

Système de stéréovision panoramique

R.Benosman, T.Maniere , J.Devars,

Laboratoire L.I.S
T66, coul 66-56, 2^{ème} étage
4 Place Jussieu, 75252 Paris, Cedex 05,
France,

Résumé :

Pour obtenir une reconstruction complète de son environnement un robot mobile a besoin d'une vision globale. La vision panoramique contrairement à la vision classique répond pleinement à ce problème. Ce papier présente un aperçu général des capteurs optiques utilisés à ce jour en vision panoramique ainsi que notre solution à ce problème. Nous présentons un nouveau système de stéréovision panoramique passive basée sur la rotation de deux barrettes CCD. L'objectif est de déterminer la géométrie des scènes observées en utilisant des techniques d'appariements qui utilisent les simplifications introduites par l'architecture du système pour appairer les primitives et cela en respectant une contrainte de temps réel.

Abstract :

Classical computer vision like human vision only allows to consider a narrow angle of the observed scenes. Panoramic vision answer this problem by allowing a full 360 vision. This paper presents a general overview of all the panoramic sensors used up to now. We will also present our new panoramic sensor based on the use of two linear CCD arrays of resolution 1024 pixels. The aim is to determine the geometric shape of indoor scenes using matching algorithms that use the simplifications introduced by the architecture of our system, and also respecting a real time constraint.

1. INTRODUCTION

Tandis que de nombreuses recherches ont été menées sur les robots mobiles comprenant des systèmes de vision qui leur permettent de naviguer dans des environnements connus ou inconnus, la plupart des robots ne voient que ce qui se présente devant eux et n'évitent ainsi que les obstacles le plus souvent statiques. Ils sont donc susceptibles d'entrer en collision avec des objets en mouvement qui viendraient par derrière ou des les cotés.

La solution à ce problème est donc l'utilisation de la vision panoramique. Plusieurs tentatives d'acquérir des images 360° ont été menées en utilisant des capteurs à ultrasons, des systèmes de lentilles sphériques, des miroirs coniques et plus récemment en utilisant des cameras tournantes.

Notre approche se différencie des précédentes en utilisant deux barrettes CCD de 1024 pixels alignées, en rotation autour d'un axe vertical. L'image est obtenue en concaténant chaque colonne image correspondant à une position angulaire. Ce système donne implicitement les lignes épipolaires. Un point de

la scène aura son image sur la même colonne dans le capteur haut et bas. Cette architecture permet une simplification importante du problème de l'appariement des primitives en réduisant un problème classiquement 2D à 1D.

Nous commencerons par donner un aperçu des systèmes de vision panoramique utilisés à ce jour en expliquant les avantages et le défauts de chacun. Puis nous expliciterons notre approche du problème et introduirons l'architecture considérée. Le paragraphe quatre présente brièvement les méthodes de calibrage et de corrélation de primitives. Finalement la partie cinq montre les résultats expérimentaux obtenus.

2. SYTEMES DE VISION PANORAMIQUE

De nombreuses techniques ont été utilisées pour obtenir des informations périphériques. La plus ancienne est celle utilisée par Moravec [Mor83] avec un robot mobile comportant un nombre important de capteurs ultrasoniques situés tout autour du robot. Cette approche a été suivie par de nombreux travaux qui analysent les données 3D récupérées en fusionnant

les informations des capteurs à ultrasons pour générer des cartes 3D de l'environnement [Elf87][Cro89][Lam90].

L'utilisation d'un télémètre laser par Miller et Wagner [Mil87] permet une précision bien supérieure à celle des méthodes acoustiques mais reste handicapée pour le temps de traitement. L'apparition des systèmes basés sur les caméras vient avec les travaux de Z.Cao [Cao86], S.Oh [Oh87] et plus tard J.Hong [Hon91] qui se servent de lentilles sphériques pour récupérer une image panoramique. L'inconvénient des miroirs sphériques réside essentiellement dans la résolution assez pauvre le long d'une direction radiale car l'angle de vue dans cette direction est trop large. Jarvis et Byrne [Jar88] utilisent un miroir conique disposé au dessus d'une camera CCD classique qui permet d'obtenir une information périphérique assez rapidement mais au prix de distorsions liées à la géométrie qui pénalisent les traitements ultérieurs. Cette idée a été reprise par S.Tsuji, S.Kawato et Y.Yagi qui dès 1990 réussirent à implémenter l'approche de Jarvis et Byrne en créant le système COPIS [Yag90]. Entre temps une autre approche de la vision panoramique apparaît avec les travaux de K.Sarachick [Sar89] sur la construction des cartes de l'environnement perçu par un robot mobile. H.Ishiguro [Ish90] met en pratique l'idée en obtenant deux images stéréoscopiques à partir d'un système à une camera. Néanmoins malgré son originalité cette méthode n'a pas fourni de résultats convenables pour une reconstruction fiable.

