



LOCALISATION ET SUIVI AUTOMATIQUE D'OBJETS EN MOUVEMENT A L'AIDE DE CONTOURS ACTIFS.

Muriel Selsis, Christophe Vieren, François Cabestaing

Centre d'Automatique, Bâtiment P2
Université des Sciences et Technologies de Lille
59655 Villeneuve d'Ascq Cedex

RÉSUMÉ

En analyse d'images, les problèmes d'appariement sont très importants. Ils sont de deux types : appariement temporel permettant le suivi d'objets en mouvement dans des séquences d'images, et appariement stéréoscopique permettant la localisation des objets dans l'espace 3D. Ces problèmes sont complexes à résoudre car on ne dispose généralement pas d'un modèle des objets. Cet article présente l'utilisation des contours actifs pour modéliser les objets en mouvement dans des séquences d'images stéréoscopiques, et faciliter ainsi leur suivi et leur localisation dans l'espace 3D.

ABSTRACT

Feature matching methods are an important step in many applications using computer vision, such as movement analysis or stereoscopic reconstruction. The efficiency of a matching technique relies essentially on the relevance of the features describing the objects. Choosing relevant features implies the definition of a performant object model using a minimum number of parameters. In this article, we present an object representation method based on active contour models. The moving objects localization in the 3D space is achieved by both an adaptive modeling in each image of the sequence and a stereoscopic feature matching.

I. Introduction

Les problèmes d'appariement sont très importants en analyse d'images. Ils consistent soit à retrouver l'image d'un même objet dans toutes les images d'une séquence afin de pouvoir le suivre et connaître son mouvement, soit à mettre en correspondance les deux projections d'un même objet dans chacune des images d'un couple stéréoscopique. Ces appariements sont rendus complexes par l'approche locale de la segmentation qui fournit une représentation discontinue des objets. En fait, ce ne sont pas des objets que l'on doit apparier mais des primitives qui sont des éléments caractéristiques issus d'un modèle d'objet, comme les segments [1] ou les points de contour [2]. Nous proposons de modéliser les objets en mouvement à l'aide de contours actifs, ce qui nous permet de simplifier à la fois la procédure de suivi et celle d'appariement stéréoscopique. Lorsque deux modèles d'un objet ont été mis en correspondance, on peut calculer la distance de cet objet par rapport aux caméras par simple triangulation.

II. Modélisation et suivi des objets en mouvement par des contours actifs

A. Expression de l'énergie d'un contour actif

Les contours actifs ont été introduits par Kass *et al.* pour permettre la modélisation précise d'objets non polygonaux. Ce sont des courbes décrites par un ensemble de vecteurs $\vec{v}(s) = (x(s), y(s))^T$, avec s l'abscisse curviligne d'un point du contour actif ($0 < s < 1$). L'évolution d'un contour actif est régie par la minimisation de son énergie associée E_{totale} . Celle-ci est constituée de deux termes, une énergie interne E_{int} et une énergie externe E_{ext} : $E_{totale} = E_{int} + E_{ext}$. L'énergie externe est destinée à attirer le contour actif vers une partie de l'image de niveau de gris élevé. Son expression la plus simple est $E_{ext} = I$, où I est la fonction intensité image.

L'énergie interne est destinée à donner une certaine régularité au contour actif soumis à cette énergie externe. Nous avons rajouté un second terme [4] à son expression originale [3], afin de la rendre compatible avec la procédure d'initialisation automatique que nous présenterons par la suite. Finalement l'expression de l'énergie interne est la suivante :



$$E_{int} = \underbrace{\int_0^1 \left(\frac{\alpha \|\bar{v}_s(s)\|^2 + \beta \|\bar{v}_{ss}(s)\|^2}{2} \right) ds}_{1^{er} \text{ terme}} - \underbrace{\int_0^1 \frac{(\delta \bar{v} \wedge \bar{v}_s) \cdot \bar{k}}{2} ds}_{2^{eme} \text{ terme}}$$

où $\bar{v}_s(s)$ et $\bar{v}_{ss}(s)$ sont respectivement les dérivées première et seconde de $\bar{v}(s)$ par rapport à s . L'ajustement des paramètres α , β et δ permet de contrôler la qualité du modèle.

