

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Monsieur Ikenna Chinazaekpere IJEH est autorisé à présenter ses travaux en vue de l'obtention du diplôme national de DOCTORAT délivré par l'école CENTRALE MARSEILLE

Le 1^{er} décembre 2021, à 13H30

Lieu : salle Pierre Coton, Institut Fresnel
52 av. Escadrille Normandie Niemen, 13013 Marseille

Titre : **Etude des effets aléatoires du canal de transmission pour les liaisons de communication optiques sous-marines sans-fil**

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

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

Rapporteurs

Madame Valeria LOSCRI, Chercheuse, INRIA Lille - Nord Europe /FUN, France.
Monsieur Jean-François DIOURIS, Professeur, Université de Nantes, France.

Membres du Jury

Madame Valeria LOSCRI, Chercheuse, INRIA Lille - Nord Europe /FUN, France.
Monsieur Jean-François DIOURIS, Professeur, Université de Nantes, France.
Monsieur Steve HRANILOVIC, Professor, Université McMaster, Canada.
Monsieur Bruno FRACASSO, Professeur, Institut Mines Telecom Atlantique, Brest, France.
Monsieur Julien MAROT, Maître de Conférences, Aix- Marseille Université, France.
Monsieur Mohammad-Ali KHALIGHI, Maître de Conférences, Ecole Centrale de Marseille, France.

Résumé (FR)

De nos jours, il y a un besoin grandissant pour établir des liaisons de communication sans-fil haut-débit dans diverses applications sous-marines, telles que la surveillance de l'environnement, la maintenance et la vérification des installations, la sécurité portuaire, etc. Les communications optiques sans-fil (UWOC pour Underwater Wireless Optical Communications) offrent un débit de transmission élevé, une faible latence, une bonne efficacité énergétique et un faible coût de mise en œuvre, comparées aux communications acoustiques. L'un des principaux défis dans la réalisation des liaisons UWOC est de traiter les erreurs de pointage, qui sont particulièrement problématiques dans les applications sous-marines où la localisation et le suivi précis des unités mobiles sont très difficiles. De plus, les turbulences océaniques peuvent dégrader davantage les performances de ces liaisons en causant des fluctuations aléatoires de l'intensité du signal optique reçu.

Cette thèse s'intéresse aux effets des erreurs de pointage et des turbulences océaniques sur les performances des liens UWOC. Plus précisément, nous développons une modélisation mathématique et statistique précise du canal, en particulier, pour le cas d'un lien de transmission vertical. Ce dernier peut être établi entre une bouée ou un navire de surface d'une part et un capteur sous-marin ou encore un véhicule sous-marin autonome d'autre part. Les erreurs de pointage sont ainsi modélisées en prenant en compte l'effet du vent à la surface de la mer et les désalignements angulaires du récepteur, notamment. En utilisant les modèles proposés, nous étudions ensuite l'impact de ces effets aléatoires du canal sur les performances de la liaison. En outre, nous considérons la sélection appropriée des paramètres de l'émetteur et/ou du récepteur afin d'optimiser les performances de la liaison en termes du taux d'erreur binaire et de la probabilité de coupure (outage).

Dans cette étude, nous considérons un photo-détecteur ultra-sensible, qui consiste à un photo-multiplicateur en silicium (SiPM pour Silicon Photo-Multiplier), au niveau du récepteur afin d'augmenter la portée. Enfin, nous avons mené des travaux expérimentaux préliminaires à l'aide d'un banc d'essai de laboratoire pour appréhender les problèmes pratiques de l'établissement d'une liaison UWOC. Les résultats présentés dans cette thèse apportent de l'éclairage sur les considérations pratiques de déploiement des liaisons UWOC, qui peuvent être particulièrement profitables dans la conception de tels systèmes.

Mots clés : Communications optiques sous-marines sans-fil ; erreurs de pointage ; turbulences océaniques ; fiabilité des liaisons ; photo-multiplicateur en silicium.

Abstract (EN)

In underwater environments, there is an essential need for efficient wireless communication techniques in a number of applications, including installation monitoring, underwater robotics, port security, etc. Underwater wireless optical communications (UWOC) offer low implementation cost, low latency, high data rate, and energy efficiency, compared with the traditional acoustic communications. Among the main challenges in the realization of UWOC links is to deal with link misalignments, which are particularly problematic in underwater applications where precise localization and tracking of mobile units is very challenging. In addition to these pointing errors (PEs), oceanic turbulence can further degrade the performance of UWOC links by causing random fluctuation of the received optical signal intensity.

This thesis focuses on the effect of PEs and oceanic turbulence on the performance of UWOC links. More specifically, accurate mathematical and statistical channel modeling are developed, in particular, for the case of a vertical transmission link, e.g., between a buoy of a surface vessel and an underwater node or an autonomous underwater vehicle. There, PEs are modelled by taking into consideration the wind at the sea surface and Rx angular

misalignments, in particular. Based on the proposed models, the impact of PEs and turbulence on the link performance are studied under various channel conditions. In addition, we consider the appropriate selection of the transmitter/receiver parameters in order to optimize the link performance based on the criteria of the average bit-error rate and outage probability.

In this study, we consider a highly sensitive photodetector, i.e., a Silicon photo-multiplier, at the receiver in order to increase the operational range. Lastly, some preliminary experimental works have been carried out to assess the practical issues of establishing an UWOC link using a dedicated laboratory testbed. The presented work fosters the UWOC system design and research towards practical considerations of link deployment ensuring reliable communications.

Keywords: Underwater wireless optical communications; Vertical underwater links; Link misalignment; Pointing errors; Oceanic turbulence; Silicon photo-multiplier.