

Estimation de mouvement par maillages et lignes de rupture pour le codage de séquences vidéo

Nathalie CAMMAS¹, Stéphane PATEUX¹, Luce MORIN², Benjamin LE GUEN¹

¹France Télécom R&D, 4 Rue du Clos Courtel, 35510 Cesson-Sévigné, France

²IRISA-INRIA, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes, France

nathalie.cammas@francetelecom.com, stephane.pateux@francetelecom.com,
luce.morin@irisa.fr, benjamin.leguen@francetelecom.com

Résumé – Dans le cadre de l’analyse et du codage de séquences vidéo, nous présentons ici une nouvelle structure de maillage pour la représentation du mouvement dans les zones d’occlusion. Nous proposons l’utilisation de la notion de lignes de rupture qui permet de représenter une discontinuité dans le champ de mouvement and nous créons un maillage non-manifold permettant d’estimer le mouvement dans les zones d’occlusions sans entraîner de dégénération des mailles. Le maillage non-manifold représente de façon satisfaisante les discontinuités du mouvement introduites par les objets en mouvement et améliore l’estimation du mouvement dans les zones d’occlusion. Les résultats montrent une meilleure prédiction de la texture dans ces zones, améliorant ainsi les performances de codage.

Abstract – In this paper, we present a novel mesh structure for representing the motion in occlusion areas for video analysis and video coding purposes. We use the notion of crackline which represents a rupture in a motion field and we create a non-manifold mesh that allows to estimate the motion in the occlusion areas without degeneration of the triangles. The non-manifold mesh can adequately represent the discontinuities in the motion introduced by moving objects and it improves the motion estimation in the occlusion areas. Results show the better prediction of the texture in those areas, thus improving the coding efficiency.

1 Introduction

La représentation du mouvement apparent dans une séquence vidéo reste un problème majeur dans le cadre du codage vidéo. En effet, les performances globales d’un système de codage vidéo dépendent fortement de la qualité de l’estimation du mouvement dans cette séquence. Une mauvaise estimation du mouvement implique une mauvaise prédiction des informations de texture et donc un coût de codage important.

Pour estimer le mouvement dans une séquence vidéo, des techniques basées blocs (type MPEG, H26x) et des techniques basées maillages [1, 2, 5] ont été proposées.

Les maillages 2D déformables offrent des avantages intéressants par rapport à la représentation par blocs. Ils permettent une représentation continue du champ de mouvement, en évitant les effets de blocs qui peuvent apparaître à bas débits avec d’autres techniques, et offrent une description compacte. Les maillages permettent une représentation de mouvements plus complexes et plus précise.

Cependant, tout comme les méthodes par blocs, les méthodes par maillages échouent dans l’estimation du mouvement dans les zones d’occlusion. Une zone d’occlusion est une zone de la séquence vidéo dans laquelle des objets apparaissent, disparaissent, se croisent, créant des phénomènes de découvrément et/ou recouvrement de texture. Dans ces zones, l’estimation du mouvement est difficile car la mise en correspondance devient presque impossible d’une image à l’autre.

Lors de l’estimation du mouvement par maillages, les découvrément et recouvrements créent des triangles dégénérés: allongés, contractés voire retournés qui entraînent une mauvaise prédiction de la texture.

Pour limiter la déformation des triangles, des techniques proposent de restreindre le déplacement des nœuds du maillage dans des zones de contraintes [3, 4], d’autres techniques proposent de corriger les déplacements des nœuds ayant créés des dégénération [5, 6, 7]. Toutes ces techniques permettent de limiter la déformation des triangles mais introduisent de faux mouvements. Dans [6], les auteurs proposent d’adapter la structure du maillage aux frontières des objets créant des occlusions, cependant ce traitement doit être ré-appliqué pour chaque image et la structure du maillage n’est pas cohérente au cours du temps.

