

# Navigation des véhicules autonomes - Imagerie

*Principes et traitements de base*

*Jean-Philippe BRUNET*

# Retour sur la robotique générale

- En gros un robot est perçu comme un appareil automatique a cycle programmable
- Le robot peut interagir avec son environnement, cette interaction se fait au moyen de senseurs
- Certains robots exécutent un programme qui ne prend pas en compte cet environnement ce qui ne va pas les empêcher d'interagir, par exemple un robot de soudure, un bras manipulateur etc...
- D'autre robots plus « intelligents » vont etre capables de PERCEVOIR leur environnement, de le faire coller a un modèle interne et d'interagir avec lui

# L'imagerie est un outil privilégié de perception de l'environnement

On entend par imagerie un moyen de fournir au robot une **suite** de données dans un espace muni d'un repère permettant de les caractériser.

Une image est la projection dans un repère de dimension égale ou inférieure à la dimension du mode dans lequel évolue le robot de mesures effectuées par un ou plusieurs senseurs physiques

# Une image est le plus souvent numérisée pour son traitement

- Elle va être décomposée en éléments spatiaux (pixels, voxels) et temporels (trames)
- Elle est donc soumise au théorème d'échantillonnage
  - Souvent attribué à Shannon ou Laplace
  - l'**échantillonnage** d'un signal sans perte d'information nécessite un nombre d'échantillons supérieur au double de l'écart entre les fréquences minimales et maximales qu'il contient. (bande passante)
- La théorie de l'échantillonnage est en fait plus complexe que cela car la base de décomposition conduisant à la notion de fréquence n'est pas nécessairement une échelle linéaire

# « Le plus souvent numérisée »

- Un robot peut faire un traitement analogique, par exemple
  - cellule 4 quadrants (lecteur DVD, missile...)
  - radar différentiel dit monopulse (système d'évitement, intercepteur....)
  - Rail ou fil de guidage agissant par un levier sur un mécanisme directionnel
  - Pilote automatique basé sur une girouette
  - Pilote automatique gyroscopique
  - Etc...
- Même si on tend à tout échantillonner de nos jours, il reste possible pour certaines applications de travailler directement sur un signal analogique

# Exemples de données fournies par un capteur d'imagerie

- Photo => projection d'un environnement 3D dans un environnement 2D cartésien
- Vidéo => projection d'un environnement 4D ( $x_0, y_0, z_0, t_0$ ) dans un environnement cartésien 3D ( $x_1, y_1, t$ )
- Caméra ligne => image linéaire 1D
- Image radar (similaire a une photo en repère polaire)
- Image doppler (repère polaire vitesse-amplitude)
- Image LIDAR: nuage de points 2D ou 3D
- Image FIR (Far InfraRed) Image ou les pixels représentent la température du point visé
- .../...

# Imagerie et vision

- L'imagerie c'est acquérir une image ou une succession d'images (vidéo) à l'aide d'un capteur sous une forme analysable par un système de traitement
- La vision consiste par analyse de l'image ou des images acquises à extraire des informations pertinentes pour la compréhension de l'environnement du robot ou pour sa mission
- La vision aide un robot à s'adapter aux variations de son environnement
- En particulier la vision contribue à la navigation des robots mobiles

# Quelques usages de la vision

- Repérer quelque chose par rapport au robot
  - Objet      zone de l'espace discernable de la moyenne de l'environnement.
  - Obstacle: évitement => l'obstacle ne manœuvre pas pour nuire au robot
  - Menace...      évitement => La menace effectue un **jeu différentiel** avec le robot
- Permettre au robot de déterminer sa position
  - Amers
  - SLAM (Simultaneous Localisation and mapping)
- Se recalibrer par rapport à un objet à saisir
- Gérer son approche de quelque chose (aspirateur robot vers sa base)
- ..



