Localization and Positioning using Combinations of Model Views

Ehud Rivlin, Ronen Basri

September 1992

Vincent Caron

Imagerie et Reconstruction Tridimensionnelle

9 février 2000

Présentation

Problème de la localisation et du positionnement appliqué à un robot autonome.

- capteur passif, type caméra
- robot à 3 degrés de liberté
- représentation synthétique (2D) de l'environnement
- deux problématiques :
  - localisation et positionnement absolus
  - repositionnement / recalage

Plan de l'exposé

1. Etude du problème
2. La méthode
   (a) Localisation
   (b) Positionnement
   (c) Repositionnement
3. La distortion de la perspective
4. Estimation de l'erreur commise
5. Restrictions pratiques
6. Résultats

1. Etude du problème (1/5)

La problématique

- La localisation
  - reconnaissance de scènes
  - l'environnement peut se modifier
    - déplacement/ajout/retrait d'objets
    - conditions d'éclairage
  - nécessaire et préliminaire au positionnement
- Le positionnement
  - implique que la localisation soit indépendante du point de vue
  - est toujours limité en précision

1. Etude du problème (2/5)

Les représentations métriques

Les scènes sont représentées par un ensemble de distances entre l'observateur et des frontières choisies.

- Technique de *Mataric* [MAT90]
  - utilisation du sonar et de la boussole
  - extraction de point de repères (murs, fenêtres...)
- Technique de *Sarachik* [SAR89]
  - stéréo-vision (4 caméras)
  - mesure des dimensions de la pièce (de son plafond)

Modèles économiques, mais souvent ambigus.

1. Etude du problème (3/5)

Une approche volumique

Proposée par Braunegg [BRA90] : le système **MARVEL**.

- couverture stéréoscopique à 360
- détection des objets, binarisation
- projection (2D) sur le sol

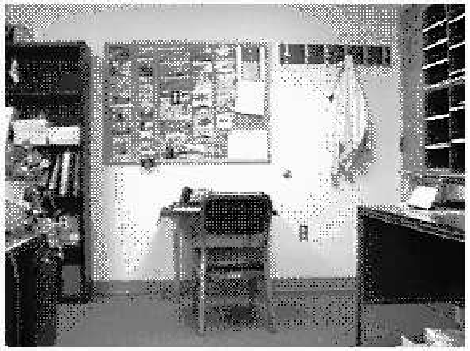
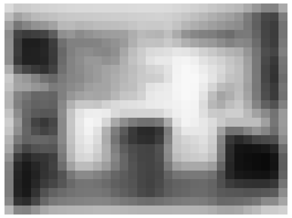
La projection 2D provoque une perte importante d'information, et le procédé d'acquisition est complexe.

1. Etude du problème (4/5)

Signatures ou invariants

Proposée par Engelson *et al.* [ENG91].

- signature : une image lissée de basse résolution
- modélisation d'une scène : ensemble de signatures

1. Etude du problème (5/5)

Modèle tridimensionnel

Proposée par Onoguchi *et al.* [OWK90], centrée sur le suivi de chemin.

- repères spéciaux choisis manuellement
- exploitation de la continuité du mouvement : un seul repère peut suffire à la localisation et au positionnement

2. La méthode (1/7)

Présentation de la méthode

- Représentation d'une scène
  - plusieurs vues
  - extraction d'arêtes caractéristiques sur chaque vue
  - on obtient des coordonnées (2D) de points
- Méthode de la *combinaison linéaire*
  - "localiser" = trouver une combinaison linéaire de vues existantes
  - "positionner" = exploiter les coefficients de la combinaison linéaire
  - condition principale : faible distortion de perspective

2. La méthode (2/7)

La localisation (1)

Méthode de l'*alignement*, utilisée en reconnaissance d'objets.