Récemment une idée originale qui repose sur l'utilisation des miroirs[Sou96], a permis de générer une paire d'images stéréoscopiques et panoramiques en se basant sur un miroir doublement sphérique, mais aucun traitement concret n'a été proposé.

3. ARCHITECTURE DU SYSTEME

Notre solution pour réaliser un capteur optique de symétrie axiale, consiste à mettre en rotation une barrette CCD, on obtient ainsi un capteur qui projette l'espace sur un cylindre. Notre idée est de concevoir un système qui soit à symétrie axiale, il nous faut donc positionner les deux capteurs l'un au dessus de l'autre avec le même axe de rotation. L'architecture proposée permet d'obtenir une transformation de perspective directe beaucoup plus simple que dans le cas classique, le problème se ramène à une géométrie plane. La simplification est telle que l'on peut ne plus passer par un symbolisme matriciel, mais exprimer directement sous forme d'équations cette transformation.

4. CALIBRAGE ET RECONSTRUCTION DE SCENES.

4.1. Calibrage Planaire:

La rotation étant directement donnée par le capteur une dimension est donc connue. Nous allons alors calculer les coordonnées 2D d'un point du repère monde à partir de son image 1D. Classiquement cette opération s'effectue du 3D au 2D. Notre approche simplifie considérablement les calculs, nos matrices sont 3x3 au lieu des classiques 4x4.

Le but du calibrage est d'exprimer les points objets dans le repère (O_c, X_c, Y_c) . Si (x_w, y_w) représentent les coordonnées d'un point objet P, (x_c, y_c) seront ses coordonnées dans le repère camera. Le segment image est parallèle à Y_c et se trouve à une distance f de l'origine où f représente la distance focale (voir figure.1).

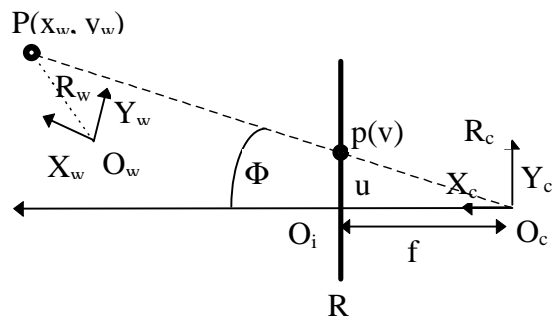


Figure.1 : Le modèle stenopé 2D.

La projection générale de R_w repère objet a R_i repère image s'exprime comme suit

$$\begin{bmatrix} su \\ s \\ 1 \end{bmatrix}_{R_n} = \begin{bmatrix} \frac{u_0 \cos \Phi - \alpha_u \sin \Phi}{\cos \Phi} & \frac{u_0 \sin \Phi + \alpha_u \cos \Phi}{\sin \Phi} & u_0 t_x + \alpha_u t_y \\ \frac{t_x}{\cos \Phi} & \frac{t_x}{\sin \Phi} & 1 \\ 0 & 0 & \frac{1}{t_x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{bmatrix}_{R_w}$$

4.2. Appariement des primitives:

Considérons chaque colonne d'intensité de niveaux de gris comme un vecteur de taille (1×1024) (voir figure.2), l'appariement se fera sur deux vecteurs (vecteur haut et vecteur bas). Le but est de trouver une correspondance entre les composantes des deux vecteurs.

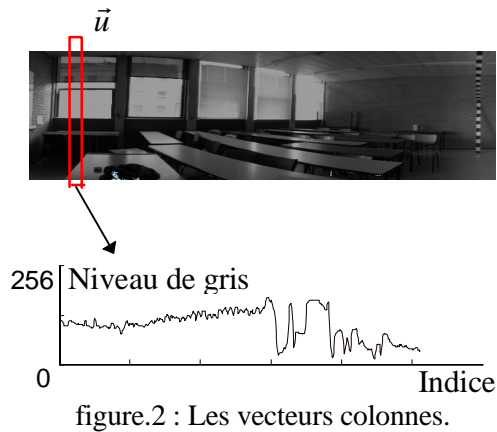


figure.2 : Les vecteurs colonnes.

Avant d'utiliser les vecteurs pour l'appariement ils sont lissés pour minimiser le bruit et éviter de mauvais appariements. Chaque vecteur est donc lissé en utilisant un filtre récuratif de Deriche avec pour valeur de lissage $\alpha=2$. L'extraction des contours est obtenue en appliquant la dérivée de l'image d'intensité pour retrouver la position des contours. Pour cela, et pour obtenir les deux composantes du gradient deux positions angulaires sont nécessaires.

L'appariement des deux vecteurs peut être fait en utilisant plusieurs algorithmes de corrélations. Néanmoins les meilleurs résultats ont été obtenus avec les méthodes de programmation dynamique de Bellman [Bel62]. La fonction de coût étant basée sur une corrélation de la radiométrie des points de contour. Nous forçons le parcours optimal à commencer au point $(1,1)$ pour atteindre le point $(1024,1024)$ aucun point ne peut être évité et aucun retour en arrière n'est autorisé.