Dans cet article, nous proposons une nouvelle structure de maillage localement adaptatif se basant sur la notion de lignes de rupture et offrant une représentation du mouvement dans les zones d’occlusion.

2 Lignes de rupture

La notion de lignes de rupture a été introduite dans [9]. Une ligne de rupture représente une discontinuité dans le champ de mouvement, cette notion est illustrée sur la figure 1. L’apparition d’une ligne de rupture dans le champ de mouvement est due au mouvement des différents objets. Le maillage est découpé le long de la ligne de rupture et chaque côté du maillage est remaillé indépendamment de l’autre côté, sans les rejoindre. Les deux parties de maillage peuvent alors bouger librement l’une par rapport à l’autre. Le remaillage est appliqué de chaque côté de la ligne de rupture en créant des recouvrements de mailles qui permettront de prendre en compte de futurs découvrément de texture dans cette zone. Cette technique permet d’éviter

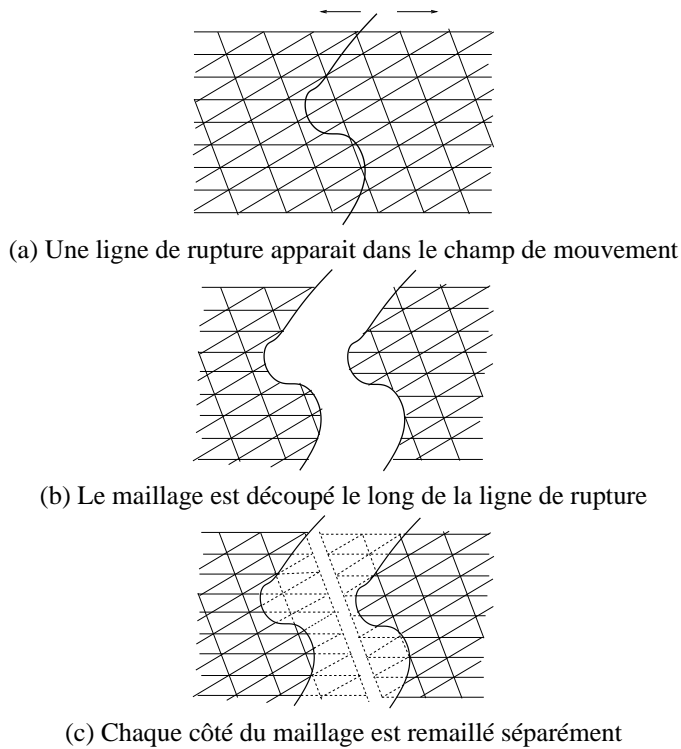


FIG. 1: La notion de lignes de rupture sur un maillage

l'apparition de triangles allongés ou tassés et de mieux estimer le mouvement dans les zones d'occultation.

La ligne de rupture est positionnée sur le contour de l'objet créant la discontinuité. Dans le cas d'une ligne de rupture fermée, la découpe du maillage est équivalente à une représentation par objets de la séquence vidéo. Dans le cas d'une ligne de rupture ouverte, les points extrémités de la ligne de rupture nécessitent un traitement particulier. En effet, la ligne de rupture est détectée et positionnée à l'intérieur d'une zone d'occultation. En dehors de la zone d'occultation, le maillage reste un maillage 2D classique. Autour de la ligne de rupture, la représentation à l'aide des deux portions de maillage est similaire à une représentation objet, cependant les deux portions de maillage appartiennent au même maillage global. Les deux portions de maillage se rejoignent au niveau des points extrémités de la ligne de rupture. A cet endroit, le maillage devient non-manifold.

3 Estimation du mouvement à l'aide d'un maillage non-manifold

Cette section présente le processus d'estimation du mouvement et détaille la construction du maillage non-manifold ainsi que la reconstruction des images à partir d'un tel maillage.