Soit P l'image 2D de la scène, M_i le modèle correspondant :

$$P = \sum_{j=1}^{n} \alpha_j M_j^i$$

- localiser : trouver i
- positionner : trouver les $\alpha_{\{1..n\}}$
- M_i : vecteur à $2n$ dimensions (n points)

La localisation (2)

Hypothèse de la projection en 'perspective faible' : soient les coordonnées (x_i, y_i, z_i) de P_i et sa projection (x'_i, y'_i)

$$x'_i = sr_{11}x_i + sr_{12}y_i + sr_{13}z_i + t_x$$

$$y'_i = sr_{21}x_i + sr_{22}y_i + sr_{23}z_i + t_y$$

En regroupant les points en deux vecteurs X et Y de dimension n :

$$X' = sr_{11}X + sr_{12}Y + sr_{13}Z + t_x 1$$

$$Y' = sr_{21}X + sr_{22}Y + sr_{23}Z + t_y 1$$

2. La méthode (4/7)

La localisation (3)

L'ensemble des points représentables est généré par 4 vecteurs de dimension n :

$$X', Y' \in span\{X, Y, Z, 1\}$$

- 2 images suffisent à fournir ces 4 vecteurs
- méthode proposée par *Poggio* [90]

Hypothèse des solides indéformables : R est une matrice de rotation :

$$r_{11}^2 + r_{12}^2 + r_{13}^2 - r_{21}^2 - r_{22}^2 - r_{23}^2 = 0$$

2. La méthode (5/7)

Le positionnement (1)

La transformation entre P_1 et P_2 doit être connue :

$$P_1 \to P_2 : R, t, s$$

Un point de P peut alors s'exprimer en fonction de (P_1, P_2) :

$$x' = a_1x_1 + a_2y_1 + a_3x_2 + a4$$

$$y' = b_1x_1 + b_2y_1 + b_3x_2 + b4$$

On substitue à l'aide de (R, t, s) :

$$x' = a_1x_1 + a_2y_1 + a_3(sr_{11}x1 + sr_{12}y1 + sr_{12}z1 + t_x) + a4$$

$$y' = b_1x_1 + b_2y_1 + b_3(sr_{11}x1 + sr_{12}y1 + sr_{12}z1 + t_x) + b4$$

2. La méthode (6/7)

Le positionnement (2)

On en déduit la transformation entre P_1 et P' :

$P_1 \rightarrow P' : U, t_n, s_n$

$$s_n^2 = (a_1 + a_3 s r_{11})^2 + (a_2 + a_3 s r_{12})^2 + (a_3 s r_{13})^2$$

$$\delta x = a_3 t_x + a_4$$

$$\delta y = b_3 t_y + b_4$$

$$\delta z = f(\frac{1}{s^n} - \frac{1}{s})$$

(on exprime de même les coefficients de U ...)

2. La méthode (7/7)

Le repositionnement

- On évite le calcul des positions
- Méthode itérative de recalage
  - 1^{ere} étape : recentrage (U, t_n)
  - 2^{eme} étape : recul (s_n)
- les seules positions accessibles sont celles des vues de la scène
- adapté à un système bouclé d'automate

3. La distortion de la perspective (1/2)

La distortion de la perspective

Sachant que la projection d'un point (X, Y, Z) s'écrit :

$$(x, y) = (f\frac{X}{Z}, f\frac{Y}{Z})$$

On se propose d'approximer la fonction en $\frac{1}{Z}$ par sa série de Taylor.

$$x = f\frac{X}{Z} = f\frac{X}{Z_0}\left[1 + \sum_{k=1}^{\infty}\frac{(-1)^k}{(k-1)!}\left(\frac{Z - Z_0}{Z_0}\right)^k\right]$$

3. La distortion de la perspective (2/2)

Méthode de correction

On utilise une méthode itérative pour diminuer l'écart entre la position réelle et la position estimée.

$$\delta_k = f\,\frac{X}{Z_0}\,\frac{(-1)^k}{(k-1)!}\left(\frac{Z - Z_0}{Z_0}\right)^k$$

- A l'étape k, on évalue la contribution de δ_k
- on ré-évalue (U, t_n, s_n)

Estimation de l'erreur commise

L'erreur de premier degré se mesure simplement par

$$E = fX(\frac{1}{Z_0} - \frac{1}{Z})$$

On donne alors une tolérance ϵ :

x/ϵ	5	10	15	20
25	1.2	1.4	1.6	1.8
50	1.1	1.2	1.3	1.4
75	1.07	1.13	1.2	1.27
100	1.05	1.1	1.15	1.2

Estimation de l'erreur commise

- On minimise l'erreur dans les cas suivants :
  - distance moyenne des points suffisante (Z_{min})
  - choix des points près de l'axe optique
- On en déduit les principes suivants :
  - multiplier les vues d'une même scène
  - choisir l'axe optique perpendiculaire aux plans principaux

5. Restrictions pratiques

Restrictions pratiques

- historique du cheminement du robot
- robot classique : translation X-Z, rotation (Y)
- pré-calcul des corrections de distortion