

DETECTION DU CONTOUR EXTERIEUR D'OBJETS

EN MOUVEMENT SUR FOND NON UNIFORME

C. VIEREN^{*}, J-G. POSTAIRE^{*}
P. BONNET^{*} et J-P. DEPARIS^{**}

^{*} Centre d'Automatique, Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, FRANCE

^{**} INRETS/CRESTA, 20 rue Elysée Reclus, 59650 Villeneuve d'Ascq, FRANCE

RÉSUMÉ

Nous proposons un nouvel opérateur basé sur la différence d'images, permettant la recherche des contours en mouvement dans une scène où se déplacent des objets quelconques en lumière naturelle et sur fond non uniforme. Les contours en mouvement sont d'abord détectés en combinant des opérations de différence et de détection de contours sur les images de la séquence. Nous montrons comment, grâce à cet opérateur, nous pouvons ensuite modéliser de manière satisfaisante la scène à l'aide de modèle octogonaux. Des résultats sur scènes réelles de trafic routier urbain montrent la robustesse de l'opérateur et permettent d'envisager le contrôle de trafic.

SUMMARY

We propose a new frame difference-based operator for extraction of moving edge of objects in movement on non-uniform background and under natural light. Moving edges are first detected by combining differencing and differential operations on successive frames of the sequence. The detected boundaries are then used to generate minimum bounding octagonal models of the moving objects. The algorithm, implemented on a standard image processor, has been tested using video-tapes of urban street crossings under various natural lighting conditions.

I. INTRODUCTION

Dans pratiquement toutes les tâches d'analyse des scènes dynamiques, la première étape est la segmentation, c'est à dire la division de l'image en régions mobiles et en régions immobiles.

Parmi les approches classiques de segmentation d'objets ne faisant pas appel à la notion de structure, nous trouvons la méthode du gradient spatio-temporel /1,2,3,4/, la méthode de détection des changements d'intensité /5/ et la méthode de détection des contours en mouvement /6,7/. Toutes ces techniques utilisent les changements entre paires d'images successives afin d'extraire les objets mobiles de la séquence.

La méthode de différence d'images ne permet la segmentation des objets en mouvement que sous des hypothèses restrictives telles que objets polygonaux, niveaux de gris homogènes /8,9/ ou déplacements réguliers /10,11/.

Afin de s'affranchir de certaines de ces limitations, Haynes et Jain /6/ proposent un opérateur combinant la détection du mouvement et la détection des contours de telle sorte que l'opérateur ne répond fortement que pour les points de contour en mouvement de l'image courante. Cette approche intéressante, rendue depuis plus robuste par /7/, devient cependant totalement inexploitable dans le cas d'objets se déplaçant sur un fond non uniforme.

C'est pourquoi nous proposons un nouvel opérateur permettant d'extraire le contour extérieur d'objets en mouvement se déplaçant sur fond non uniforme.

II. DETECTION DU MOUVEMENT

Un arrangement symétrique des différences entre trois images successives est utilisé pour détecter les mouvements inter-images qui peuvent se produire avant et après l'instant correspondant à l'image courante. L'image différence entre l'image précédente P et l'image courante C est notée D(P,C) et l'image différence entre l'image courante C et l'image suivante N est notée D(C,N). La figure 1 illustre une scène contenant un objet qui s'est déplacé vers la droite sur un fond non-uniforme. Dans les deux images différence, l'objet en mouvement produit des régions ayant des valeurs de niveaux de gris élevés. On peut distinguer la région frontale qui a été couverte par l'objet entre deux images successives à l'extrémité avant de l'objet. De la même manière, la région arrière découverte apparaît à l'extrémité arrière. Nous allons utiliser le contour extérieur de ces régions pour segmenter les objets en mouvement dans leur position courante.

Dans la seconde étape de la procédure, les contours apparaissant dans l'image différence sont mis en évidence au moyen d'un opérateur de gradient. Soit $G[D(P,C)]$ et



$G[D(C,N)]$ les réponses des deux images différence à cet opérateur. La figure 2 montre les contours contenus dans les deux images différence de la figure 1 obtenus à partir de l'opérateur 3×3 de Prewitt.

Nous pouvons observer que chacune des images gradient $G[D(P,C)]$ et $G[D(C,N)]$ contiennent trois types de contour :

- les contours extérieurs de l'objet en mouvement dans sa position dans l'une des deux images composant l'image différence ;
- les contours extérieurs de l'objet en mouvement dans sa position dans l'autre image composant l'image différence ;
- les contours du fond dans les régions avant et arrière qui ont été couvertes et découvertes par l'objet en mouvement.

Cette observation est à la base de la méthode proposée pour extraire les contours des objets uniquement dans leur position courante.

III. EXTRACTION DES CONTOURS EN MOUVEMENT

Pour des raisons de simplicité, la méthode est d'abord présentée sur l'exemple monodimensionnel de la figure 3 où un objet homogène se déplace sur un fond non-uniforme. La stratégie est de former les images différence $D(P,C)$ et $D(N,C)$ puis de détecter les contours dans ces images au moyen d'un opérateur différentiel. On peut alors observer que seuls les contours bordant l'objet en mouvement dans sa position courante apparaissent à la fois dans $G[D(P,C)]$ et dans $G[D(C,N)]$. Tous les autres contours, c'est à dire ceux bordant l'objet en mouvement dans sa position précédente et dans sa position suivante, ainsi que ceux du fond non uniforme dans les régions couvertes et découvertes durant le mouvement, n'apparaissent que dans une seule des deux images de contour $G[D(P,C)]$ et $G[D(C,N)]$.

