

Robotics: Introduction

(option ISD-master SMART)

W. Perruquetti

Ecole Centrale de Lille,
Cité Scientifique, BP 48,
F-59651 Villeneuve d'Ascq Cedex - FRANCE.
tel : +33 3 20 33 54 50 fax : +33 3 20 33 54 18
e-mail : wilfrid.perruquetti@ec-lille.fr

Septembre 2017 / Chapter 1

Objectives :

Pre-requisites: almost none (some basic maths and physics)

Objectives:

- ▶ Definition of a robotic system,

Objectives :

Pre-requisites: almost none (some basic maths and physics)

Objectives:

- ▶ Definition of a robotic system,
- ▶ Overview of some application of robotics,
- ▶ What do we need for a robot ?
- ▶ Course outlines and objectives ...

Table of Contents

What is a Robot ?

Robot: for what ?

Robot: what else ?

Course outlines and objectives

Video

👉 The word “robot” appears for the first time in the title

What a "robot" is ?

Definition

A **robot** is an intelligent machine which can perform tasks that once would have required a human.

This is a very general definition but it covers the basics. A robot is not just a remote controlled device, it must contain some element of **artificial intelligence**.

Various classifications:

- ▶ mobile or not,
- ▶ networked or not,
- ▶ ... (see web for other criteria)

Video

Video

Video

Video

Table of Contents

What is a Robot ?

Mobility or not?

Robot: for what ?

Robot: what else ?

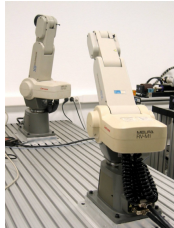
Course outlines and objectives

Robots' classification:

- ▶ **Mobile Robots:** wheel (**WMR: Wheeled Mobile Robot**), caterpillars, legs (depending on the type of locomotion), ... all these mobile robots can be aerial, submarine, terrestrial or spatial, ...
- ▶ "Fixed" robots: manipulators, haptic interface, etc ...

👉 with particular attention to **humanoid robotics** !

Manipulators

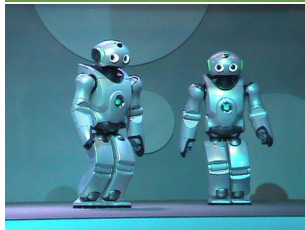
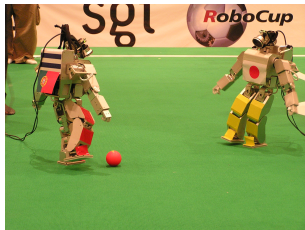
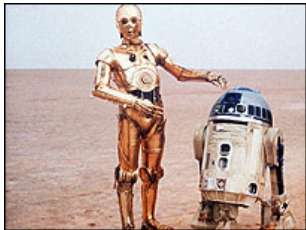


Manipulators: HR Interaction



Interaction homme robot - Kuka

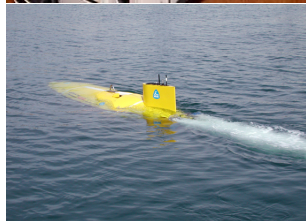
Humanoids

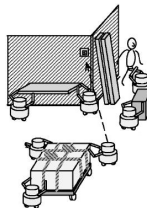
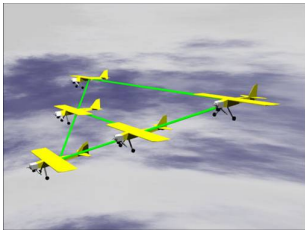


Others

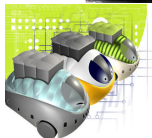


(COURTESY SONY)











- ▶ **Decision and Action chain** which has several links: cognitive (IA "deep learning"), task scheduling, motion planning, control and at the end of the chain we found **actuators**.
- ▶ **Interaction** with the environment: collaboration robots / robots and / or men and / or physical world.

Robot: for what ?

- ▶ intervention robotics on sensitive site: exploration of march, cleaning of nuclear power plant, ...
- ▶ robotics for monitoring: forest monitoring of fire, sensitive areas etc ...
- ▶ micro robotics and nanorobotics with notably applications in the field of health (surgical operation through natural way, etc ...)
- ▶ robotics manufacturing (polyarticulated robot: series or parallel): handling of parts (loading of machine tools, transfer of parts etc), welding (point a point or continuous), painting, assembly, Idots
- ▶ **intelligent home** "domotic" contraction of domus (house in latin) and automatic

Robot: for what ?

