

La robotique d'assistance

Cours M2 ISHM

1

PLAN

- ♦ Introduction robotique
- ♦ Aide à l'autonomie
 - base mobile téléopérée
 - robot compagnon
 - aide au déplacement des non voyants
- ♦ Aide à la mobilité
 - déambulateur intelligent
 - fauteuil intelligent
 - exemple du projet VAHM

2

Introduction robotique

Étymologiquement robot vient du tchèque « robota » qui signifie corvée (en russe пабoтa=travail)

" Robot" a été créé en 1921 dans une pièce de théâtre du tchèque Karel Capek intitulée R.U.R. : Rossum's Universal Robots (science fiction).

Un robot: assemblage de pièces mécaniques et électroniques, piloté par programme.

Les robots mobiles autonomes sont munis d'une source d'énergie embarquée (batteries)

3

Structure d'un robot

Un robot est capable d'extraire de l'information à partir de son environnement et d'utiliser ses connaissances pour décider comment agir.

Capteurs (sensation)

Effecteurs (action)

Architecture de contrôle : adaptation du comportement en fonction de l'environnement.

4

Différents types de robots

Robots humanoïdes



Asimo (Honda)
1,3m marche



Nao (Aldebaran)
0,58 m danse



robot ouvrier (HRP)
1,5m travaux

5

Différents types de robots

Robots manipulateurs



robot industriel
(construction automobile)



robot chirurgical
(précision distance)

6

Différents types de robots

Robots mobiles



Robot agricole



Rackham : robot guide de musée

7

Robot autonome

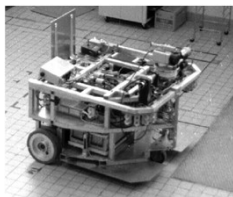
Un robot autonome s'inscrit physiquement dans le monde réel

Il perçoit le monde à travers ses capteurs et agit sur celui-ci via ses effecteurs (boucle perception-action)

Il doit assurer sa pérennité par rapport à un but donné (autonomie énergétique, réalisation d'une tâche comportementale donnée, etc.)

8

Plates-formes différentielles



Hilare, LAAS-CNRS, 1977
2 moteurs DC avec codeurs
odométrie, 16 capteurs US,
un télémètre laser
80 cm, 80 cm, 60 cm
400 kg



Pioneer P3-DX 2004 (Active Média)
2 moteurs DC avec codeurs odométrie,
8 capteurs US
Option bumper, télémètre laser, gyroscope
44 cm, 38cm, 22 cm
9 kg

9

Plate-forme différentielle

deux roues commandées indépendamment

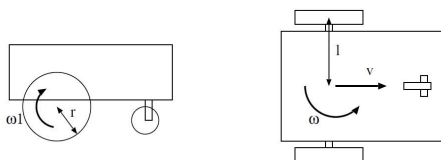
une ou plusieurs roues folles à l'avant ou à l'arrière pour assurer sa stabilité

plate-forme commandée en spécifiant les vitesses de chacune des deux roues,

possibilité pour le robot de tourner sur place.

10

Calcul de la vitesse odométrique



Les vitesses linéaires v et angulaire ω du robot sont données par:

$$v = \frac{\omega_1 r + \omega_2 r}{2}$$

$$\omega = \frac{\omega_1 r - \omega_2 r}{2l}$$

11

Différents types de capteurs

On distingue trois types de capteurs

+ les capteurs **proprioceptifs** qui mesurent l'état du robot

+ les capteurs **extéroceptifs** qui donnent une perception de l'environnement extérieur

+ on rencontre aussi les **capteurs de contact** (bumper).

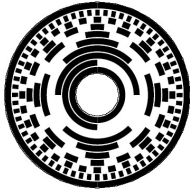


Capteur de Contact VEX

12

Capteurs proprioceptifs

Les codeurs incrémentaux constituent les capteurs proprioceptifs les plus répandus on rencontre aussi les gyromètres et les magnétomètres



Odométrie
disque d'un codeur absolu
(code de gray sur 8 bits)



gyroscope



magnétométrie

13

Capteurs extéroceptifs

- ♦ capteurs actifs: ils envoient une onde qui est réfléchiée par l'environnement au capteur (Emetteur/ Récepteur).

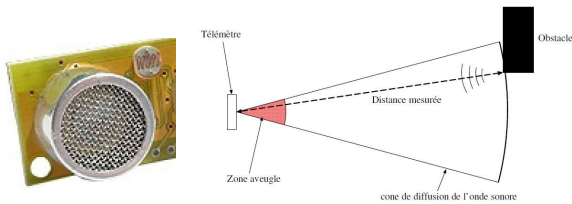
télémètres à ultrasons, à infrarouge ou laser...

