

MASTER INGENIERIE DES SYSTEMES COMPLEXES

2nde ANNEE

PARCOURS ROC

SYLLABUS SIMPLIFIE

Semestre 3

UE 32: Robotique et contrôle non linéaire appliqué

- Drones sous-marins
- Robotique à câbles
- Robotique bio-inspirée
- Contrôle en robotique et planification
- Contrôle non linéaire appliqué

UE 33: Intelligence artificielle appliquée

- Localisation et cartographie simultanées
- Comportement, décision et prédiction

UE 34: Objets connectés

- Systèmes temps réel et sécurité
- Applications des objets connectés

UE 32 : Drones sous-marins (cours : 11h, TD : 10h) - ECTS : 3

Objectifs

Le but de ce cours est de mettre en place les bases utiles dans le cadre de l'optimisation de la conception d'un système sous-marin robotisé. Les notions d'ingénierie qui sont développées ici permettront de proposer aux étudiants un projet de conception d'engin sur la base d'outils de dimensionnement reposant sur des modules de conception matlab et excel fournis. Le projet sera basé sur la conception (format Bureau d'étude) et le dimensionnement d'un engin sous-marin autonome optimisé. Ce projet sera réalisé en équipe, en suivant les canons d'une gestion de projet du Cahier des charges à la remise d'une offre technique (voire financière).

(visite de l'Ifremer à prévoir pour les étudiants hors cours, plutôt en soirée dans la semaine)

Contenu

Typologie systèmes et marchés

- systèmes habités, systèmes téléopérés et remorqués, systèmes autonomes, systèmes hybrides, marchés, systèmes de systèmes
Technologies clefs

Contraintes du milieu

Modélisation et dimensionnement d'un robot mobile sous-marin

Conventions,

Equations de la dynamique,

Matrice d'inertie classique,

Efforts et moments hydrodynamiques

- Inerties et masses ajoutées, portance et traînée, amortissement, effet du câble sur l'engin téléopéré, couplages télémanipulateur/engin

Mobilité- principaux actionneurs

- surfaces mobiles, propulseurs, actionneurs inertiels, propulsion magnéto-hydrodynamique, roues, chenilles ou autres vis d'Archimède

Sources d'énergie

- Cas des engins téléopérés à câble

- Cas des engins libres

-- Convertisseurs d'énergie, piles, batteries d'accumulateurs, piles à combustible, synthèse sur les sources d'énergie

Systèmes de Positionnement sous-marins

- Estime, mesures d'attitude,

- Mesure de Vitesse : Lochs mécaniques et électromagnétiques, lochs acoustiques

- Capteurs d'immersion

- Inertie

- Positionnement acoustique : bases Longues, courtes, ultracourtes

- Notion de communication sous marine

- Synthèse : Navigation intégrée

Calcul de coque et de Carène

Notion d'optimisation dans la conception

Mise en œuvre de la modélisation sur projet (AUV, ROV), par groupe de 3 ou 4 étudiants

Prérequis

Techniques robotiques. Modélisation et contrôle. Ingénierie système, mécanique, électronique, physique, bases en hydrodynamique et calcul de structure, bases en acoustique et traitement du signal

UE 32 : Robotique à câbles (cours : 7h, TD : 8h) - ECTS : 2

Objectifs

Les objectifs de ce cours sont, à partir de la donnée d'un système complexe, de poser les bases pour en assurer la mise en équations de manière générique sous différents angles (géométrie, statique, . . .) puis d'analyser les propriétés des systèmes d'équations obtenus (cas génériques, singularités, redondance, . . .) pour mettre en place des méthodes de résolution robustes, prenant en compte l'ensemble des situations possibles. L'influence des incertitudes de modèle sur les résultats de la modélisation sera abordé.

L'objectif pédagogique global est d'illustrer la mise en place d'un processus de modélisation cohérent et sans faille sur un système complexe. Il s'agit d'un cours participatif où les éléments théoriques sont donnés en début de cours et sont immédiatement suivis d'une mise en pratique par chaque étudiant.

Contenu

Mot-clés: modélisation, analyse de système, incertitudes

Chapitres du cours:

1. éléments mathématiques de base (vecteurs, algèbre linéaire, systèmes d'équations), manipulation formelle
2. modélisation géométrique
3. modélisation statique
4. analyse des modélisations
5. incertitudes dans les modèles
6. extension de la modélisation

Prérequis

- notion de base de mécanique des solides
- notion de base sur les espaces vectoriels, la géométrie, l'analyse numérique et l'algèbre linéaire
- notion de base sur l'utilisation d'un système de calcul formel (Maple, Mathematica, . . .)