3.1 Estimation du mouvement

La figure 2 présente le processus d'estimation du mouvement à l'aide du maillage non-manifold. Une première estimation du mouvement est effectuée à l'aide d'un maillage régulier sur un groupe d'images. Le mouvement estimé permet la détection des zones d'occultation dans la séquence par la mesure de la déformation des mailles. Nous considérons connue la segmen-

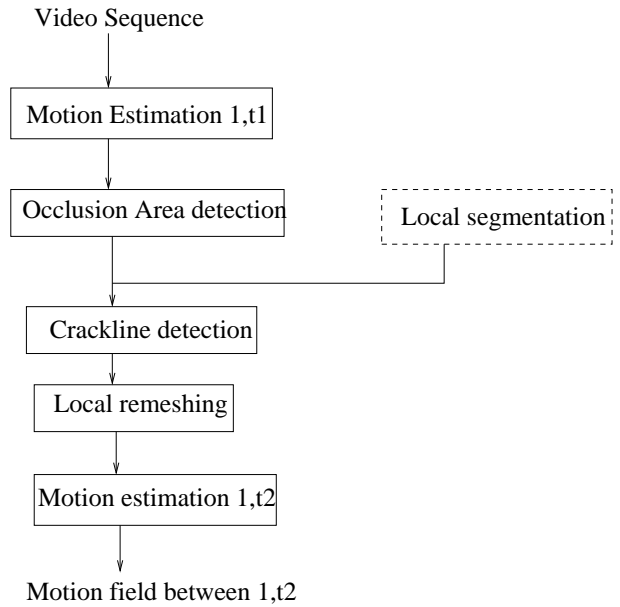


FIG. 2: Estimation du mouvement

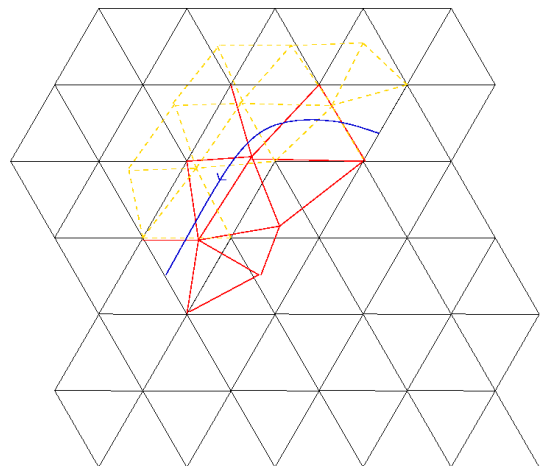


FIG. 3: Maillage non-manifold: le maillage a été coupé le long de la ligne de rupture (en bleu) Puis, chaque partie a été remaillée séparément.

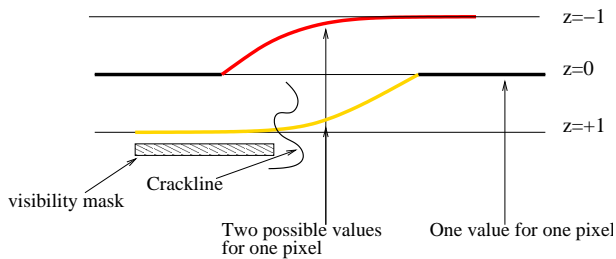


FIG. 4: Technique du z-order et masques de visibilité. La figure représente une coupe du maillage de la figure 3

tation objet locale dans ces zones d'occultation.

Dans chaque zone d'occultation, la ligne de rupture est alors placée sur le contour de l'objet. Le maillage non-manifold est ensuite construit à partir du maillage régulier et de la ligne de rupture. Le mouvement est enfin réestimé à l'aide du maillage non-manifold.