En effet, le premier terme de l'énergie interne caractérise **la forme** du modèle. Il est lui même subdivisé en deux éléments : celui du premier ordre régit la « tension » entre les points du contour actif contrôlant ainsi la longueur de la courbe, celui du second ordre régit la « torsion » de la courbe contrôlant ainsi sa courbure. Le second terme caractérise **la surface** du contour actif.

B. Extraction des contours des objets en mouvement

Plutôt que d'utiliser directement les images issues des caméras, nous réalisons un prétraitement afin de ne retenir que les contours des objets en mouvement dans les images stéréoscopiques, saisies par des caméras fixes. Un opérateur original de détection des contours en mouvement permet de différencier les parties mobiles du fond fixe [5]. Cet opérateur combine les gradients de deux différences d'images, la première calculée à partir de l'image courante et de l'image précédente, la seconde à partir de l'image courante et de l'image suivante. La multiplication de ces deux images gradients permet la détection des contours en mouvement dans leur position dans l'image courante, même si le fond n'est pas uniforme. Soit $CM(C)$ cet opérateur d'extraction des contours en mouvement :

$$CM(C) = G(|D(P, C)|) \times G(|D(C, S)|)$$

avec P l'image précédente, C l'image courante, S l'image suivante, D l'opérateur différence pixel à pixel de deux images et G l'opérateur module du gradient d'une image.

Les contours actifs se prêtent bien à la modélisation des contours extraits par l'opérateur $CM(C)$ en raison de l'aspect global de cette méthode. Cependant se pose le délicat problème de l'initialisation du processus de modélisation. En effet, les contours actifs sont généralement initialisés manuellement par un opérateur dans le voisinage des objets à modéliser. Nous proposons une procédure d'initialisation originale adaptée à notre problème.

C. Initialisation du modèle

En supposant que les objets en mouvement pénètrent dans l'image par sa périphérie, on y place un contour actif. Ainsi, tout objet pénétrant dans le champ de la caméra déforme ce contour actif périphérique jusqu'à sa fermeture autour de l'objet. Une procédure de scission permet alors d'initialiser un contour actif propre à cet objet afin de le suivre durant toute sa traversée de la scène. Le contour actif périphérique retrouve quant à lui

sa position initiale afin d'intercepter de nouveaux objets pénétrant dans la scène [6].

D. Evolution du contour actif

1. Méthode de minimisation choisie

La minimisation de l'énergie des contours actifs est réalisée grâce à la méthode de la descente du gradient pour des impératifs de rapidité des calculs. Cette méthode est une méthode itérative. On construit une

suite de vecteurs position : $\bar{v}_n(s) = \begin{pmatrix} x_n(s) \\ y_n(s) \end{pmatrix}$, $n \geq 0$, le

vecteur \bar{v}_0 étant déterminé par la procédure d'initialisation. L'équation qui régit l'évolution du snake est la suivante :

$$\bar{v}_n = \bar{v}_{n-1} - \frac{1}{\gamma} \bar{\nabla} E_{snake}$$

où γ est le pas de calcul, choisi constant. Cela revient à dire que l'on descend le long de la surface représentant l'énergie en fonction des coordonnées x et y afin d'atteindre un minimum local correspondant à une vallée de la fonction énergie. Nous choisissons un nombre d'itérations constant, suffisamment élevé pour assurer une stabilisation du contour actif sur le contour des objets.

2. Prédiction de la position

Pour améliorer la convergence, nous avons ajouté une procédure de prédiction permettant à chaque nouvelle image d'initialiser le contour actif au voisinage du contour des objets en mouvement. Considérant que les objets se déplacent à une vitesse uniformément accélérée, la position d'un point du contour actif dans l'image courante est prédite à partir des positions de ce même point dans les trois images précédentes. Cette position prédite sert d'initialisation de la position courante du contour actif. La prédiction de la position de chaque point du contour actif plutôt que celle du modèle global associé à chaque objet permet de prendre en considération les vitesses différentes provenant de l'effet de perspective, même pour un objet rigide (les points proches de la caméra ont une vitesse plus grande que ceux plus éloignés).