- ♦ capteurs passifs: ils reçoivent les signaux émis par les autres sources de l'environnement.

caméras

14

Télémètre à ultrasons

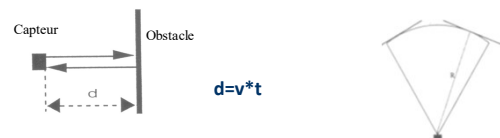


Émission de l'onde ultrasonore et mesure du temps de vol jusqu'à perception de l'onde réfléchiée par l'obstacle

Détermination de la distance capteur obstacle

15

Télémètre à ultrasons

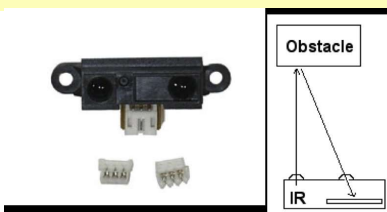


Problèmes:

- ♦ Direction de la mesure inconnue
- ♦ Crosstalk (un capteur reçoit l'onde émise par un autre)
- ♦ Réflexion spéculaire (l'onde est réfléchiée plusieurs fois avant de revenir sur le capteur)

16

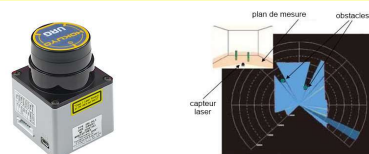
Télémètre à infrarouges



- ♦ cône de détection beaucoup plus restreint
- ♦ portée plus restreinte aussi
- ♦ grande sensibilité aux sources de lumières qui contiennent un fort rayonnement infrarouge

17

Télémètre lasers



Télémètre laser à balayage

exemple de mesures obtenues

- ♦ les plus utilisés actuellement (baisse du coût)
- ♦ un faisceau laser en rotation mesure la distance aux objets présent dans ce plan
- ♦ bonne résolution angulaire
- ♦ précises, distances jusqu'à + de 10m

18

Télémètre lasers

- ♦ très utilisés en environnement intérieur
- ♦ fournissent des données précises sur la position d'objets caractéristiques de l'environnement

Faiblesses

- ♦ Leur zone de perception est limitée à un plan
- ♦ Ne détectent pas les objets ne réfléchissant pas la lumière laser (vitre, plastique sombre..)

19

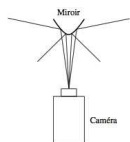
Caméra



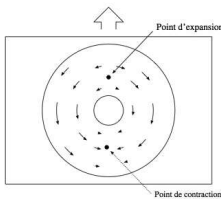
- ♦ peut être utilisée pour détecter des amers visuels
- ♦ Amers ponctuels indication de direction mais pas de distance
- ♦ L'image entière peut être comparée à un ensemble d'images perçues de positions connues du robot

20

Caméra panoramique

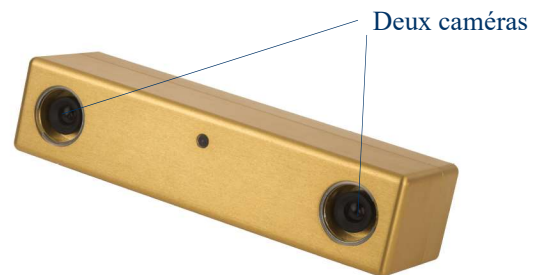


caméra
+ miroir de révolution
Vision sur 360°



21

Caméra stéréoscopique

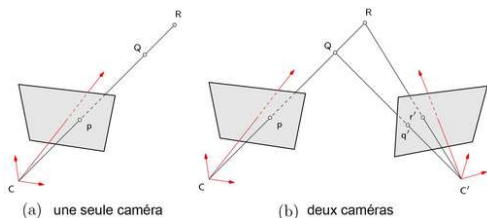


Deux caméras

Comme pour la vision humaine vision stéréoscopique restitue l'information de distance

22

Caméra stéréoscopique



Nécessité de mise en correspondance des points issus de l'image gauche et de l'image droite

23

La localisation

Multiplication des capteurs pour remédier à leurs faiblesses

Recoupement cohérent d'informations de natures différentes

24

Position odométrique

À partir des vitesses linéaires v et angulaire ω du robot (déterminées par l'odométrie)

