive tag, wireless power transfer, system modelling, channel learning, waveform design, time reversal, multisine.**

**Titre**

**RFID UHF passive en mode pulsé : modélisation du système, apprentissage des canaux et conception de formes d’onde**

**Résumé**

Ce travail étudie le problème de la conception et de l'optimisation des formes d'onde pour les systèmes d'identification par radiofréquence (RFID) passive à ultra-haute fréquence (UHF).

La RFID UHF passive est une technologie d'identification sans fil largement déployée dans diverses applications. Une étiquette RFID passive dépend entièrement des ondes électromagnétiques transmises par le lecteur pour s'alimenter via son récupérateur d'énergie; elle répond par rétrodiffusion. Bien que des communications d'une portée de plusieurs mètres soient possibles, la nature passive limite les performances, en particulier dans les environnements complexes où les signaux sont dégradés par des trajets multiples. Des expériences ont montré que l'utilisation de formes d'onde pulsées intermittentes améliore le rendement de conversion de puissance RF-DC du récupérateur d'énergie, augmentant ainsi la portée de communication avec les étiquettes commerciales passives. Dans cette optique, cette thèse vise à développer des stratégies pour concevoir des formes d'onde optimisées qui s'adaptent à l'information d'état du canal (CSI) et assurent un rendement de conversion de puissance RF-DC élevé au niveau de l'étiquette. Sachant que la conception de telles formes d'onde nécessite une certaine connaissance de l'état du canal au niveau de l'émetteur, ce travail vise à répondre à la question de l'acquisition du CSI au niveau de l'émetteur en développant une méthode d'apprentissage du canal compatible avec les systèmes RFID UHF passifs.

Un modèle linéaire invariant dans le temps (LTI) des systèmes RFID UHF passifs est proposé. Une méthode d'apprentissage des canaux compatible avec les systèmes RFID UHF passifs est développée sur la base du modèle LTI. Des stratégies pour concevoir des formes d'onde adaptées au canal sont ensuite formulées. Les formes d'onde conçues sont basées sur des signaux multisine et visent à augmenter l'efficacité de la conversion de puissance RF-DC du récupérateur d'énergie de l'étiquette.

Dans ce contexte, un modèle de simulation hybride (électromagnétique-circuit) adapté est développé spécifiquement pour étudier la conception et l'optimisation des formes d'onde. Les performances des formes d'onde conçues, et d'autres formes d'onde de pointe, sont évaluées dans plusieurs scénarios de canaux sans fil à l'aide du modèle de simulation développé. Deux critères d'évaluation des performances sont définies: l'une liée à l'énergie, basée sur la puissance DC collectée à la sortie du circuit récupérateur d'énergie, l'autre liée à l'information, basée sur le signal d'information en bande de base rétrodiffusé par l'étiquette et détecté par le lecteur. L'évaluation des performances de la liaison radio RFID UHF passive a montré que les formes d'onde conçues, en particulier celles qui s'adaptent à l'indice CSI, entraînent une amélioration significative des performances en termes d'énergie et d'information par rapport aux formes d'onde non adaptatives.

**Mots-clés: RFID UHF, mode pulsé, tag passif, transmission d'énergie sans-fil, modélisation du système, apprentissage des canaux, conception des formes d'onde, retournement temporel, multisine.**