

Proposition thèse en co-tutelle UTT-UL

Acronyme : 6G-IFAD

Titre : 6G et Industrie du Futur : IA Distribuée pour la transition numérique et industrielle

Mots clés : 6G, Industrie du Futur, Systèmes Multi-agents, Théorie de Jeux, Apprentissage Machine, Apprentissage Profond.

Directrices : Prof. Rana Rahim et Prof. Leila Merghem Boulahia

Résumé vulgarisé

Le réseau Internet est de plus en plus sollicité par les usagers qu'ils soient particuliers ou professionnels. L'exigence d'une connexion réseau plus rapide, plus fiable, offrant plus de débit et si possible moins coûteuse et moins énergivore devient plus forte. Le recours au télétravail généralisé par la crise du COVID et l'évolution des nouveaux verticaux de l'IoT (smart cities, industrie 4.0, réseaux électriques intelligents) engendrent une impressionnante croissance du volume des données échangées sur le réseau Internet et soulèvent des défis sans précédent. Le trafic global des données mobiles a été multiplié par 10 entre 2015 et 2020 et il est prévu une croissance exponentielle du volume des données d'ici 2025. Des applications complexes et critiques dans différents domaines induisent la nécessité d'un niveau accru en termes de performances réseau. La 6G offre alors de belles promesses d'avenir, afin de soutenir le développement de l'exploitation intelligente des données, notamment grâce à un débit 100 fois plus élevé que celui de la cinquième génération des réseaux mobiles. L'Industrie du Futur, est caractérisée, entre autres, par la transition numérique et industrielle qui ne sera effective sans une exploitation intelligente des données et un traitement en temps réel afin de prévoir et de réagir aux événements à mesure qu'ils surviennent, à une échelle qui était inimaginable jusqu'à présent. Le but de cette thèse est d'étudier l'apport des réseaux de communication et particulièrement la 6G (débits élevés, IA intégrée) dans le cadre de l'industrie du futur pour améliorer le traitement en temps réel des données transitant par le réseau, tout en considérant les enjeux environnementaux. Les réseaux 6G visent à intégrer l'IA de manière plus importante que ce que devait faire la 5G, on parle désormais d'« AI-as-a-Service ». Dans ce contexte, nous souhaitons étudier l'impact de l'adoption des outils de l'IA et plus particulièrement les systèmes multi-agents, la théorie des jeux et l'apprentissage machine.

Contexte et Problématique

Le réseau Internet est de plus en plus sollicité par les usagers qu'ils soient particuliers ou professionnels. L'exigence d'une connexion réseau plus rapide, plus fiable, offrant plus de débit et si possible moins coûteuse et moins énergivore devient plus forte. Le recours au télétravail généralisé par la crise du COVID et l'évolution des nouveaux verticaux de l'IoT (smart cities, industrie 4.0, réseaux électriques intelligents) engendrent une impressionnante croissance du volume des données échangées sur le réseau Internet soulèvent des défis sans précédent. Le trafic global des données mobiles a été multiplié par 10 entre 2015 et 2020 et il est prévu une croissance exponentielle du volume des données d'ici 2025. Des applications complexes et critiques dans différents domaines induisent la nécessité d'un niveau accru en termes de performances réseau. La 6G offre alors de belles promesses d'avenir, afin de soutenir le développement de l'exploitation intelligente des données, notamment grâce à un débit 100 fois plus élevé que celui de la cinquième génération des réseaux mobiles.

L'Industrie du Futur, est caractérisée, entre autres, par la transition numérique et industrielle qui ne sera effective sans une exploitation intelligente des données et un traitement en temps réel afin de prévoir et de réagir aux événements à mesure qu'ils surviennent, à une échelle qui était inimaginable jusqu'à présent. Afin de relever les défis de transitions numérique et industrielle, il est nécessaire de développer des méthodes et des outils avancés évolutifs capables de gérer et de traiter efficacement et en ligne les énormes flux de données produits par des technologies et des systèmes hétérogènes afin d'extraire des connaissances, des recommandations ou des règles utiles. Ces dernières sont ensuite utilisées dans les outils d'aide à la décision afin de résoudre de multiples problèmes tels que la planification, le traitement simultané, l'assurance qualité, la personnalisation en temps réel et l'entretien et la maintenance adaptés au contexte. Ces exigences ne peuvent être satisfaites que par des usines flexibles et agiles capables de se reconfigurer et de s'adapter aux changements, même à des stades avancés du processus de fabrication [2].

