

# Suivi à base des crêtes d'objets mobiles dans une séquence vidéo

Thi-Thanh-Hai Tran, Augustin Lux

**Abstract**— Cet article propose une nouvelle méthode de suivi d'un objet mobile dans une séquence vidéo. Cette méthode se base d'une part sur la détection de crête [?], [?] et sur le filtre de Kalman [?] d'autre part. L'idée principale est de modéliser un objet par l'histogramme de dérivées d'ordre 2 des points de crête de l'objet. Les dérivées sont calculées selon la direction perpendiculaire à celle de point de crêtes. Le filtre de Kalman permet de suivre le centre de gravité de points de crête d'un objet dans la séquence. A chaque image, l'histogramme de l'objet dans cette image est comparé avec celui de l'objet dans l'image précédente. La similarité de deux histogrammes détermine s'ils sont d'un même objet. Si c'est le cas, le suivi continue. Si non, on considère que l'objet disparaît et on arrête de le suivre. Les premières expérimentations montrent que notre approche est capable de suivre assez fiablement des objets mobiles réels dans la séquence de test. Ce sont des résultats prometteurs qui motivent des améliorations de la méthode de suivi pour qu'elle soit plus robuste et plus efficace.

**Index Terms**— Suivi, Détection de crête, Filtre de Kalman, Temps réel.

## I. INTRODUCTION

Le suivi d'objets dans une séquence vidéo sert à plusieurs applications telles que la surveillance, la robotique, etc. Il y a deux exigences pour un suivi: l'une est la qualité du suivi et l'autre est la rapidité qui permet de suivre des objets en temps réel. Or, ces deux exigences sont en général contradictoires. Le problème fondamental consiste à modéliser des objets d'une façon "légère" en temps de calcul mais suffisante pour la reconnaissance.

Plusieurs approches de suivi ont été proposées. Certaines d'entre elles sont fondées sur la soustraction des images consécutives de la séquence. Ces approches ne peuvent pas être appliquées au cas dans lequel la caméra se déplace à cause du changement de contexte. Les approches basées sur la corrélation marchent bien même quand il y a un mouvement de la caméra. Cependant, le suivi d'objet est difficile si son apparence change. Les approches basées sur les caractéristiques de l'objet consistent à reconnaître l'objet par son modèle et estimer sa position par quelques techniques telles que le filtre de Kalman, l'équation de mouvement en fonction de vitesse et d'accélération, les règles de probabilité, etc. Les objets sont souvent modélisés par l'histogramme de couleur [?], [?] ou l'ensemble de points de contour [?], [?] qui sont hautement sensibles aux occultations ou au bruit. Par conséquent, le suivi n'est pas fiable.

TRAN Thi Thanh Hai est doctorante à l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG), France (email: thi-thanh-hai.tran@inriaples.fr)

Augustin LUX est professeur à l'Ensimag, INPG, France (email: Augustin.lux@imag.fr)

Dans cet article, nous présentons une nouvelle méthode de suivi. Cette méthode est basée sur l'extraction de crêtes qui permet de représenter l'objet par un histogramme de la deuxième dérivée directionnelle des points de crête. Le suivi se fait en suivant le centre de gravité des points de crête par le filtre de Kalman. La particularité de notre méthode se trouve dans la représentation de l'objet. D'abord, nous construisons l'histogramme seulement sur des points de crête, pas tous les points. Cela permet à l'histogramme d'être moins sensible à l'occultation et comme les crêtes sont des caractéristiques robustes au bruit, à la rotation et au changement uniforme d'éclairage, l'histogramme l'est aussi. En plus, l'histogramme dans notre approche n'est pas celui de couleur de l'objet mais de la deuxième dérivée selon la direction locale du point de la crête. Il y a une raison pour ce choix. En fait, les points de crêtes sont des points où la deuxième dérivée est extrêmu dans la direction perpendiculaire de la crête. Ainsi, l'utilisation de cette propriété renvoie l'histogramme plus significatif, notamment dans quelques cas où l'objet n'est pas bien défini par la couleur ou sa couleur change.

