

1SC4310 - Principes de la théorie de l'information et techniques de communication pour l'IoT

Responsables : **Richard COMBES , Salah-Eddine EL AYOUBI**

Département de rattachement : **DÉPARTEMENT SIGNAL, INFORMATION, COMMUNICATION**

Langues d'enseignement : **ANGLAIS**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **60**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **30**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Ce cours présentera dans un premier temps les fondements théoriques et les limites fondamentales en théorie de l'information pour ensuite étudier des cas concrets de standards et protocoles de réseaux pour l'internet des objets.

La théorie de l'information, fruit des travaux de scientifiques tels que Hartley, Shannon, Wiener et Kolmogorov, est un outil majeur pour résoudre des problématiques fondamentales du monde numérique tels que : la mise en place de grands réseaux de communication à haut débit, le stockage et le traitement de données massives ou encore la cryptographie. La première partie du cours présente les concepts et les résultats fondamentaux de cette théorie, ainsi que les algorithmes qui permettent de les mettre en pratique pour résoudre des problèmes. Ce cours permettra aussi d'introduire les cours plus avancés de communications et de statistiques.

Les différents systèmes de communication sans fil pour l'IoT, à courte ou à longue portée (Zigbee, SigFox, LoRA, LTE-M, NB-IoT, etc.) seront ensuite présentés. Nous nous intéresserons à leur design au niveau radio pour une collecte efficace de données mais aussi aux architectures de stockage et de traitement de données, centralisées ou distribuées, adaptées aux exigences applicatives (temps d'exécution, sécurité, etc.).

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

ST4

Prérequis :

CIP EDP

Plan détaillé du cours (contenu) :

I. Théorie de l'information

1) Introduction : motivations (réseaux de communication, traitement et stockage de données

massives), outils probabilistes.

2) Mesures d'Information : entropie, entropie relative et information mutuelle pour les alphabets discrets. Propriétés des mesures d'information : règle de chaîne, inégalités informationnelles (Fano, Log-sum, Data Processing etc.).

3) Compression de Données : codages de source, codes à préfixe, codes uniquement déchiffrables et inégalité de Kraft. Codage de Huffman, de Fano-Shannon et de Lempel-Ziv. Limites fondamentales. Optimalité et complexité du codage de Huffman. Séquences typiques.

4) Transmission de Données, Canaux Discrets : codage de canal, codage et décodage. Exemples de canaux discrets. Théorème de Shannon, capacité de canal. Retour sur la typicité, typicité jointe. Complexité et codage.

5) Transmission de Données, Canaux Continus : mesures d'information pour les alphabets continues, théorèmes de codage de source et de capacité. Canaux Gaussiens et modèles pour les communications, modulations. Limites fondamentales, théorème de Shannon-Hartley. Extensions : canaux parallèles, bruit coloré. Codage pour les canaux Gaussiens. Communication multi-utilisateurs

6) Quantification de Données: quantification de signaux continus, théorie débit distorsion, schémas de quantification optimaux

II. Réseaux de télécommunications sans fil pour l'IoT

7) Présentation des différents standards de communications sans fil pour l'IoT, à faible ou à longue portée

8) Mécanismes radio pour l'IoT (modulation, codage, retransmissions, accès au canal)

9) Couverture des réseaux IoT longue portée.

10) Dimensionnement en capacité des réseaux LoRAWAN et 4G NB-IoT.

Déroulement, organisation du cours :

Cours magistraux, TD, Travail personnel à la maison

18h00 de cours, 7h30 de TD, 3h de TP et un examen écrit de 1h30.

Des ressources seront mises en ligne pour un travail complémentaire des étudiants.

Organisation de l'évaluation :

TP noté (20% de la note) et examen écrit d'une durée de 1h30

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

Comprendre les algorithmes et limites fondamentales pour la transmission de données, le stockage et le traitement de données.

Comprendre le sens physique des mesures d'information

Mettre en œuvre des algorithmes pour appliquer les concepts de la théorie de l'information à des problèmes réels,

Evaluer les performances de ces algorithmes.

Comprendre les mécanismes et protocoles de communication permettant à des capteurs de faible coût et ayant des contraintes fortes en consommation énergétique de transmettre leurs informations.

Dimensionner un réseau sans fil pour des applications IoT ayant des exigences particulières en couverture et en capacité.

Description des compétences acquises à l'issue du cours

:

Understand the algorithms and fundamental limitations for data transmission, storage and data processing.

Understand the physical meaning of information measures

Implement algorithms to apply the concepts of information theory to real problems,

Evaluate the performance of these algorithms.

Understand communication mechanisms and protocols that allow low-cost sensors with high energy consumption constraints to transmit their information.

Dimension a wireless network for IoT applications with special coverage and capacity requirements.

Bibliographie :

Slides en PDF détaillés disponibles sur eduano.