Service robotics (to be differentiated from industrial robotics) is not just a matter of research; according to the Japanese Robotics Association, the robotics market dedicated to personal services is expected to reach a global turnover of 12 billion \$ in 2010 and 35 billion \$ in 2025 (2009 forecast). According to ABI Research, the personal robotics market is expected to reach 19 billion \$ in 2017 (2010 forecast). Finally, according to IFR - World Robotics 2009, service robotics is expected to move from a 13.5 billion \$ in 2009 to 24.3 billion \$ market for the periode 2009-2012 and 100 billion \$ in 2020. In Europe, the service robotics market is estimated at 5 billion \$ (source IFR), or 33 % of the market. Germany is the leader with 51 % of the market, followed by Italy with 22 % and France with 12 %, 600 millions \$ (source Syrobbio, French union of the robotics of service). All these figures lead to the same conclusion: this market is booming and will be one of the drivers of the economy in the next years.

Aspect matériel

Choisir et dimensionner:

- ▶ la structure mécanique du système,
- ▶ sa motorisation (en lien avec la structure mécanique dédiée à la locomotion),
- ▶ son alimentation (autonomie, puissance, etc ...)
- ▶ système de perception (informations à récupérer et capteurs),
- ▶ architecture informatique (hardware/software) en tenant compte : système de commande, capteurs, actionneurs, système de communication, spécificités propres liées au système embarqué (temps réel, sûreté logicielle, etc, ...)

Perception = capteurs

Deux type de capteurs :

- **capteurs proprioceptifs** : capteurs renseignant sur l'état du robot. Par exemple les capteurs de position ou de vitesse des roues et les capteurs de charge de la batterie.
- **capteur extéroceptifs** : Les capteurs renseignant sur l'état de l'environnement, donc de ce qui est extérieur au robot lui-même.

Sensors list

Mesure de la rotation des roues

- ▶ génératrice tachymétrique,
- ▶ codeurs optiques,
- ▶ autres capteurs divers moins courant tels que potentiomètres, capteurs inductifs, capacitifs, magnétiques)

Sensors list

Mesure de la position

le GPS (Global Positioning System), calcul de la position est basé sur une triangulation, à l'aide de quatre signaux reçus simultanément (le quatrième signal assure la robustesse de la mesure).

Positionnement Absolu

Odométrie

Méthode de triangularisation en utilisant

- ▶ Balises actives : elles envoient des messages (Radio fréquence),
- ▶ GPS : maintenant on peut atteindre le centimètre (récepteur 100 à 200 euros et Antenne principale de référence 10 KE) pb bruit
- ▶ etc..

Sensors list

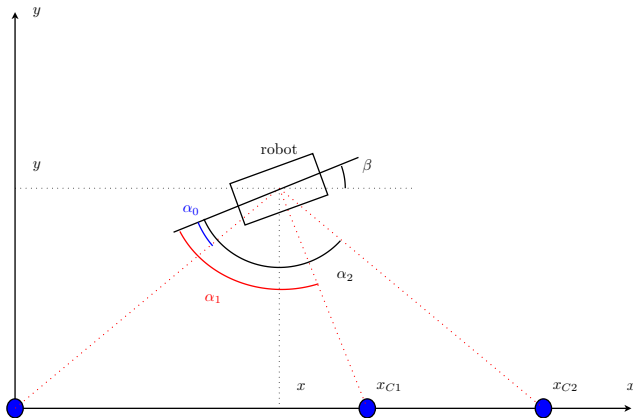
C'est quoi la triangulation ?

On considère que l'on a accès immédiatement aux différentes mesures d'angles et on souhaite retrouver la position du robot (x, y, β) . Pour cela, les calculs qui suivent sont basés sur la relation trigonométrique suivante

$$\tan(a + b) = \frac{\tan(a) + \tan(b)}{1 - \tan(a) \tan(b)}$$

Sensors list

C'est quoi la triangulation ? Cas particulier



Première configuration

Sensors list

C'est quoi la triangulation ? Cas particulier

$$\frac{y}{x} = \tan(\beta + \alpha_0) = \frac{\tan(\beta) + \tan(\alpha_0)}{1 - \tan(\beta) \tan(\alpha_0)} \quad (1)$$

$$\frac{y}{x - x_{c1}} = \tan(\beta + \alpha_1) = \frac{\tan(\beta) + \tan(\alpha_1)}{1 - \tan(\beta) \tan(\alpha_1)} \quad (2)$$

$$\frac{y}{x - x_{c2}} = \tan(\beta + \alpha_2) = \frac{\tan(\beta) + \tan(\alpha_2)}{1 - \tan(\beta) \tan(\alpha_2)} \quad (3)$$

Sensors list

C'est quoi la triangulation ? Cas particulier

$$\begin{aligned} z &= \tan(\beta), a_0 = \tan(\alpha_0), \\ a_1 &= \tan(\alpha_1), a_2 = \tan(\alpha_2), \\ \frac{y}{x} &= \frac{z + a_0}{1 - za_0} \\ \frac{y}{x - x_{c1}} &= \frac{z + a_1}{1 - za_1} \\ \frac{y}{x - x_{c2}} &= \frac{z + a_2}{1 - za_2} \end{aligned}$$