La position $(x(k+1), y(k+1))$ et l'orientation $\theta(k+1)$ sont calculées à partir de leurs valeurs antérieures

$$Dc = \int v dt \quad \Delta\theta = \int \omega dt$$

$$x(k+1) = x(k) + Dc(k+1) \cos(\theta(k) + \Delta\theta(k+1)/2)$$

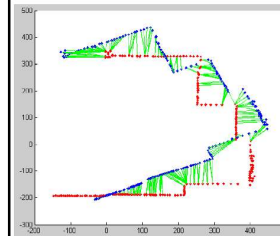
$$y(k+1) = y(k) + Dc(k+1) \sin(\theta(k) + \Delta\theta(k+1)/2)$$

$$\theta(k+1) = \theta(k) + \Delta\theta(k+1)$$

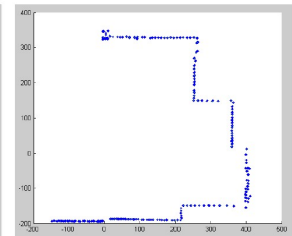
25

Recalage

Calage de mesures télémétriques sur l'environnement connu



Mesures télémétriques
autour de la position odométrique



Mesures télémétriques
autour de la position recalée

26

Localisation

Recalage de mesures télémétriques

Par moyennes pondérées

Par filtrage de Kalman

Par filtrage de Kalman étendu

Méthode par mise en correspondance de grille d'occupation

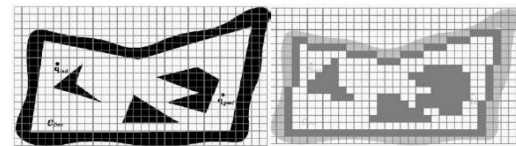
Méthodes ensemblistes

SLAM (sequential localization and mapping)

27

Localisation

Méthode par mise en correspondance de grille d'occupation



position du robot : lieu de meilleure correspondance entre la grille de mesure et la grille du modèle

28

Localisation

Les grilles d'occupation sont aussi utilisées pour le SLAM (sequential localization and mapping)

Un ensemble constitué du modèle de l'environnement et de la position du robot est mis à jour itérativement pour chaque nouvelle mesure.

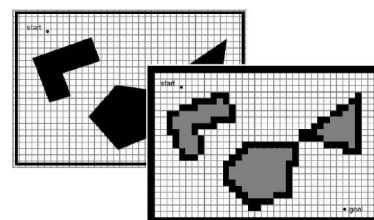
On rencontre aussi les Méthodes ensemblistes où chaque valeur d'une mesure capteur donne un ensemble de position possible du robot,

La position réelle est donnée par l'intersection des ensembles définis pour chaque capteur

29

Navigation

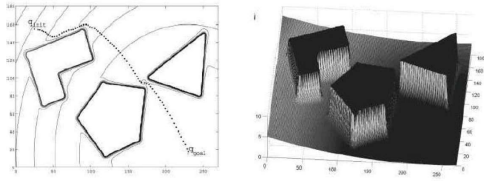
Méthode du potentiel



Décomposition approchée de l'espace libre

30

Méthode du potentiel

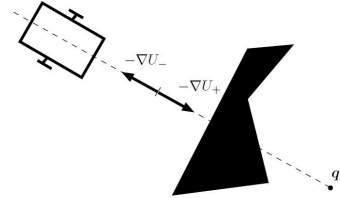


Combinaison de potentiels attractifs et répulsifs,
d'après [Latombe 04]
Génération de la trajectoire de q_{init} à q_{goal}

31

Méthode du potentiel

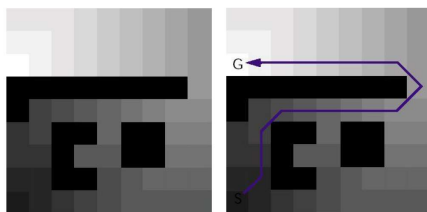
Situation de blocage



Minimum local :
attraction point but = répulsion obstacle

32

Méthode du potentiel

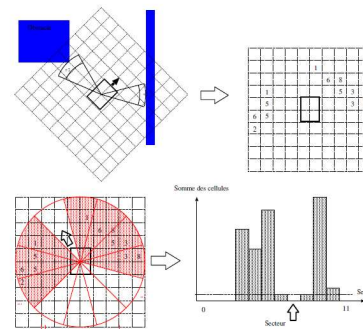


Carte discrète de potentiels et descente de gradient

33

Navigation réactive

Méthode de l'histogramme de champ de vecteur



34

Navigation

Asservissement visuel



Image Courante

Image But

écart entre croix rouges et vertes → commande
Définir
Type de mesures dans l'image courante
Mode de commande

35