Le reste de cet article s'organise de la manière suivante: Dans la section 2, nous présentons la modélisation de l'objet par l'histogramme de dérivées directionnelles des points de crêtes. Dans la section 3, nous expliquons comment le filtre de Kalman peut être utilisé pour suivre l'objet. La section 4 résume le processus de suivi. La section 5 montre quelques résultats obtenus actuellement. Nous discutons des points à améliorer et concluons cet article.

## II. MODÉLISATION DE L'OBJET PAR L'HISTOGRAMME DE DÉRIVÉES DIRECTIONNELLES DES POINTS DE CRÊTES

### A. Détection de crête dans l'image

Une crête est intuitivement définie comme une séquence des points plus haut ou plus bas que les séquences de deux côté ???. Dans la littérature, plusieurs méthodes de détections de points de crête existent. Dans [?], [?], nous avons présenté une méthode simple et robuste. L'idée de base est de rendre plus souples des critères géométriques mathématiques de points de crête et les combiner de façon appropriée pour détecter des crêtes. En résumé, un point de crête est localisé aux endroits où le ratio de deux courbures principales de la surface locale est fort et le Laplacien admet un extrêmu local dans la direction de la courbure la plus grande. Un point nouveau par rapport à ce qui est présenté dans [?] est que nous ajoutons un nouveau critère pour enlever des faux points de crêtes. Un faux point de crête apparaît à cause de la faiblesse de la méthode de calcul, qui sera enlevé si le pourcentage des faux points d'une même

crête est important. Ce critère améliore beaucoup les résultats d'extraction sauf qu'il dépend encore des seuils (voir ??). Notre détecteur permet de détecter des crêtes à plusieurs échelles.

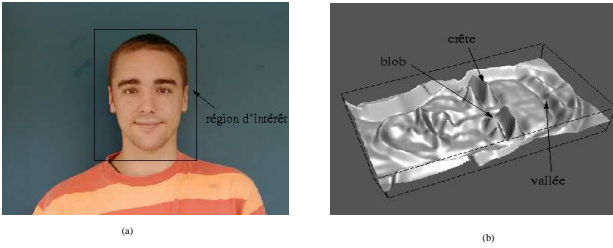


Fig. 1. L'image d'un visage (a) et la représentations de Laplacien en 3D de la zone encadrée après une rotation à l'échelle  $\sigma = 4\sqrt{2}$ .

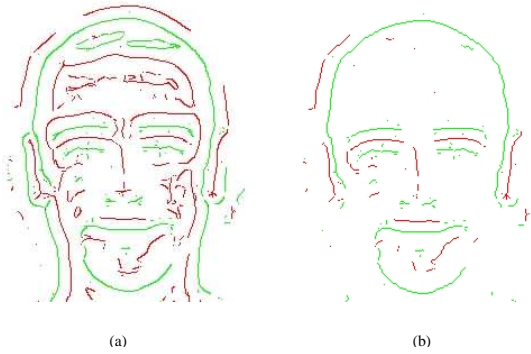


Fig. 2. (a) Image des crêtes détectées à  $\sigma = 4$  sans enlever des fausses crêtes. (b) Avec élimination de fausses crêtes. Notons que presque toutes les fausses crêtes sont enlevées.

### B. Construction de l'histogramme

Un objet est représenté par l'histogramme de dérivées d'ordre 2 sur des points de crêtes extraits de l'objet. Le nombre de case de l'histogramme et l'espace entre deux cases influencent beaucoup la forme de l'histogramme donc, le résultat de suivi. Nous choisissons l'espace entre deux cases pas trop petit et le nombre de case est relativement calculé en fonction de la valeur maximal de la dérivée de tous les points de crête. Ainsi, le nombre de cases de l'histogramme peut changer d'un objet à l'autre.

### C. Mesure de similarité de deux histogrammes

Pour comparer si un objet dans l'image suivante est le même que celui de l'image courante, nous comparons les deux histogrammes associés. La mesure de similarité de deux histogrammes  $H(i), T(i)$  est  $\chi^2 - test$  [?]:

$$\chi^2(H, T) = \sum_i \frac{(H(i) - T(i))^2}{T(i) + H(i)}$$

Cette mesure est simple donc rapide en calcul. Cependant, il est très sensible aux petits décalages de profil de l'histogramme. Nous pouvons utiliser n'importe quel mesure de deux histogrammes dans la littérature telle que l'intersection, ou la distance deux histogrammes. Il est intéressant de comparer l'utilisation des mesures qui donne le meilleur résultat de suivi.