III. Mise en correspondance des modèles de contours actifs.

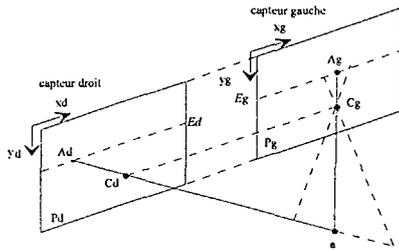
Les contours actifs associés à chaque objet en mouvement sont utilisés comme primitives pour la procédure de mise en correspondance. L'utilisation des modèles de contours actifs en tant que primitives permet de limiter considérablement le nombre de candidats à l'appariement.

La procédure complète d'appariement se décompose en trois phases :

- sélection des candidats à l'appariement
- minimisation de la fonction de coût
- suivi temporel des appariements

A. Sélection des candidats à l'appariement

On utilise la contrainte épipolaire pour ce tri préliminaire des candidats à l'appariement. Afin de simplifier l'expression de la contrainte épipolaire, nous plaçons les caméras dans la configuration idéale suivante : les images (plans des capteurs), notés Pd et Pg sur la figure, sont coplanaires et parallèles à la droite reliant les centres optiques des caméras (CdCg). Les épipolaires sont alors des droites parallèles dans les deux images et sont confondues avec les lignes horizontales des capteurs. Deux points homologues ont ainsi même ordonnée dans les deux images (figure 1).



Légende :

a : point objet.

Ad, Ag : points images de a à travers les caméras droite et gauche respectivement

Cd, Cg : centres optiques des caméras droite et gauche

Pd, Pg : plans images des caméras droite et gauche

Figure 1 : Configuration idéale du stéréoscope

Pour un contour actif donné dans l'image droite, on ne retient donc comme candidats à l'appariement que les contours actifs de l'image gauche dont le barycentre a la même ordonnée, avec une certaine tolérance. La contrainte épipolaire permet ainsi de restreindre considérablement l'espace de recherche.

B. Recherche du minimum de la fonction de coût

Les appariements entre contours actifs sont réalisés en tenant compte de leur forme, quantifiée grâce au premier terme de l'énergie interne, et de leur surface intérieure, représentée par le second terme de l'énergie interne. Ces deux grandeurs sont intégrées dans une fonction de coût. Parmi les candidats à l'appariement retenus à l'étape précédente, on ne garde que celui qui présente le coût minimal.

A chaque image, l'algorithme d'appariement n'est réitéré que si de nouveaux objets sont rentrés dans la scène, afin de réduire le temps de calcul.

IV. Résultats

La séquence d'images stéréoscopiques présentée figure 2 est une séquence de trafic routier. Le premier couple d'images a) et b) montre la scène exempte d'objets mobiles avec un contour actif représenté en noir, initialisé à la périphérie de chaque image.

Dans les images suivantes c) et d), une voiture pénètre dans la scène, et déforme ce contour actif. Dans les images e) et f), la voiture est totalement entrée dans la scène et est modélisée par un contour actif qui lui est

propre. Les modèles droits et gauches qui lui sont associés ont été appariés et la voiture est localisée à 35 m du stéréoscope.

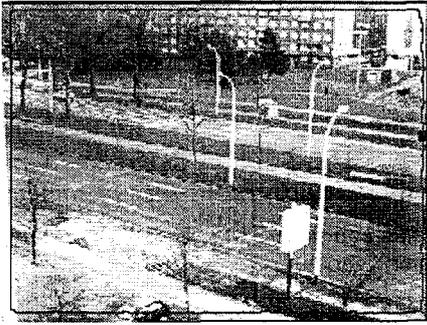
Au moment où cette voiture quitte la scène, une autre arrive (images i) et j). Les deux modèles droit et gauche de cette voiture blanche sont également appariés, et la voiture est localisée à 40 m du stéréoscope.

