



Avis de Soutenance

Monsieur Briec BERRUET

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **mardi 17 décembre 2019** à 10h00

Lieu : UTBM, 12 Rue Thierry Mieg, 90000 BELFORT

Salle : A313

Titre des travaux : Application of Machine Learning Techniques to Indoor Localization of connected devices in a 5G context.

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 27

Unité de recherche : FEMTO-ST Franche Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies

Directeur de thèse : Alexandre CAMINADA

Codirecteur de thèse : Oumaya BAALA HDR NON HDR

Soutenance : Publique A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Alexandre CAMINADA	Professeur des Universités	University of Nice Sophia-Antipolis	Directeur de thèse
M. Bernard UGUEN	Professeur des Universités	University of Rennes I	Rapporteur
M. Adriano MOREIRA	Professeur des Universités	University of Minho	Rapporteur
Mme Oumaya BAALA	Maître de Conférences HDR	University of Technology of Belfort- Montbéliard	Co-directeur de thèse
M. Valéry GUILLET	Ingénieur de Recherche	Orange Labs Belfort	Examineur
M. Eric GAUSSIER	Professeur des Universités	University of Grenoble Alps	Examineur

Mots-clés : Indoor environments, Fingerprinting localization, 5G, Massive machine-type communications, Machines learning, Channel state information, Wi-Fi, LTE-M.

Résumé de la thèse (en français) :

La multiplication des besoins et services requiert une géolocalisation précise pour fournir la meilleure expérience aux utilisateurs. En extérieur, la géolocalisation est fortement soutenue par la navigation par satellites mais lorsque l'utilisateur se trouve dans des canyons urbains ou en intérieur, l'affaiblissement des signaux émis par les satellites rend inopérante une telle approche. Avec l'intégration de la connectivité dans les objets du quotidien, il est de plus en plus possible d'utiliser les réseaux sans fil pour fournir une géolocalisation. Cependant, l'émergence des objets connectés connue sous le nom d'Internet des Choses a mis en exergue différents paradigmes. Ces derniers sont aujourd'hui regroupés dans trois contextes de la cinquième génération de réseau mobile (5G). Ce mémoire de thèse s'intéresse à l'application des techniques de Machine Learning pour la géolocalisation en intérieur des objets connectés dans un contexte 5G, les communications machines massives. Nous avons donc proposé de déterminer les réseaux sans fil pouvant correspondre au mieux aux contraintes du contexte 5G sélectionnée. Ensuite, nous avons exploré les différentes informations du signal et approches de géolocalisation selon les technologies sans fil candidates qui furent le Wi-Fi et le LTE-M. Cela a résulté en la sélection de l'information de l'état du canal et de la géolocalisation par empreinte. Cette dernière a permis de considérer l'utilisation de techniques de machine learning pour l'estimation des emplacements des objets connectés. Nous avons donc identifié deux tendances d'étude: la réduction de complexité des données et l'application du deep learning. Pour étudier ces deux cas, nous avons commencé par réaliser une campagne de collectes de données considérant une communication Wi-Fi en intérieur. Avec cette première base de données, nous avons pu fournir de premiers résultats dans des études préliminaires. Puis, nous avons effectué une première étude poussée sur la réduction de la complexité de l'information de l'état du canal résultant à la mise en place d'une nouvelle méthode d'évaluation dans le contexte technique du mémoire de thèse. Ensuite, nous avons considéré l'application de techniques de deep learning dans le contexte des communications machines massives. Cela a résulté en l'élaboration d'une solution finale, E-Loc basée sur le réseau neuronal convolutif fournissant une précision grandement supérieure par rapport aux solutions existantes. Finalement, ce mémoire a étendu l'application de la solution proposée selon la technologie Wi-Fi 802.11ax et dans un contexte de communication LTE-M.

Abstract (in English):

The diversification of needs and services demands accurate localization to enhance the users' quality of experience. In outdoor environments, the localization is mainly provided by the satellite navigation but its application is limited in urban canyon or indoor environments because of the signals weakening. However, more and more devices in the daily life integrate wireless communications to provide improved services. Hence, a localization solution can operate with wireless networks but it must respect new paradigms from the Internet of Things classified into three network slices in the fifth generation of mobile networks (5G). Specifically, this thesis dissertation considers the application of machine learning techniques in indoor localization of connected devices in a 5G context, the massive machine-type communications (mMTC). We have proposed to figure out the best wireless technologies that fits the mMTC context which were the Wi-Fi and LTE-M. Then, we have identified the different signal information and localization approaches that the selected wireless technologies could support to estimate devices locations. This led to consider solutions in CSI-based fingerprinting which is widely by the application of machine learning techniques. We have thus determined two major research trends: the data complexity reduction (DCR) and the deep learning. To study both cases, we have at first collected data in indoor environment related to Wi-Fi communications and evaluated the impact on data collection scenarios or the selection of labels to represent the locations. Afterwards, we have analyzed multiple DCR methods as per the results of the first studies. We elaborated a new method which enables a fast and accurate assessment of unsupervised DCR (UDCR) methods and can be extended for future CSI-based fingerprinting solutions. The performances of existing solutions based on deep learning architecture guided the thesis dissertation to propose a solution respecting the mMTC slice. Precisely, we built DelFin and E-Loc based on convolution neural networks where the last was the most faithful to mMTC slice. E-Loc outperformed the state-of-the-art solutions in many cases and we have pushed the analyses of our solutions considering the 802.11ax standard, the last Wi-Fi standard and the long-term evolution for machines (LTE-M) in an outdoor-to-indoor localization.