Le résultat est exprimé par la figure.3.

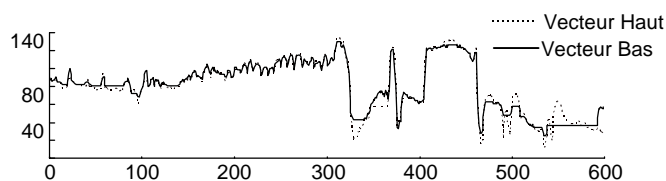


Figure.3 : Appariement des deux vecteurs colonnes en utilisant la programmation dynamique.

Une fois la correspondance entre les deux vecteurs établie, deux points sont considérés comme appariés s'ils vérifient une condition épipolaire et si tous les deux sont des points de contours. Cette étape permet d'éliminer les faux appariements.

5. RESULTATS EXPERIMENTAUX.

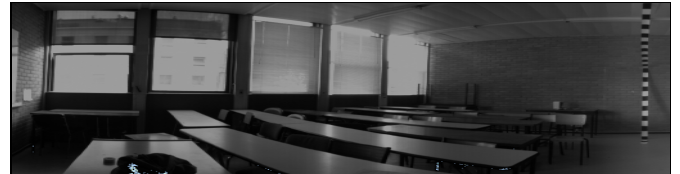


Figure.4 : Images panoramique haute et basse.

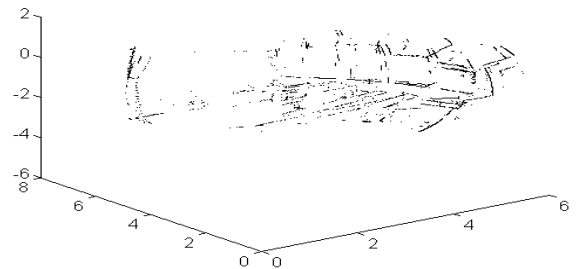


Figure.5 : Scène Reconstituée.

CONCLUSION

Les systèmes de vision panoramiques sont constitués d'un assemblage d'éléments standards. Ceci amène une économie certaine sur ces sous-ensembles, mais reporte la difficulté au niveau de l'algorithmique. Notre démarche est totalement opposée, car nous proposons un système de prise de vue dédié à la vision périphérique, conçu à partir d'une analyse des problèmes posés, qui réduit à leurs minima les contraintes algorithmiques de détection, de corrélation, et de triangulation.

BIBLIOGRAPHIE

- [Mor83] H.P.Moravec « The stanford Cart and the CMU Rover » *Proc..IEEE vol71.no.7,pp.872-884, 1983.*
- [Elf87] A.Elfes, « Sonar based real world mapping navigation », *IEEE, Jour Robotics Automat.,vol.RA-3,pp.249-265,1987.*
- [Cro89] J.L.Corwley, « World modeling and position estimation for a mobile robot using ultrasonic ranging », *in Proc. Inter conf Robotics and Automat,1989,pp.674-680.*
- [Lam90] J.F.G.Lamadrid and M.L.gini, « Path tracking through uncharted moving obstacles », *IEEE*

Trans, Syst, Man, Cybern, vol.20, no6, pp1408-1422, 1990.

[Mil87] G.L.Miller and E.R.Wagner, «An optical rangefinder for autonomous robot cart navigation » *in Proc, SPIE Mobile Robots II, 1987, vol.852, pp. 132-144.*

[Jar88] R.A.Jarvis and J.C.byrne, « An Automated guided vehicle with map building and path finding capabilities » *in Proc. 4th ISSR, 1988, pp497-504.*

[Ish90] H.Ishiguro, M.Yamamoto and S.Tsuji, « Omnidirectional stereo for making global map, » *in Proc.3rd ICCV, 1990.*

[Sar89] K.B.Sarachick, « Characterizing an indoor environment with mobile robot and uncalibrated stereo, » *in Proc.IEEE Int. Conf. Robotics Automat., 1989, pp.984-989.*

[Cao86] Z.L.Cao, S.J.oh and E.L.Hall, « Dynamic omnidirectional vision for mobile robots ,» *J.Robotics.Syst., vol.3, no.1, pp.5-17,1986.*

[Yag90] Y.Yagi and S.Kawato, « Panorama scene analysis with conic projection, » *in Proc. IEEE Int.Workshop Intelligent Robots & Syst., 1990 , pp.181-187.*

[Sou96] D.Southwell, A.basu, M.fiala, J.Reyda « Panoramic Stereo, » *Int Conf. Patt. Rec., Vienna, voll., p378-382, 1996.*

[Bel62] R.Bellman, « The theory of dynamic programming, » American Mathematical Society, 1962.

[Hon91] J.Hong, X.Tan, B.Pinette, R.Weiss, and E.M.Rieseman, « *Image-based homing* ,» *in Proc. Conf Robotics Automat., Apr.1991, pp 181-187.*