

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Monsieur Md Jahid HASAN est autorisé à présenter ses travaux en vue de l'obtention du diplôme national de DOCTORAT délivré par l'école CENTRALE MARSEILLE

Le 26 novembre 2021, à 14H30

Lieu : Salle Casimir
LISV, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines
10-12 Avenue de l'Europe, 78140 Vélizy-Villacoublay

Titre : Techniques de Transmission Multi-utilisateurs pour les Réseaux Corporels Médicaux Utilisant la Technologie d'Optique Sans-fil

École doctorale : **ED 352 Physique et Sciences de la Matière**

Spécialité : **Optique, Photonique et Traitement d'Image**

Rapporteurs

Madame Christelle AUPETIT, Professeur des Universités, XLIM, Limoge, France.
Monsieur Luc CHASSAGNE, Professeur des Universités, IEM, Université de Versailles St Quentin, France.

Membres du Jury

Madame Christelle AUPETIT, Professeur des Universités, XLIM, Limoge, France.
Monsieur Luc CHASSAGNE, Professeur des Universités, IEM, Université de Versailles St Quentin, France.
Monsieur Mohammad-Ali KHALIGHI, Maitre de Conférences, Ecole Centrale de Marseille, France.
Monsieur Rafael PEREZ, Professor, Université de Gran Canaria, Las Palmas, Espagne.
Monsieur Luis Nero ALVES, Associate Professor, University of Aveiro, Portugal.
Monsieur Kosai RAOOF, Professeur des Universités, Université du Mans, France.
Monsieur Paolo MONTI, Professor, Université de Chalmers, Suede.
Monsieur Bastien BECHADERGUE, Maitre de Conférences, Université de Versailles St Quentin, France.

Résumé (FR)

Le secteur de la santé est en train de passer des services médicaux conventionnels à des solutions de e-santé centrées sur le patient, telles que la télésurveillance en temps réel des patients. Cette tendance contribuera à améliorer les résultats cliniques des maladies chroniques tout en réduisant les coûts liés à la santé et en augmentant la qualité de vie.

De plus, dans le sillage de la pandémie mondiale de COVID-19, le suivi à distance des patients à domicile pendant la quarantaine ou dans les hôpitaux peut permettre de détecter efficacement toute détérioration soudaine de l'état de la santé et sauver des vies.

Une telle télésurveillance des patients peut être réalisée, en particulier, grâce à l'utilisation de réseaux corporels sans-fil (WBAN pour *Wireless Body Area Network*) en transmettant des données collectées à partir d'un certain nombre de capteurs médicaux sur le corps ou implantés. La majorité des solutions WBAN existantes reposent sur les transmissions radiofréquences fonctionnant dans la bande de fréquences libre, qui est de plus en plus soumise aux interférences électromagnétiques et vulnérable à l'interception et au piratage de données. Une alternative intéressante est alors d'utiliser la communication optique sans-fil basée dans la bande visible ou infrarouge (IR). Dans ce contexte, un enjeu important consiste en la transmission simultanée des données de plusieurs patients dans une chambre d'hôpital, par exemple, ce qui nécessite le développement de techniques d'accès multiple (MA pour *Multiple Access*) appropriées.

Par conséquent, l'objectif principal de cette thèse a été d'étudier et de proposer des techniques de MA appropriées pour les liaisons WBAN optiques. Le travail présenté se concentre sur la liaison montante (extra-WBAN) basée sur la transmission IR, où les données médicales collectées de plusieurs patients sont transmises à un ou plusieurs points d'accès (AP pour *Access Point*). Premièrement, nous étudions les performances de la CDMA optique (O-CDMA pour *Optical Code-Division MA*) dans des scénarios avec un nombre relativement faible d'utilisateurs, tout en prenant en compte l'effet des orientations aléatoires des émetteurs. À cette fin et pour envisager des scénarios réalistes, nous mettons en œuvre un modèle de mobilité aléatoire pour prendre en compte la mobilité des patients à l'intérieur d'une chambre d'hôpital. De plus, nous démontrons l'amélioration des performances obtenue en utilisant plusieurs points d'accès. Nous étudions également la mise en œuvre pratique du schéma O-CDMA à travers une série d'expériences. Deuxièmement, pour répondre à l'exigence de MA dans des scénarios avec un nombre relativement important d'utilisateurs, nous proposons une nouvelle solution basée sur la O-OFDMA (pour *Optical Orthogonal Frequency Division MA*), où seule la partie réelle du signal OFDMA est transmise. Nous montrons que les performances du schéma proposé, appelé O-ROFDMA, sont très proches de celles de l'O-OFDMA, tout en offrant une complexité de calcul réduite d'un facteur de 2.

Mots clés :

E-Santé; Réseaux corporels sans-fil; Communications optiques sans-fil; Accès multiples; Accès multiples par répartition de code; Accès multiple par répartition de fréquence.

Abstract (EN)

The healthcare industry is leading towards a transition from conventional medical services to patient centric e-Health solutions, e.g., real-time remote monitoring of patients. This trend will help improve clinical outcomes of chronic diseases while reducing health-related costs and increasing the quality of life. Moreover, in the wake of the global COVID-19 pandemic, remote monitoring of patients at home during quarantine or in hospitals can effectively detect any sudden health deterioration and save lives. Such tele-monitoring of patients can be realized, in particular, through the use of wireless body-area networks (WBANs) by sending timely data from a number of on-body or implanted medical sensors. The majority of existing WBAN solutions rely on radio-frequency transmission operating in the unlicensed frequency band, which is increasingly subject to electromagnetic interference and vulnerable to data interception and hacking. An interesting alternative against these impairments is the use of license-free optical wireless communication based on visible light or infrared (IR). Within this context, an important issue consists of simultaneous data transmission from multiple patients in a room, which requires the development of appropriate multiple access (MA) techniques. Therefore, the main objective of this thesis has been to investigate and propose suitable modulation and MA techniques for the optical WBAN links. The presented work focuses on the extra-WBAN uplink based on IR transmission, where the collected medical data of several patients is transmitted to one or several access points (APs). Firstly, we investigate the performance of optical code-division MA (O-CDMA) in scenarios with relatively small number of users, while taking into account the effect of random transmitter orientations. For this purpose and to consider realistic scenarios, we implement an orientation-based random waypoint mobility model to consider the mobility of patients inside a hospital ward. Meanwhile, we demonstrate the performance improvement achieved by using several APs. We also investigate the practical implementation of the O-CDMA scheme through a set of experiments. Secondly, to address the MA requirement in scenarios with a relatively large number of users, we propose a new solution based on orthogonal-frequency division MA (OFDMA), where only the real part of the OFDMA signal is transmitted. We show that the performance of the proposed scheme, called optical-ROFDMA, is almost the same as optical-OFDMA, while offering a reduced computational complexity of factor 2.

Keywords:

E-Health; Wireless body area networks; Optical wireless communications; Multiple access; Optical code-division multiple access; Optical-orthogonal frequency division multiple access.