



THESE INSA Rennes
sous le sceau de l'Université européenne de Bretagne
pour obtenir le titre de
DOCTEUR DE L'INSA DE RENNES
Spécialité : Electronique et Télécommunications

présentée par

Hussein Kdough
ECOLE DOCTORALE : *Matisse*
LABORATOIRE : *IETR*

Application of Wireless Technologies to Alarm and Monitoring System on Board Ships

Thèse soutenue le 05.12.2012
devant le jury composé de :

Marion Berbineau

Directrice de Recherche - IFSTAR Villeneuve d'Ascq / *président*

Jean-Marie Gorce

Professeur des Universités - INSA de Lyon / *rapporteur*

Rodolphe Vauzelle

Professeur des Universités - Université de Poitiers / *rapporteur*

Loutfi Nouaymi

Maître de Conférences HDR - Télécom Bretagne / *examineur*

Pascal Citeau

Ingénieur Directeur de Marinelec Technologies - Quimper / *examineur*

Christian Brousseau

Maître de Conférences HDR - Université de Rennes 1 / *co-encadrant*

Gheorghe Zaharia

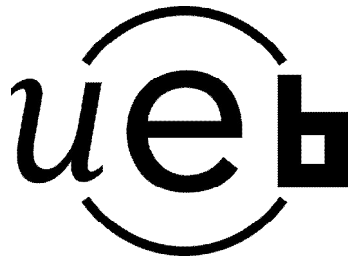
Maître de Conférences - INSA de Rennes / *co-encadrant*

Ghaïs El Zein

Professeur des Universités - INSA de Rennes / *Directeur de thèse*

Application of Wireless Technologies to Alarm and Monitoring System on Board Ships

Hussein Kdouh



En partenariat avec



Résumé

Les progrès rapides dans les domaines de la conception des capteurs, des technologies de l'information et des réseaux sans fil ont conduit au développement de réseaux de capteurs sans fil (WSN). Les réseaux de capteurs ont la possibilité de relier le monde physique avec le monde de l'informatique pour mettre en œuvre une grande variété d'applications industrielles, environnementales, médicales ou militaires.

Cette thèse, qui fait partie du projet Saphir labellisé par le Pôle Mer Bretagne et financé par de la Région Bretagne, étudie la faisabilité des WSNs pour le système de surveillance et d'alarme (AMS) à bord des navires. L'application de WSN à AMS permettra de réduire considérablement le coût, le poids et la complexité supplémentaires due à l'énorme quantité de câbles utilisés pour connecter des capteurs aux unités de contrôle. Cependant, les communications sans fil à l'intérieur d'un bateau peuvent être sévèrement limitées par la structure métallique des ponts, des cloisons et des portes étanches.

Par conséquent, plusieurs campagnes de mesures ont été tout d'abord réalisées à bord de deux ferries. Les premières sont des mesures en porteuse pure et visent à déterminer les exposants d'affaiblissement pour des environnements typiques. D'autres mesures consistent en une caractérisation double directionnelle du canal de propagation en utilisant un sondeur MIMO. Elles visent à déterminer les principales directions de propagation des ondes électromagnétiques (EM) dans des scénarios typiques, tels que la communication entre les chambres adjacentes (à travers des portes étanches métalliques), les ponts adjacents ou entre les cabines des passagers et les couloirs.

Ensuite, certaines règles d'ingénierie pour le placement des nœuds capteurs sont proposées. Des réseaux de capteurs basés sur la norme IEEE 802.15.4 ont été déployés et testés à bord des deux ferries à quai et durant les croisières. Les résultats des tests confirment la validité des règles et présentent une connectivité significative du réseau.

Après, nous utilisons les résultats des différentes mesures, ainsi que les particularités de l'environnement pour proposer une architecture et un protocole de communication pour un WSN à grande échelle. Les performances de l'architecture sont ensuite évaluées en utilisant un simulateur de réseau en tenant compte des particularités de l'environnement. Les résultats obtenus montrent des performances significatives en termes de taux de livraison de paquets, des délais de bout en bout et de l'évolutivité du réseau.

Cette étude pourrait être étendue à d'autres applications sans fil à bord des navires ou à d'autres environnements similaires.

Abstract

Rapid advances in the areas of sensor design, information technologies and wireless networks have led to the development of Wireless Sensor Networks (WSNs). WSNs have the potential to interface the physical world with the computing world to implement a large variety of industrial, environmental, medical or military applications.

This thesis, which is a part of Saphir project supported by Pôle Mer de Bretagne and financed by Région Bretagne, studies the WSN feasibility for the Alarm and Monitoring System (AMS) on board ships. Applying WSN to AMS will significantly reduce the supplementary cost, weight and architecture complexity due to the huge amount of cables used to connect sensors to control units. However, wireless communications within a ship may be severely limited by metallic structure of decks, bulkheads and watertight doors.

Therefore, several measurement campaigns have been firstly conducted on board two ferries. The first ones are continuous wave measurements and aim to determine path loss exponents for typical shipboard environments. Other measurements consist on a double directional channel characterization using a Multiple Input Multiple Output (MIMO) channel sounder. They aim to determine the main directions of electromagnetic (EM) waves propagation in typical scenarios, such as communication between adjacent rooms (through metallic watertight doors), adjacent decks or between passenger cabins and corridors. Using measurement and simulation results, we determine the radio coverage of a transmitter and the main sources of radio leakage within a ship.

Secondly, some engineering rules for sensor nodes placement are proposed. Accordingly, IEEE 802.15.4 compliant WSNs have been deployed and tested on board the two ferries during sailings and stopovers. Network tests confirm the validity of rules and show significant performance in terms of network connectivity.

Thirdly, we use the results of different measurements, as well as the environment particularities to propose an architecture and communication protocol for a large scale shipboard WSN. The performance of the proposed architecture is then evaluated using a network simulator considering the environment particularities. The obtained results show significant performance of the proposed architecture in terms of packet delivery ratio, end-to-end delay and network scalability.

This study could be extended to other wireless applications on board ships or to other similar environments or transportation systems (e.g. mechanical plants, trains and aircrafts).