UE 32 : Robotique bio-inspirée (cours : 7h, TD : 8h) - ECTS : 2

Objectifs

Le but de ce cours est de s'initier à la démarche bio-inspirée pour la conception d'un capteur optique utilisable pour la navigation en robotique. Il s'agira ici de s'appuyer sur des connaissances issues du vivant (vision des insectes, études du comportement de la fourmi) pour proposer une modélisation et une mise en œuvre d'une boussole céleste inspirée de la fourmi du désert.

Le travail se fera en binôme et sera évalué sur la base des capacités des étudiants à expliquer leur approche ainsi que sur les performances de la boussole finale. Des cartes électroniques compatibles Arduino seront fournies et des pièces mécaniques simples à base d'imprimante 3D et de découpes laser devront être réalisées.

Contenu

Cours CAO 3D imprimante 3D et découpe laser

Cours perception visuelle chez l'insecte et modélisation

Mini projet : réalisation d'une boussole céleste.

Développement d'algorithme de fusion pour l'estimation de cap

Prérequis

Techniques robotiques. Modélisation et contrôle.

UE 32 : Contrôle en robotique et planification (cours : 20h, TD : 10h) - ECTS : 4

Objectifs

Etre capable de comprendre les problématiques actuelles en automatique au niveau recherche, savoir faire une bibliographie et être capable de lire et de comprendre des articles en théorie du contrôle et ses applications.

Contenu

Champs de vecteurs, flots ; commutation des flots, crochets de Lie, définition d'algèbre de Lie d'une famille de champs de vecteurs ;

Systèmes de contrôles non-linéaires, contrôlabilité : théorème de Chow, systèmes avec une dérive;

Contrôlabilité locale en temps petit.

Systèmes nilpotents, approximation nilpotente , systèmes chaînés.

Planification de trajectoire : trajectoires admissibles, trajectoires non-admissible, contraintes nonholonomes et degré de non-holonomie; contrôles sinusoidaux, contrôles constants par morceaux.

Systèmes plats, planification de trajectoire pour un système plat.

Prérequis

Equations différentielles, contrôlabilité

Mécanique analytique, Formalisme Lagrangien et Hamiltonien,

Géométrie différentielle, champs de vecteurs;

Courbe paramétrée, reparamétrisation d'une courbe.

UE 32 : Contrôle non-linéaire appliqué (TP : 24h) - ECTS : 3

Objectifs

Maîtriser l'ensemble des techniques permettant de développer une application de robotique, de la planification de la trajectoire au suivi de cette trajectoire. Etre capable de contrôler un robot à partir des capteurs, des actionneurs et du système temps réel disponible sur le robot.

Contenu

Ce module est entièrement constitué de TPs, il consistera en des études de cas sur différentes maquettes robotiques. Voici quelques exemples de TPs réalisables sur des maquettes ou des robots déjà disponibles à l'université de Toulon, avec (entre parenthèses) les notions plus particulièrement abordées pour ces applications, théoriques et appliquées :

- Géolocalisation d'un robot sous-marin (filtre de Kalman étendu adaptatif, capteurs asynchrones, système ROS);
- Stabilisation d'une nacelle de drone aérien (commande LQG, traitement d'image);
- Stabilisation d'un « unicopter » (commande sans modèle)
- Commande d'un robot mobile et suivi de trajectoire par vision (Contrôle non linéaire, calibration de caméra, traitement d'image, programmation réseau et micro-programmation);
- Ball and beam et pendule inversé (Identification en boucle fermée, linéarisation par feedback, microprogrammation).

Prérequis

Automatique linéaire et non linéaire, programmation, capteurs et actionneurs en robotique.

UE 33 : Localisation et cartographie simultanées (cours : 11h, TP : 9h) - ECTS : 3

Objectifs

Donner les compétences en programmation de système autonome, être capable suivant l'état de se situer, de planifier et de prédire leur environnement.

Modèles neuro-inspirés.

Contenu

Présentation de la problématique SLAM (localisation autonome),
Instanciation sur la modalité visuelle et électromagnétique et sonar.

Prérequis

Techniques robotiques de localisation. Capteurs.