# Traitements de base

- Qualification globale de l'image
  - Luminosité
  - Contraste
  - piqué
- Détection d'objets dans une image
  - Statique « boxing »: trouve des zones d'intérêt dans une image et les délimite dans des « boîtes »
  - Traitement périphérique (objets entrants et sortants, surveillance périmétrique)
  - Extraction statique ou dynamique des caractéristiques de ces objets
    - Statique: couleur, forme, analyse de l'ombre
    - Dynamique: trajectoire , évolution de l'attitude
- Classification
  - A partir des caractéristiques extraites, classifier l'objet dans une catégorie .

# Traitements de base

- Permettent de qualifier globalement l'image
- Permettent d'agir sur le capteur pour optimiser la prise de données
  - Ajustement des paramètres optiques (ouverture, focale zoom)
  - Ajustement des paramètres spatiaux (orientation, poursuite)
  - Ajustement de l'émission pour les capteurs actifs (Éclairage, émission radar, puissance lidar adaptative)
- Permettent d'interagir avec le robot
  - Tortue de Wiener
  - Évitements réflexes...

# Détection d'objets dans une image

- Prépare l'étape de classification
- Extraction des objets d'intérêt à classer
- Détermination des objets dans la zone d'action du robot fixe ou mobile
- Détermination de la trajectoire des objets
- Détermination de la dynamique des objets
- Evaluation du risque (notion de trajectoire de collision par exemple)

# Classification

- Elle est du ressort de l'IA
- Permet l'interaction sélective , par exemple: tri postal, calibration de production agricole (fruits) dimensionnelle ou qualitative (œuf, œuf cassé)
- Permet la gestion comportementale (« behaviour ») par exemple piéton, voiture, camion, vélo, feu rouge, panneau de signalisation panneau directionnel

# Quel est le montage du senseur

A quel point fixe par rapport a quel repère le dispositif d'imagerie est il relatif ?

# Par rapport a l'environnement

- Le capteur est physiquement ou virtuellement extérieur au robot
- Cela suppose un repérage du robot et de la cible d'intérêt dans son environnement
- Puis un calcul de coordonnées relatives pouvant être complexe ou non résolu pour revenir dans le repère du robot
- Solution de luxe : multiplier les caméras, plateforme de localisation

# Par rapport au robot

- Pas besoin de repérer le robot : position fixe par rapport a lui
- On dispose par un calcul de changement de repère d'une partie des coordonnées relatives de la cible
- Exemple: caméra de navigation, radar d'évitement

# Par rapport a un organe mobile du robot

- Nécessite une proprioception (perception fine de la position de la caméra) et un modèle du robot
- Calcul de coordonnées relatives pouvant être complexe (changements de repères en général hautement non linéaires)



Quelles images

# Caméras optiques

- Noir et blanc
- Couleur
- Far Infrared (FIR)
- Stéréoscopiques
- Time of flight (TOF)
- ...

# Caméras non optiques

- Ondes sonores
  - Caméras acoustiques
  - Sonar multifaisceau
  - Sonar a balayage lateral
  - Sonar a Synthese d'ouverture
  - ...
- Ondes électromagnétiques
  - Caméras en ondes centimétriques (bande KU)
  - Radar
  - Radar doppler
  - Radar a synthese d'ouverture (SAR)
  - ...

# Traitements associés aux caméras

- Repérage des objets
  - Par intelligence artificielle
  - Par extraction de contour
  - Par point de vue différentiel
- mouvement de la caméra ou de l'objet
  - Passage du repère de la caméra a un repère lié au robot
  - Passage du repère du robot a un repere absolu (si robot mobile)
  - Construction d'une cartographie
  - Positionnement du robot
  - Trajectographie
  - Evaluation de la dynamique de l'objet

# Influence de l'objectif

- Sténopé => système linéaire
- Lentille => Système le plus souvent non linéaire => Calibration
- Ajout d'un faisceau de parallaxe => géométrie du problème, point segment, surface, réglage...