## III. ALGORITHME DE SUIVI PAR LE FILTRE DE KALMAN

Le filtre de Kalman est un estimateur récursif optimal. Le filtre de Kalman est beaucoup utilisé dans les applications de suivi de l'objet en vision par ordinateur. Nous n'entrons pas dans le détail de filtre, mais donnons seulement le principe de fonctionnement du filtre et particulierisons dans notre cas. (pour plus de détail sur le filtre de Kalman, voir [?]).

Dans le problème de suivi, on cherche à estimer la position et la vitesse d'un point à l'instant  $t + 1$  à partir de celles qui sont observées à l'instant  $t$ . La position et la vitesse constituent un vecteur d'état  $\vec{X}$ . Le filtre de Kalman est un processus cyclique de 5 phases:

- 1) Prédiction de l'évolution temporelle de l'état.
- 2) Observation
- 3) Prédiction de l'observation
- 4) Validation de l'observation
- 5) Mise à jour de l'estimation.

Pour l'instant, nous utilisons la version la plus simple et basique du filtre de Kalman implémenté par une personne dans l'équipe. L'avantage du filtre du filtre de Kalman est de suivre l'objet sans poser beaucoup d'hypothèses concernant la vitesse et l'accélération de l'objet. Par conséquent, il peut s'adapter aux différentes situations.

## IV. PROCESSUS DE SUIVI

Le filtre de Kalman permet de suivre un point. Comment il peut être utilisé pour suivre un objet qui est une région dans l'image. Nous proposons de suivre le centre de gravité des points de crête de l'objet. Lorsqu'on a détecté des points de crête dans la région couvrant l'objet à suivre, on détermine la position du centre de cet ensemble des points de crête, pondéré par leurs énergies.

Le suivi se déroule de la manière suivante:

**Initialisation:** A  $t = 0$

- Sélectionner la zone couvrant l'objet à suivre. Cette zone est un rectangle  $R_0(x_g, y_g, w_r, h_r)$ , où  $x_g, y_g$  sont des coordonnées du point supérieur à gauche du rectangle,  $w_r, h_r$  sont respectivement la largeur et la hauteur du rectangle.
- Détecter des crêtes dans ce rectangle à plusieurs échelles.
- Calculer l'histogramme de la deuxième dérivée des points de crête détectés selon la direction perpendiculaire à la crête.
- Déterminer le centre de gravité des points de crête pondérés par l'énergie des points  $X_0$ :

$$c_x = \frac{(\sum_{(i,j) \in R_0} e_{i,j} * i)}{(\sum_{(i,j) \in R_0} e_{i,j})}$$

$$c_y = \frac{(\sum_{(i,j) \in R_0} e_{i,j} * j)}{(\sum_{(i,j) \in R_0} e_{i,j})}$$

où  $c_x, c_y$  sont des coordonnées du centre.  $(i, j)$  des coordonnées des points de crête.  $e_{i,j}$  est l'énergie du point  $(i, j)$ . En pratique, nous utilisons le Laplacien.

- Initialiser la vitesse et l'accélération du point centre. Ces paramètres sont choisis manuellement.

- Prévoir la position, la vitesse et l'accélération du point centre  $\hat{X}_1$

**Itération A l'instant  $t$ :**



Fig. 3. Une image extraite de la séquence de course de voiture. Le rectangle encadre la voiture à suivre initialement



Fig. 4. La voiture est l'image de la figure ?? est suivi

- Chercher dans le voisinage de  $\hat{X}_t$  un point  $X_t$  dont le histogramme des points de crêtes détectés dans le rectangle centré par  $X_t$  ressemble le mieux à celui du point  $X_{t-1}$ . La similarité de deux histogrammes est déterminée par la formule de la section II.C.

- Si la mesure de similarité de deux histogrammes est inférieure à un seuil, cela montre que c'est le bon objet, le suivi continue. Si non on arrête de suivre l'objet.

