

Sujet thèse / PhD subject 2024

Titre Thèse	Mesure du canal de propagation d'un système de communication 6G sans cellule – dimensionnement aidé par le machine learning Measurement of the propagation channel in a cell-free 6G communication system – Sizing assisted by machine learning	
(Co)-Directeur	Eric Simon	E-mail : eric.simon@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Davy Gaillot	E-mail : davy.gaillot@univ-lille.fr
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire		Web :
Groupe(s)	TELICE	Web :
Projet phare (principal)		
Demande thèse labellisée IEMN	Non	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, acquis ou pas) :
Financement acquis <input checked="" type="checkbox"/> Financement partiellement acquis <input type="checkbox"/>	Contrats de Recherche <input checked="" type="checkbox"/> Préciser : PEPR 5G 100%	Autre <input type="checkbox"/> Préciser :

Mots clés : réseaux cell-free, 6G, sondage, canal de propagation, machine learning

Présentation du sujet :

L'émergence du paradigme "cell-free" représente une avancée significative dans le domaine des télécommunications [1]. Contrairement aux réseaux cellulaires traditionnels, le cell-free se distingue par l'abolition des frontières de cellules distinctes, permettant ainsi une utilisation plus efficace du spectre radioélectrique et une amélioration substantielle de la connectivité. En exploitant des petites stations de base, aussi appelées points d'accès, distribuées de manière plus dense, le cell-free vise à offrir une couverture homogène, une meilleure gestion des ressources et une réduction des interférences, ouvrant ainsi la voie à des réseaux sans fil plus performants. Le paradigme "cell-free" revêt une importance particulière à l'approche de la 6G, la prochaine génération de réseaux de communication mobile. En intégrant le cell-free dans la conception des réseaux 6G, on cherche à relever des défis tels que l'augmentation exponentielle du nombre d'appareils connectés, les exigences de débit ultra-élevé, et la minimisation des temps de latence. Le cell-free, avec sa capacité à fournir une connectivité plus robuste et à optimiser l'utilisation du spectre, devient ainsi un élément clé des discussions entourant le développement de la 6G, ouvrant la voie à des nouvelles applications comme les réseaux véhiculaires connectés.

La réalisation de mesures de canal de propagation revêt une importance cruciale dans le contexte du déploiement et de l'optimisation des réseaux cell-free.

Le canal de propagation constitue le support de transmission des systèmes de communication sans fil, décrivant la propagation électromagnétique en tenant compte de l'environnement. Ainsi, une compréhension précise de tous les mécanismes et caractéristiques du canal est essentielle pour modéliser de manière adéquate les performances du système. Pour obtenir cette compréhension, il est nécessaire de s'appuyer sur des résultats de mesures, qui sont pour l'heure quasiment inexistant pour le cell-free. Ceci constituera l'objectif principal de la thèse.

Notre groupe de recherche a développé une forte expertise dans le domaine du sondage de canal en environnement mobile et a procédé à de nombreuses campagnes de mesure avec un sondeur développé en interne appelé MaMIMOSA. Ce sondeur, unique en Europe, a été développé initialement pour mesurer des canaux avec un grand nombre d'antennes pour la 5G, les canaux *massive MIMO* (multiple-

input multiple-output) [3][4]. Récemment, il a fait l'objet d'une importante mise à jour qui lui permet de mesurer des canaux pour des réseaux cell-free pour la 6G. Les résultats de ces premières mesures ont été présentés en conférence [2], et ont été nominés pour le prix du « best paper award ».

L'objectif de la thèse est de prendre part à des campagnes de mesures, notamment pour des scénarios de mobilité (pour les applications véhicules communicants) et pour des scénarios ultra-dense, avec un grand nombre d'utilisateurs sur une petite zone géographique.

Le candidat aura le soutien de notre ingénieur de recherche qui est à l'origine du sondeur pour mener ces campagnes de mesures. Il s'agira ensuite d'exploiter les résultats de mesures, afin d'en extraire les paramètres qui seront utiles pour dimensionner les futurs réseaux cell-free.

Un autre aspect de la thèse sera d'utiliser des techniques de machine learning, nourries par les résultats de mesures, afin d'aider au dimensionnement des réseaux cell-free en fonction des applications visées.