UE 33 : Comportement, décision et prédiction (cours : 12h, TP : 15h) - ECTS : 3

Objectifs

Donner les compétences en programmation de système autonome, être capable suivant l'état de se situer, de planifier et de prédire leur environnement.

Contenu

Modélisation de comportement adaptatif en robotique.

Prédiction des séquences temporelles, acoustiques, audio visuelles, de l'environnement en général.

Prédiction de son environnement à très court terme pour optimiser des prises de décisions.

Projection à long terme de coût d'opération et sélection.

Prérequis

Lien avec le reinforcement learning (apprentissage par renforcement), l'apprentissage non supervisé, et supervisé : les modèles d'intégration d'information du M1 (apprentissage statistique profond).

UE 34 : Systèmes temps réel et sécurité (cours : 12h, TP : 5h) - ECTS : 2

Objectifs

Savoir mettre en œuvre un OS temps réel, et être sensibilisé en profondeur aux enjeux de sécurité dans les systèmes embarqués à ressources limitées utilisés dans le domaine de l'IoT.

Contenu

Les objets connectés utilisent les réseaux de communication sans fil pour les échanges et la remontée des données vers des serveurs distants, tout en intégrant des unités de traitement du signal à capacités limitées mais pouvant concentrer les données issues de nombreux capteurs.

La gestion des tâches et de leurs priorités est donc un enjeu fort pour l'implantation des systèmes embarqués en temps réel : l'utilisation des Operating System OS temps réel est donc très pertinente dans le domaine de l'IoT. Le premier objectif de ce cours sera donc de présenter le fonctionnement des ces OS et leur implantation sur microcontrôleur au travers d'exemple choisis tels que Free RTOS par exemple.

La sécurité des données transitant sur les réseaux de communication sans fil est également un enjeu fort, en particulier dans les applications sensibles telles que la sécurité ou la santé. Ces aspects seront traités dans une deuxième partie de ce module.

Prérequis

Electronique numérique embarquée. Electronique des radiocommunications.

UE 34 : Applications des objets connectés (cours : 18h, TP : 16h) - ECTS : 4

Objectifs

Pour l'étudiant(e) : comprendre les étapes de mise en œuvre des petits objets communicants autonomes dans le cadre d'applications pour la recherche ou pour l'industrie. Sensibiliser les étudiants aux outils de conception au travers de travaux pratiques ou de l'utilisation de démonstrateurs.

Contenu

Un objet connecté est un petit module physique communicant et autonome en énergie permettant de transmettre des données et parfois recevoir (informations issues de capteurs en général).

La connexion en réseaux de ces objets (IoT : Internet of Things dans la littérature anglaise), et la remontée d'informations vers des serveurs centralisés augmente considérablement le potentiel de ces modules.

L'objectif de cet enseignement est de présenter sous forme d'échanges et par la pratique plusieurs applications utilisant des objets connectés autonomes.

Plusieurs champs d'application seront abordés, tels que la santé, le monitoring environnemental, la mesure intelligente (smart metering) ou encore le suivi de personnes ou d'objets (tracking) dans un environnement indoor.

A cet effet, des technologies spécifiques seront présentées dans chacun des domaines abordés :

- En ce qui concerne le tracking : les systèmes de balises actives (utilisant des technologies très large bande, RFID, ultrasoniques ou optiques) seront présentés. Ils ont été développés récemment dans le cadre de programmes de recherche et/ou de collaborations industrielles.
- En ce qui concerne le monitoring environnemental : des systèmes d'alerte intelligente et ultra low-power permettant d'augmenter drastiquement la durée de vie des systèmes embarqués en ne les réveillant que lorsque nécessaire seront étudiés.
- En ce qui concerne la santé : le champ d'application des objets connectés concerne en particulier l'évaluation de la qualité de la motricité humaine au travers de paramètres pertinents. Dans ce cadre, l'objectif consiste à aborder les techniques permettant d'évaluer la qualité de la locomotion ou du maintien postural par capteurs inertiels et leurs applications aussi bien dans le domaine clinique que pour la prévention-santé par le sport ou l'étude de la performance sportive.
- En ce qui concerne la mesure intelligente, les systèmes utilisés dans les technologies de Smart Grid seront présentés.

Prérequis

Master 1 : conception de circuits et systèmes embarqués analogique, numérique et mixte, modulation analogique, principe de la modulation

numérique, traitement numérique du signal, systèmes embarqués,
électronique pour les radiocommunications.