- Prévoir la position, la vitesse et l'accélération du point centre  $\hat{X}_{t+1}$  à partir de  $X_t$ .

## V. PREMIERS RÉSULTATS

Nous essayons de suivre des voitures de course dans une séquence vidéo. Une voiture peut changer de taille quand elle s'approche de la caméra ou de couleur si elle passe des régions sombres ou éclairées. Elle peut même subir des effets issue de l'eau qui se jettent et du bruit (voir figure ??). La taille de l'image dans la séquence est 352x288.



Fig. 5. Le suivi de la voiture devrait continuer même si l'image est floue ou de mauvaise qualité

Les figures ??, ?? montrent les images pendant le suivi. Nous trouvons visuellement que notre "tracker" suit bien la voiture. Cependant, pour l'instant, nous ne pouvons pas suivre une voiture jusqu'à la fin (quand elle est hors de la vue de la caméra ou la séquence finit). Les raisons se multiplient et s'influencent simultanément. D'abord, les paramètres de filtre de Kalman ne sont pas bien initialisés. Ensuite, la comparaison de deux histogrammes est trop naïve, qui ne permet pas une identification unique de l'objet. La troisième raison est que la comparaison de deux profils de Laplacien de deux points n'est pas bien faite. Le suivi est de 24.5 images/seconde en moyen sur un Pentium 4 (2.4GHz). Ceci montre une réalisation en temps réel du suivi. En fait, tous les traitements sont faits seulement sur un rectangle de petite taille, donc rapide.

## VI. CONCLUSIONS

Nous venons de présenter une nouvelle approche de suivi d'un objet mobile dans une séquence vidéo. Les contributions principales de notre travail sont les suivantes: Premièrement, nous représentons un objet à suivre par l'histogramme de la deuxième dérivée des points de crêtes. Cette représentation est plus compacte que celle utilisant tous les points et elle est plus robuste au bruit parce que les crêtes sont détectées par un détecteur simple et robuste. La taille de la zone couvrant l'objet, l'échelle à laquelle des points de crêtes sont détectés et l'énergie des points sont normalisées, ce qui rend robuste au changement d'échelle et d'éclairage notre méthode. Deuxièmement, nous avons utilisé le profil de Laplacien de Gaussien d'un point pour localiser le point qui ressemble le mieux au point dans l'image précédente. De cette manière, nous pouvons améliorer la précision de localisation et donc, suivre mieux l'objet. Les premiers résultats montrent la capacité de suivre des objets de notre méthode. Pourtant, nous avons également trouvé que notre implémentation est encore très loin d'être un "tracker" utilisable dans la réalité. En fait, nous devons améliorer un peu partout dans la comparaison des histogrammes ou des profils de Laplaciens, dans l'estimation par le filtre de Kalman. Le suivi de

plusieurs objets en même temps et l'extraction automatique de l'objet à suivre sont des travaux d'avenir.

#### REFERENCES

- [1] B. Schiele and J. L. Crowley. Probabilistic object recognition using multidimensional receptive field histograms. In *ICPR'96, International Conference on Pattern Recognition, Vienna, Austria, 1996*.
- [2] J.L. Crowley and K. Schwerdt. Robust tracking and compression for video communication. IEEE Computer Society Int. Conf. on Computer Vision, Workshop on Face and Gesture Recognition, 1999.
- [3] H. Tran and A. Lux. A method for ridge extraction. *accepted at ACCV, Jeju Korea, 2004*.
- [4] J. Aranda J. Verges-Llahi and A. Sanfeliu. Object tracking system using colour histograms. 9th Spanish Sym. Pattern Recog. Image Anal., Castellon, May 2001.
- [5] H. Tran and A. Lux. Local feature extraction for object representation. *RIVF, Hanoi, VietNam, 2003*.
- [6] Greg Welch and Gary Bishop. An introduction to the kalman filter. pages 95-041. Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC 27599-3175.
- [7] Robert E. Van Dyck Yiwei Wang, John F. Doherty. Moving object tracking in video. 29th Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR'00) October 16 - 18, 2000. Washington, D.C.