Financement

Le financement de la thèse est fourni par le projet de recherche France 2030 «5G et Réseaux du Futur» qui vise à soutenir le développement de la 5G et de la 6G tout en évaluant leurs impacts sur l'environnement. Le projet est piloté par le CEA, le CNRS et l'IMT.

Compétences requises

Traitement du signal, communications numériques. Des bases en machine learning seront appréciées.

Références

[1] Demir, Ö. T., Björnson, E., & Sanguinetti, L. (2021). Foundations of user-centric cell-free massive MIMO. *Foundations and Trends® in Signal Processing*, 14(3-4), 162-472.

[2] Simon, Eric Pierre, et al. "Measurement of the V2I Channel in Cell-free Vehicular Networks with the Distributed MaMIMOSA Channel Sounder." 2023 17th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP). IEEE, 2023.

[3] Gaillot, D. P., et al. "Measurement of the V2I massive radio channel with the MaMIMOSA sounder in a suburban environment." 2021 15th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP). IEEE, 2021.

[4] Laly, Pierre, et al. "Massive radio channel sounder architecture for 5G mobility scenarios: MaMIMOSA." 2020 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP). IEEE, 2020.

English version :

Thesis Topic Presentation:

The emergence of the "cell-free" paradigm represents a significant advancement in the field of telecommunications [1]. Unlike traditional cellular networks, cell-free stands out by eliminating distinct cell boundaries, thus enabling more efficient use of the radio spectrum and substantial improvement in connectivity. By leveraging small base stations, also known as access points, distributed more densely, cell-free aims to provide homogeneous coverage, better resource management, and reduced interference, paving the way for more efficient wireless networks. The "cell-free" paradigm is

particularly important as we approach 6G, the next generation of mobile communication networks. Integrating cell-free into the design of 6G networks aims to address challenges such as the exponential increase in connected devices, ultra-high data rate requirements, and latency minimization. Cell-free, with its ability to provide robust connectivity and optimize spectrum usage, becomes a key element in discussions surrounding the development of 6G, opening the door to new applications such as connected vehicular networks.

The measurement of propagation channel characteristics is crucial in the context of deploying and optimizing cell-free networks. The propagation channel serves as the transmission medium for wireless communication systems, describing electromagnetic propagation while considering the environment. Therefore, a precise understanding of all channel mechanisms and characteristics is essential for adequately modeling system performance. To achieve this understanding, measurements are necessary, which are currently scarce for cell-free systems. This will be the primary focus of the thesis.

Our research group has developed strong expertise in mobile channel sounding and has conducted numerous measurement campaigns using an in-house-developed probe called MaMIMOSA. This unique probe in Europe, initially designed for measuring channels with a large number of antennas for 5G massive MIMO (multiple-input multiple-output) [3][4], has recently been extensively updated to measure channels for cell-free networks in the context of 6G. The results of these initial measurements were presented at conference [2] and were nominated for the "best paper award."

The thesis aims to actively participate in measurement campaigns, particularly for mobility scenarios (for connected vehicle applications) and ultra-dense scenarios, involving a large number of users in a small geographic area. The candidate will receive support from our research engineer, the originator of the probe, to conduct these measurement campaigns. Subsequently, the goal is to analyze the measurement results to extract parameters useful for sizing future cell-free networks. Another aspect of the thesis involves employing machine learning techniques, fueled by measurement results, to assist in sizing cell-free networks based on specific applications.

Funding

The funding for the thesis is provided by the France 2030 research project "5G and Future Networks," which aims to support the development of 5G and 6G while assessing their environmental impacts. The project is led by CEA, CNRS, and IMT.

Required Skills:

Signal processing, digital communications. Basic knowledge of machine learning is appreciated.

References

[1] Demir, Ö. T., Björnson, E., & Sanguinetti, L. (2021). Foundations of user-centric cell-free massive MIMO. *Foundations and Trends® in Signal Processing*, 14(3-4), 162-472.

[2] Simon, Eric Pierre, et al. "Measurement of the V2I Channel in Cell-free Vehicular Networks with the Distributed MaMIMOSA Channel Sounder." 2023 17th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP). IEEE, 2023.

[3] Gaillot, D. P., et al. "Measurement of the V2I massive radio channel with the MaMIMOSA sounder in a suburban environment." 2021 15th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP). IEEE, 2021.

- [4] Laly, Pierre, et al. "Massive radio channel sounder architecture for 5G mobility scenarios: MaMIMOSA." 2020 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP). IEEE, 2020.