3.2 Construction du maillage non-manifold

Le maillage régulier est découpé le long de la ligne de rupture. Chaque côté est alors remaillé en utilisant les arêtes des triangles du maillage régulier pour créer de nouveaux triangles. Le remaillage est propagé en dehors de la zone d'occultation pour prendre en compte de futurs découverts de texture. Le maillage régulier utilisé est un maillage hiérarchique, la ligne de rupture et le remaillage sont alors propagés dans la hiérarchie. Les niveaux de maillage plus grossiers sont également découpés et remaillés. La ligne de rupture disparaît lorsqu'elle est entièrement contenue dans une maille d'un niveau, ce niveau n'est alors pas découpé.

La figure 3 montre le maillage non-manifold obtenu à un niveau de maillage fin. La ligne bleue représente la ligne de rupture. Le maillage régulier est représenté par les mailles en noires. Les mailles rouges et jaunes pointillées sont les mailles issues du remaillage de chaque côté de la ligne de rupture: les mailles rouges sont en avant, les jaunes pointillées vers l'arrière. On peut voir sur la figure que le maillage est non-manifold aux points extrémités de la ligne de rupture. En ces points, des arcs partagent plus de deux mailles.

3.3 Reconstruction des images

La technique de remaillage a créée des recouvrements de mailles pour prendre en compte de futurs découverts de texture. Cependant, ces recouvrements de mailles génèrent une ambiguïté lors de la reconstruction d'une image. En effet, plusieurs triangles peuvent alors reconstruire un même pixel. Pour gérer ce problème, nous utilisons une technique de z-order couplée à des masques de visibilité.

La technique du z-order est similaire à celle du z-buffer en 3D. Une valeur de z est affectée aux nœuds du maillage et permet d'indiquer si le triangle est en avant ou en arrière de la scène. Comme la ligne de rupture peut être définie n'importe où sur un triangle, des masques de visibilité sont calculés pour chaque triangle indiquant quelle partie du triangle par rapport à la position de la ligne de rupture est visible. Pour éviter l'apparition de pixels de luminance inconnue qui pourraient survenir dans le cas du codage avec pertes de la ligne de rupture, les masques

	MM	Non-MM	Ligne de rupture
<i>Mobile And Calendar</i>	8.1kb/s	7.9kb/s	1kb/s
<i>Erik</i>	18.68kb/s	18.20kb/s	3kb/s
<i>Flower Garden</i>	20.70kb/s	17kb/s	2kb/s

TAB. 1: Coût de codage du mouvement et de la ligne de rupture pour un maillage manifold (MM) et un maillage non-manifold (non-MM)

de visibilité ne sont définis que pour les triangles en avant de la scène. La figure 4 illustre la technique du z-order et des masques de visibilité.

Cette technique permet de reconstruire une image sans ambiguïté sur les valeurs de luminance utilisées.

4 Résultats

Le schéma d'estimation du mouvement a été présenté en section 3. Une présentation plus détaillée de l'estimateur de mouvement est disponible dans [8].

Dans nos expérimentations, le mouvement a été estimé sur un groupe de huit images. Nous avons utilisé une segmentation connue a priori pour détecter la ligne de rupture dans la zone d'occultation. Les tests ont été effectués sur les séquences *Mobile And Calendar* (CIF, 30Hz) et *Erik* (CIF, 30Hz). Pour la séquence *Mobile And Calendar*, la zone d'occultation est la zone frontière entre le ballon rouge et l'arrière-plan, la ligne de rupture a été positionnée sur le contour du ballon rouge. Pour la séquence *Erik*, la ligne de rupture est positionnée sur le contour de la personne en avant-plan. La figure 6 montre les résultats d'estimation du mouvement pour la séquence *Mobile And Calendar* à l'aide d'un maillage manifold et du maillage non-manifold créé avec la ligne de rupture. La figure montre également la prédiction d'images de la séquence par la première image compensée en mouvement. Sans les lignes de rupture, la prédiction dans la zone d'occultation montre des textures étirées. Ce phénomène est très nettement atténué avec le maillage non-manifold. Le même constat peut être fait pour la séquence *Erik*. Le maillage non-manifold permet d'améliorer l'estimation du mouvement dans les zones d'occultation ainsi que la prédiction de la texture dans ces zones.

