

Soutenance de thèse

Sylvain CLUZEL soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA SCANR et intitulée « *Système M2M/IoT par satellite pour l'hybridation d'un réseau NB-IoT via une constellation LEO* »

Le 7 mars 2019 à 10h00, Amphithéâtre 4 - ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

| | | |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Mme Daniela DRAGOMIRESCU | Professeure INSA Toulouse | Directrice de thèse |
| M. Laurent ROS | Maître de Conférences Grenoble INP | Rapporteur |
| M. Christian PERSON | Professeur IMT Atlantique | Rapporteur |
| Mme Nathalie ROLLAND-HAESE | Professeure Université de Lille | |
| M. José RADZIK | Professeur associé ISAE-SUPAERO | Co-directeur de thèse |

Résumé

L'Internet des objets (ou IoT, pour Internet of Things) regroupe un ensemble de systèmes variés, tant par leurs contraintes que par leurs utilisations. Dans le cadre de cette thèse, nous allons nous intéresser aux LPWAN (Low-Power Wide-Area Network), les réseaux sans fil à grande couverture à faible consommation énergétique, en se basant sur le standard NB-IoT. Ces réseaux ont pour but de connecter des objets ou terminaux qui partagent certaines caractéristiques précises. Leur autonomie est optimisée pour durer le plus longtemps possible, ils ont de faibles quantités de données à transmettre régulièrement, et il s'agit d'équipements bas coûts. L'objectif de cette thèse est de concevoir et d'étudier l'hybridation d'un système terrestre LPWAN avec une constellation de satellites en orbite basse, dite LEO (Low Earth Orbit) afin de proposer une extension de couverture. Dans un premier temps, le système satellite proposé est décrit. Il repose sur un lien unidirectionnel des terminaux vers le satellite. En l'absence de lien du satellite vers les terminaux, le schéma d'accès retenu est l'Aloha Temps Fréquence, ou aléatoire en temps et en fréquence. Ce schéma, propice à l'utilisation de terminaux à faible coût, impose cependant la mise en place d'une stratégie de réception dédiée. En effet, il est nécessaire de compenser l'absence d'information sur la localisation temporelle et fréquentielle des messages, qui sont reçus à un niveau de bruit élevé par le satellite. De plus, l'utilisation de satellites défilants impose une forte variation des paramètres fréquentiels des transmissions, ce qui complexifie la démodulation des messages. Une chaîne de réception est proposée et évaluée ; l'estimation des paramètres fréquentiels nécessite la mise en place de méthodes spécifiques. En outre, l'utilisation d'un schéma aléatoire rend possible la réception par le satellite de plusieurs messages au même instant. Le couplage d'un turbocodage, d'un codage à répétition et de telles collisions mène à l'apparition de phénomènes d'interférences particuliers. L'impact de ces collisions d'abord sur les symboles reçus (taux d'erreur binaire) puis sur la décodabilité du message entier (taux d'erreur paquet) est décrit. Dans la dernière partie de cette thèse, les performances globales du système sont évaluées. Les modèles des performances du récepteur sont agrégés dans un simulateur qui modélise le traitement des messages tels qu'ils sont reçus par le satellite. Une méthode d'annulation successive des interférences (SIC pour Successive Interference Cancellation) est utilisée.

Mots-clés : Internet des objets, constellation satellite LEO, abstraction couche physique, Codage à répétition, Aloha temps fréquence asynchrone, NB-IoT

Summary:

The aim of this thesis is to study the implementation of Internet-based services of Thing (IoT) and Machine to Machine (M2M) through a satellite link. This type of system have to deal with two issues: first the physical layer

level: terminal related constraints (limited in power, energy, and antenna size), channel (potentially with masking and multipath) and the space segment involve the implementation of different techniques (interleaving, interference cancellation,) to ensure proper link budget allowing the communication. On the other hand , the need to provide access to the resource to a large number of terminals requiring low throughput involves the use of optimized contention access techniques , as well as taking into account the level of access issues energy saving. The access layer should also be able to interface with larger networks architectures. Internet architectures for example include supporting IP services for Iota, with sporadic services, such as the ones found in the DTN networks, or 4G architectures / 5G for the implementation of mobile services. This thesis will investigate two innovative approaches and different techniques as well as physical layer access layer (potentially coupled) to their implementation. The first scenario involves the use of a very low throughput satellite relay terminal (unlike in the conventional case found in the literature based on broadband terminals), interfacing with terrestrial access technology sensors. Innovative resource management and energy saving techniques through a dedicated access layer (not DVB) could absorb the large number of terminals in this type of architecture. The second scenario is based on direct communication with sensors / objects via satellite constellation. This approach raises the question of the efficiency of the waveform for extremely sporadic services and the reliability of communication. DLR works on this type of waveform including the definition of S -MIM. However, this solution seems to be complex and many optimizations can be made. From the access layer point of view, E -SSA (asynchronous spread spectrum communication with SIC) defined by the ESA is also interesting even if its implementation to the system and its complexity level should be consolidated.

Keywords: Internet of things, LEO satellite constellation, Physical layer abstraction, Repetition coding scheme, Time Frequency Asynchronous aloha, NB-IoT