

Développement par modèles de systèmes de commandes embarqués (I)

Étude de cas : robot LEGO (Mindstorm NXT) suiveur de ligne

Les étapes du développement :

- 1. **Modélisation** : Créer un modèle mathématique décrivant l'évolution des trajectoires du robot
- 2. **Conception de contrôleurs** : construire un contrôleur qui
 - satisfait des spécifications désirées (atteindre un point de destination, suivre une ligne, éviter la collision avec des obstacles...)
 - prend en compte de contraintes des capteurs et des actionneurs et éventuellement des critères d'optimalité (minimisation d'énergie)
- 3. **Validation par simulation** : Simuler le modèle comprenant le système et le contrôleur construit (pour tester si le contrôleur permet de garantir les spécifications).

Dans ce cours, on va utiliser **Simulink** pour ces étapes

Les connaissances nécessaires pour les étapes 1, 2, 3 ont été fournies par le cours Automatique au Semestre 1

Développement par modèles de systèmes de commandes embarqués (II)

Les étapes du développement (suite) :

- 4. **Discrétisation de contrôleurs** : passer du temps-continu en temps discret
- 5. **Implantation du contrôleur** : Il faut générer un programme dans le langage accepté par l'environnement de programmation des robots LEGO NXT, tel que NXC. Pour générer un tel programme :
 - Générer un programme Lustre à partir du modèle en Simulink du contrôleur (pour la **préservation de sémantique exigée par l'implantation sûre**)
 - Générer ensuite un programme NXC à partir du programme en Lustre.
- 6. **Expérimentation** : charger le programme dans le robot et le tester

Etapes 4 et 5 sont les sujets principaux de ce cours

Réalisation du projet

Connaissances nécessaires pour réussir le projet :

- Automatique : modélisation par des équations différentielles, commande de systèmes linéaires, contrôleurs PID, simulation en utilisant Matlab/Simulink
- Informatique : langage Lustre, langage NXC, génération de code, aspects temps-réel

Sources d'information

- Les documents du cours Automatique (SLE)
- Les documents sur Lustre (articles, transparents), sur NXC (disponible sur l'internet)
- Les liens à ces documents sont donnés sur la page web du cours <http://www-verimag.imag.fr/PEOPLE/Thao.Dang/CoursISC-2013.html>

Robot Mindstorms NXT



1. **NXT** : brick de contrôle intelligent, le cerveau du robot Mindstorms
2. **'Touch Sensor'** : permet au robot de sentir l'environnement
3. **'Sound Sensor'** : permet au robot d'entendre
4. **'Light Sensor'** : permet au robot de détecter la lumière
5. **'Ultrasonic Sensor'** : permet au robot de voir, de mesurer la distance à un obstacle
6. **'Servo Motor'** : garantit des mouvements précis

Plan du cours

1. Semaines 1, 2 : Commande de robot Modélisation et commande de robot suiveur de ligne

2. Semaines 3, 4 : Discrétisation de contrôleurs

Objectif : fin de la Semaine 4, modèle SIMULINK de contrôleur testé

3. Semaines 5, 6 : De Simulink vers LUSTRE Implantation sûre, introduction au langage LUSTRE, traduction d'un modèle Simulink vers Lustre

Objectif : fin de la Semaine 6, programme LUSTRE de contrôleur généré

4. Semaine 7, 8 : De Lustre vers NXC Génération du code NXC pour LEGO à partir d'un programme LUSTRE, Environnement de programmation Bricxcc

Objectif : fin de la Semaine 8, programmes NXC de contrôleur générés et écrits

5. Semaines 9, 10, 11, 12 : Expérimentation Réglage du contrôleur, débogage en remontant la chaîne d'outils

Objectif final : Le robot marche comme spécifié

Déroulement et Evaluation

1. Les travaux pratiques autour du projet robot : en binômes
2. Le projet robot sera présenté lors d'un oral d'environ 15mn.
3. L'assiduité au cours est prise en compte.