Dans ce contexte très contraint, garantir les conditions nécessaires pour une prise en charge optimale des données échangées entre les différents composants/opérateurs de l'usine devient une nécessité. La problématique à laquelle nous souhaitons apporter des éléments de réponse, à travers ce projet de thèse, est l'étude de l'apport des nouvelles technologies de communication et particulièrement la 6G (débits élevés, IA intégrée, etc.) dans le cadre de l'industrie du futur pour améliorer le traitement en temps réel des données transitant par le réseau, tout en considérant les enjeux environnementaux. Les réseaux 6G visent à intégrer l'IA de manière plus importante que ce que devait faire la 5G, on parle désormais d' « AI-as-a-Service » [3]. Dans ce contexte, nous souhaitons étudier l'impact de l'adoption des outils de l'IA et plus particulièrement les systèmes multi-agents, la théorie de jeux et l'apprentissage machine.

Objectifs scientifiques

Notre but est d'étudier et d'optimiser les performances du réseau afin de garantir les conditions nécessaires à la réalisation d'une acquisition des données en temps quasi réel et une prise de décision optimale. Étant donné que les réseaux 6G visent à intégrer l'IA de manière plus importante que ce que devait faire la 5G, et qu'on parle désormais d' « AI-as-a-Service », nous souhaitons étudier l'impact de l'adoption des outils de l'IA et plus particulièrement les systèmes multi-agents, la théorie de jeux et l'apprentissage machine. La 6G favorise le recours à l'edge computing, d'où l'intérêt incontestable de l'IA distribuée et particulièrement les systèmes multi-agents.

Ce projet proposera des méthodes et techniques, basées sur l'utilisation des systèmes multi-agents (SMA) et les outils de l'Intelligence Artificielle, pour mettre en place l'infrastructure et l'algorithmique réseau nécessaires à l'acheminement des données générées dans le contexte de l'usine du futur. Le choix de l'infrastructure et des algorithmes de gestion des ressources du réseau sera analysé selon les objectifs et les contraintes des applications utilisant le réseau en question (qualité de service, consommation énergétique, interopérabilité avec les protocoles existants, etc.).

Bibliographie

- [1] La 5G & l'Industrie du Futur : Des performances nouvelles pour de nouveaux usages. Industrie-dufutur.org, Septembre 2020.
- [2] Herrera, M.; Pérez-Hernández, M.; Kumar Parlikad, A.; Izquierdo, J. Multi-Agent Systems and Complex Networks: Review and Applications in Systems Engineering. Processes 2020, 8, 312. <https://doi.org/10.3390/pr803031>
- [3] European Vision for the 6G Network Ecosystem, White paper, The 5G Infrastructure Association, 2021
- [4] STRATÉGIE D'ACCÉLÉRATION 5G ET RÉSEAUX DU FUTUR, www.entreprises.gouv.fr/fr/strategie5G, 18 mars 2022

Méthodologie de la recherche

Afin de réaliser les objectifs de ce projet, une étude bibliographique des travaux existants dans la littérature traitant de la 6G, des SMA, et de l'IA est nécessaire. Suite à cette étude, il sera possible de modéliser le réseau en prenant en compte les interactions possibles entre ses différents composants, leurs contraintes et leurs objectifs en termes de performances. En partant de ce modèle, des algorithmes d'optimisation des performances du réseau seront proposés et validés (principalement de manière formelle et par simulation). Les travaux de recherche devront conduire à des publications dans des conférences et revues internationales reconnues par notre communauté scientifique.

Le travail qui sera réalisé dans le cadre de ce projet sera organisé comme suit :

Tâche 1. Étude bibliographique des travaux existants dans la littérature traitant de la 6G, des SMA.

1.1 État de l'art sur la 6G et l'Industrie du Futur

1.2 État de l'art sur les SMA et les autres outils d'IA notamment l'apprentissage

Tâche 2. Proposition d'une architecture réseau 6G gérée par un SMA pour l'acheminement des données dans le cadre de l'Industrie du futur.

2.1 Proposition d'une architecture réseau 6G à base de SMA

2.2 Modélisation des différentes interactions entre les composants de cette architecture

2.3 Définition des critères de performances réseau à optimiser

Tâche 3. Proposition d'algorithmes pour optimiser les performances du réseau

Tâche 4. Évaluation des performances du réseau et validation des propositions (par méthode formelle et par simulation)

Tâche 5. Réalisation de tests sur le réseau IoT de la plateforme FFCA

Tâche 6. Rédaction du rapport final.