C'est quoi la triangulation ? Cas particulier

$$\frac{y}{x} = \frac{z + a_0}{1 - za_0} \quad (4)$$

$$\frac{x}{x - x_{c1}} = \frac{1 - za_0}{1 - za_1} \frac{z + a_1}{z + a_0} \quad (5)$$

$$x \left(1 - \frac{1 - za_0}{1 - za_1} \frac{z + a_1}{z + a_0} \right) = -x_{c1} \frac{1 - za_0}{1 - za_1} \frac{z + a_1}{z + a_0} \quad (6)$$

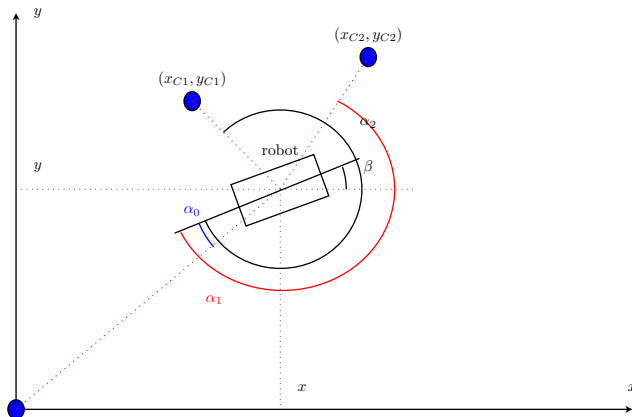
C'est quoi la triangulation ? Cas particulier

après calcul on obtient

$$\begin{aligned}z &= -\frac{(x_{c2}a_2a_0 - x_{c1}a_1a_0 - x_{c2}a_1a_2 + x_{c1}a_1a_2)}{(-x_{c1}a_0 + x_{c2}a_0 - x_{c2}a_1 + x_{c1}a_2)} \\x &= -x_{c1} \frac{(1 - za_0)(z + a_1)}{((1 - za_1)(z + a_0) - (1 - za_0)(z + a_1))} \\&= -x_{c1} \frac{(1 - za_0)(z + a_1)}{(z^2 + 1)(a_0 - a_1)} \\y &= -x_{c1} \frac{(z + a_1)(z + a_0)}{(z^2 + 1)(a_0 - a_1)}\end{aligned}$$

Sensors list

C'est quoi la triangulation ? Configuration générale



Configuration générale

Sensors list

C'est quoi la triangulation ? Configuration générale

Avec trois cibles de coordonnées (x_{ci}, y_{ci}) pour $i = 0, 1, 2$, nous pouvons en déduire les relations suivantes

$$\frac{y - y_{c0}}{x - x_{c0}} = \tan(\beta + \alpha_0) = \frac{\tan(\beta) + \tan(\alpha_0)}{1 - \tan(\beta) \tan(\alpha_0)} \quad (7)$$

$$\frac{y - y_{c1}}{x - x_{c1}} = \tan(\beta + \alpha_1) = \frac{\tan(\beta) + \tan(\alpha_1)}{1 - \tan(\beta) \tan(\alpha_1)} \quad (8)$$

$$\frac{y - y_{c2}}{x - x_{c2}} = \tan(\beta + \alpha_2) = \frac{\tan(\beta) + \tan(\alpha_2)}{1 - \tan(\beta) \tan(\alpha_2)} \quad (9)$$

C'est quoi la triangulation ? Configuration générale

$$\begin{aligned} z &= \tan(\beta), a_0 = \tan(\alpha_0), \\ a_1 &= \tan(\alpha_1), a_2 = \tan(\alpha_2), \\ \frac{y - y_{c0}}{x - x_{c0}} &= \frac{z + a_0}{1 - za_0} \\ \frac{y - y_{c1}}{x - x_{c1}} &= \frac{z + a_1}{1 - za_1} \\ \frac{y - y_{c2}}{x - x_{c2}} &= \frac{z + a_2}{1 - za_2} \end{aligned}$$

C'est quoi la triangulation ? Configuration générale

$$\frac{y}{x} = \frac{z + a_0}{1 - za_0} \quad (10)$$

$$\frac{x}{x - x_{c1}} = \frac{1 - za_0}{1 - za_1} \frac{z + a_1}{z + a_0} \quad (11)$$

$$x \left(1 - \frac{1 - za_0}{1 - za_1} \frac{z + a_1}{z + a_0} \right) = -x_{c1} \frac{1 - za_0}{1 - za_1} \frac{z + a_1}{z + a_0} \quad (12)$$