Le maillage non-manifold a été intégré dans un système de codage vidéo [10]. Dans ce schéma, il est nécessaire de prendre en compte le codage de la ligne de rupture, cependant son coût est faible (de 1 à 3kb/s). De plus, l'utilisation du maillage non-manifold permet d'améliorer le coût de codage du mouvement, ce qui permet de compenser alors le surcoût de la ligne de rupture. Le tableau 1 montre le coût de codage du mouvement et de la ligne de rupture pour un maillage manifold et un maillage non-manifold pour les séquences *Erik*, *Mobile And Calendar* et *Flower Garden*.

5 Conclusion

Nous avons présenté une nouvelle structure de maillage non-manifold utilisant la notion de lignes de rupture. Le maillage non-manifold permet de représenter les discontinuités du mou-

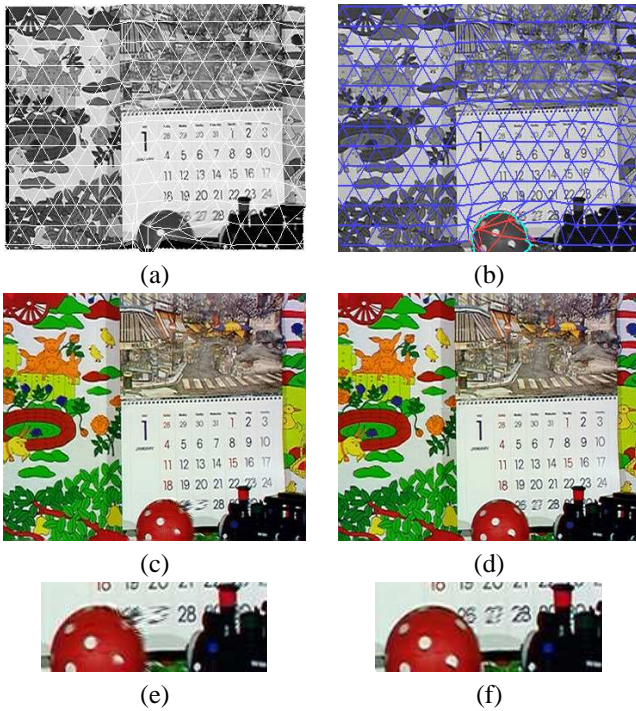


FIG. 5: Estimation du mouvement: comparaison entre un maillage manifold (a) et notre maillage non-manifold (b). (c) Prédiction de la texture par un maillage manifold et (e) zoom sur la zone d'occultation. (d) Prédiction de la texture par notre maillage non-manifold et (f) zoom sur la zone d'occultation.