V. Conclusion

Nos primitives déduites d'un modèle d'objet de type contour actif ont l'avantage de représenter un objet complet par rapport aux techniques basées sur la mise en correspondance de primitives plus simples, telles que les points de contour, les segments ou les régions. De plus, le nombre limité de primitives retenues permet de simplifier la procédure d'appariement et de diminuer le temps de calcul. Le résultat de l'appariement est directement exploitable pour la localisation 3D des objets en mouvement.

Bibliographie:

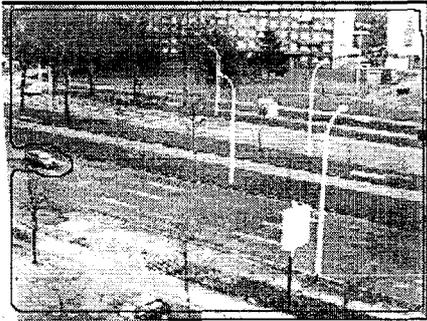
- [1] N. AYACHE, « *Vision stéréoscopique et perception multi-sensorielle. Applications à la robotique mobile* » Interéditions, 1989.
- [2] M. S. LEW, T. S. HUANG, K. WONG, « *Learning and feature selection in Stereo matching* », *IEEE Trans. PAMI.*, Vol 16, No 9, pp 869-881, september 1994.
- [3] D. TERZOPOULOS, M. KASS, A. WITKIN « *Constraints on deformable models: recovering 3D shape and non rigid motion* », *Artificial Intelligence (A.I.J)*, No 36, pp 91-123, 1988.
- [4] N. ROUGON, « *Kinematics of Interface Evolution with Application to Active Contour Models* », Internal Report Télécom Paris- Département Images, 1991.
- [5] C. VIEREN, J.P. DEPARIS, P. BONNET, J.G. POSTAIRE « *Détection du contour extérieur d'objets en mouvement sur fond non uniforme* », Colloque sur le traitement du Signal et ses Applications, GRETSI, Juan les Pins, juin 1989.
- [6] M. SELSIS, C. VIEREN, J.G. POSTAIRE, « *Extraction et Modélisation des contours d'objets en mouvement dans une séquence d'images* », 4^{èmes} Journées Orasis, Mulhouse, octobre 1993.



a) image 1



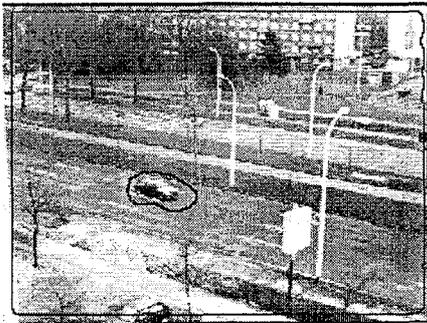
b) image 1



c) image 20



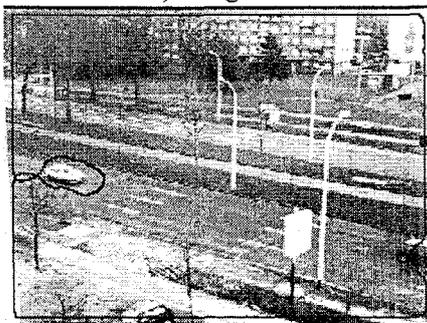
d) image 20



e) image 40



f) image 40



g) image 70



h) image 70

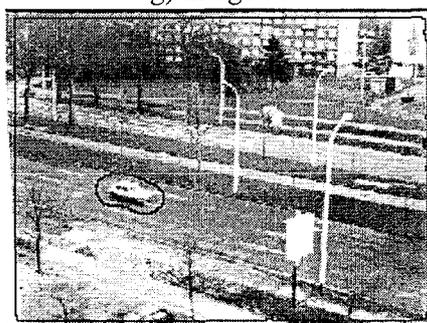
i) image 81
Images gauchesj) image 81
Images droites

Figure 2: Séquence d'images stéréoscopiques