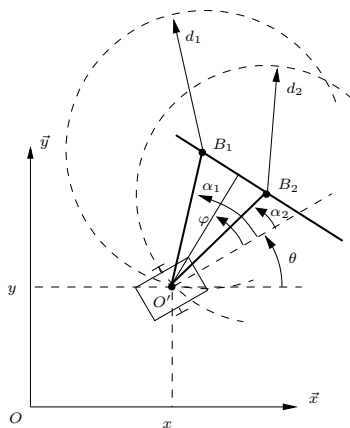
C'est quoi la triangulation ? Configuration générale

après calcul on obtient

$$\begin{aligned}z &= -\frac{(x_{c2}a_2a_0 - x_{c1}a_1a_0 - x_{c2}a_1a_2 + x_{c1}a_1a_2)}{(-x_{c1}a_0 + x_{c2}a_0 - x_{c2}a_1 + x_{c1}a_2)} \\x &= -x_{c1} \frac{(1 - za_0)(z + a_1)}{((1 - za_1)(z + a_0) - (1 - za_0)(z + a_1))} \\&= -x_{c1} \frac{(1 - za_0)(z + a_1)}{(z^2 + 1)(a_0 - a_1)} \\y &= -x_{c1} \frac{(z + a_1)(z + a_0)}{(z^2 + 1)(a_0 - a_1)}\end{aligned}$$

Sensors list

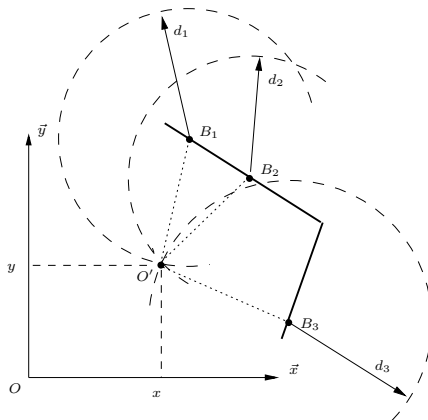
C'est quoi la triangulation ? Variantes



Configuration 2 balises : angles + distances

Sensors list

C'est quoi la triangulation ? Variantes



Configuration 3 balises : distances

Sensors list

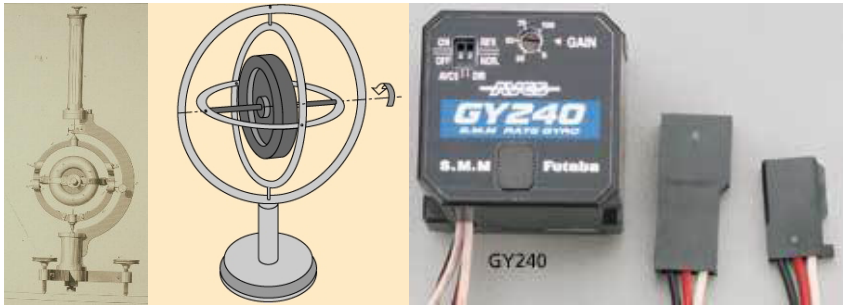
Mesure de l'orientation

Gyromètre: L. Foucault pour mettre en évidence le mouvement de rotation de la Terre, repose sur le principe suivant : “lorsqu’un corps, qui n’est soumis à aucune force extérieure, est animé d’un mouvement de rotation autour d’un de ses axes principaux d’inertie, cet axe doit rester parallèle à lui même si l’on vient à déplacer le corps d’une manière quelconque, tout en laissant l’axe libre de prendre toutes les directions”

Sensors list

Mesure de l'orientation

Gyromètre mécanique



Gyroscope mécanique de Foucault et gyromètre Futaba à structure vibrante

Sensors list

Mesure de l'orientation

👉 Gyromètres optiques exploitent le fait que la vitesse de la lumière reste inchangée dans tout référentiel. Deux faisceaux lasers sont émis depuis une même source, pour parcourir des chemins identiques, l'un dans le sens des aiguilles d'une montre, l'autre en sens opposé. Lors de la mise en rotation du gyromètre il existe une différence de marche des deux rayons et des interférences apparaissent. On peut alors déduire la vitesse de rotation du système de cette mesure.

Sensors list

vision, déplacement odomètre capteur laser ... (à compléter)

Actuators list

Mainly DC or AC motors + or hydraulic systems

Table of Contents

What is a Robot ?

Robot: for what ?

Robot: what else ?

Sensors

Actuators

Hardware/Software architecture

Course outlines and objectives

- ☞ Système de commande à deux niveaux: une couche décisionnelle, qui a en charge la planification de tâche et la gestion (séquentielle, temporelle) des évènements et une couche fonctionnelle : génération en temps réel des commandes des actionneurs.