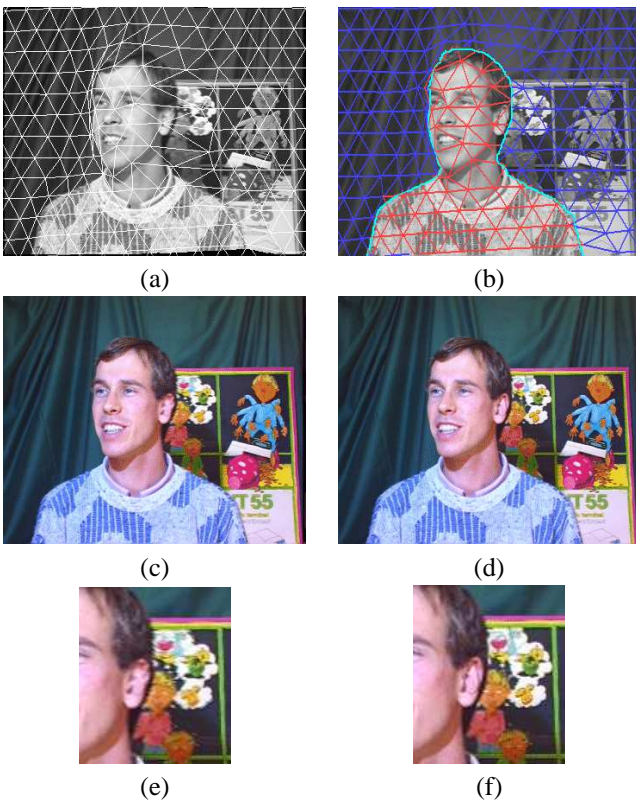


FIG. 6: Estimation du mouvement: comparaison entre un maillage manifold (a) et notre maillage non-manifold (b). (c) Prédiction de la texture par un maillage manifold et (e) zoom sur la zone d'occultation. (d) Prédiction de la texture par notre maillage non-manifold et (f) zoom sur la zone d'occultation.

vement introduites par les objets en mouvement. Ce maillage a été utilisé dans un schéma d'estimation du mouvement d'une séquence vidéo. Nous avons présenté des résultats visuels et quantitatifs sur des séquences réelles qui montrent que le maillage non-manifold permet d'améliorer l'estimation du mouvement dans les zones d'occultation et la prédiction de la texture dans ces zones. Les travaux futurs sur ce schéma auront pour but de proposer une représentation de la texture sous la forme de surface adaptée au maillage non-manifold afin de l'intégrer dans un schéma de codage vidéo.

References

- [1] Y. Nakaya and H. Harashima, "Iterative motion estimation method using triangular patches for motion compensation" *Proceedings of SPIE Conference on Visual Communication and Image Processing*, Boston, USA, Nov 1991, vol 1605-2, pp. 500-510.
- [2] Y. Wang and O. Lee, "Active mesh-A feature seeking and tracking image sequence representation scheme" *IEEE Transactions on image processing*, vol 3:5, pp. 610-622, Sept 1994.
- [3] Y. Wang and O. Lee and A. Vetro, "Use of two-dimensional deformable mesh structures for video coding, part II- The analysis problem and a region-based coder employing an active mesh representation" *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, vol 6:6, pp. 647-659, Dec 1996.
- [4] N. Laurent and P. Lechat and H. Sanson, "Limitation of triangles overlapping in mesh-based motion estimation using augmented lagrangian" *5th IEEE International Conference on Image Processing, ICIP'98*, Chicago, USA, Oct 1998, vol 2, pp. 223-227.
- [5] C. Toklu and A. M. Tekalp and T. Erdem, "2-D Triangular mesh-based mosaicking for object tracking in the presence of occlusion" *Proc. of SPIE Visual Communication and Image Processing, VCIP'97*, pp. 328-337, 1997.
- [6] Y. Altunbasak and A.M. Tekalp, "Occlusion-adaptive, content-based mesh design and forward tracking", *IEEE Transactions on image processing*, vol 6:9, pp. 1270-1280, Sept 1997.
- [7] N. Laurent, "Hierarchical mesh-based global motion estimation, including occlusion area detection" *7th IEEE International Conference on Image Processing, ICIP'00*, Sept 2000, Vancouver, Canada.
- [8] S. Pateux and G. Marquant and D. Chavira-Martinez, "Object mosaicking via meshes and cracklines technique. Application to low bit-rate video coding" *Proceedings of Picture Coding Symposium 2001*, Seoul, Korea, 2001.
- [9] G. Marquant and S. Pateux and C. Labit, "Mesh and "Crack Lines": Application to object-based motion estimation and higher scalability" *7th IEEE International Conference on Image Processing, ICIP'00*, Sept 2000, Vancouver, Canada.
- [10] N. Cammas and S. Pateux, "Fine grain scalable video coding using 3D wavelets and active meshes" *SPIE Visual Communications and Image Processing, VCIP 2003* Santa Clara, USA, Jan 2003.