On peut alors extraire les contours bordant l'objet en mouvement dans sa position courante en multipliant point à point ces deux images. L'opérateur d'extraction des contours en mouvement devient ainsi :

$$M(C) = G[D(P,C)] \times G[D(C,N)]$$

Les points de contours en mouvement peuvent alors être extraits de l'image $M(C)$ par simple seuillage.

Notons que si le niveau de gris de l'objet n'est pas homogène, des contours apparaîtront sur le segment AB de l'image de contours $G[D(P,C)]$ ainsi que sur le segment CD de l'image de contours $G[D(N,C)]$. Comme dans le cas de l'objet uniforme de la figure 3, la multiplication de ces deux images préservera les contours extérieurs de l'objet dans sa position courante mais des contours intérieurs apparaîtront. Des contours intérieurs peuvent également apparaître lorsque le segment couvert par l'objet entre les images P et C recouvre la région découverte entre les images C et N. Heureusement, ces contours intérieurs ne modifient nullement la position et la forme extérieure de l'objet en mouvement détecté.

La figure 4 montre le résultat seuillé du détecteur de contours en mouvement proposé pour la séquence de laboratoire de la figure 1 avec un objet de niveau de gris uniforme se déplaçant sur fond non-uniforme.

Nous avons remarqué que, dans le cas monodimensionnel, la procédure se comporte bien même si le niveau de gris des objets en mouvement n'est pas uniforme. Les résultats expérimentaux suivants démontrent cette propriété.

IV. RESULTATS EXPERIMENTAUX SUR SCENES REELLES.

L'algorithme d'extraction des contours des objets en mouvement a été appliqué à des scènes réelles de trafic urbain pour démontrer l'efficacité de la procédure dans des situations non-triviales. La séquence de la figure 5 est constituée d'images acquises toutes les 1,5 s à partir d'une caméra fixe noir et blanc. De nombreux objets présentent un faible contraste par rapport au fond composé de différentes zones telles que zones pavées, trottoirs, quai, rails de tramway, etc... Le nombre d'objets en mouvement est relativement important et leurs mouvements sont pratiquement imprévisibles.

Afin d'améliorer le processus d'extraction dans des scènes réelles, l'image $M(C) = G[D(P,C)] \times G[D(C,N)]$ subit une opération de lissage, qui réduit le bruit et améliore, dans l'image résultante $M(C)$, la connexité des différentes parties des contours extérieurs (cf. figure 6).

Chaque objet en mouvement peut désormais être décrit à partir des points extérieurs de chaque ensemble de points connexes détecté. Cependant, cette représentation explicite est lourde à manipuler. Nous l'avons remplacée par un modèle polygonal qui représente une approximation de l'espace occupé par chaque ensemble de points connexes. Ce polygone est un octogone, composé de quatre côtés parallèles aux axes horizontal et vertical et de quatre côtés de pentes ± 1 par rapport à ces mêmes axes (cf. figure 7).

Les modèles des objets en mouvement produits par cette procédure de modélisation ont été superposés sur les images courantes originales de la séquence de la figure 5, permettant ainsi un simple contrôle visuel des performances de l'algorithme.

Un examen précis de cette séquence indique que l'approche se comporte bien vis à vis de scènes réelles contenant plusieurs objets en mouvement. En dépit de la nature complexe de la scène observée, chaque objet mobile est modélisé sans ambiguïté par un octogone et aucune mauvaise détection n'apparaît. La détection du piéton traversant la scène, illustre le fait que même des objets représentant moins de 0,3 % de l'image entière sont correctement détectés.

L'algorithme présenté dans cette article a été implanté sous forme logicielle sur un système Intel 380 autour d'un microprocesseur 80386 équipé de cartes image IP-512 d'Imaging Technology. Le temps de calcul obtenu dépend du nombre et de la taille des objets en mouvement présents dans la scène. Ce temps n'a jamais dépassé la limite de 1,5 s par image.

V. CONCLUSION

En combinant le mouvement et le contraste, une méthode a été développée afin de segmenter les contours extérieurs d'objets en mouvement sur fond non uniforme. Il est à noter qu'aucune hypothèse n'a été émise sur le niveau de gris, la forme, la position ou l'allure des objets.

L'algorithme entièrement développé en logiciel ne permet pour l'instant une analyse des images de la séquence qu'à la cadence d'une image sur trente cinq à la cadence vidéo. Quoiqu'une telle fréquence d'échantillonnage soit suffisante pour réaliser un contrôle grossier de la scène, le système ne peut être considéré comme temps réel. C'est pourquoi une architecture câblée est actuellement en développement et nous espérons que le traitement permettra de suivre la cadence vidéo.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont reçu le support de Institut National de la Recherche sur les Transports et leur Sécurité (contrat avec l'USTLFA n°85-207). Les auteurs remercient particulièrement Yves David de l'INRETS pour son soutien et son aide dans le déroulement de cette étude.

REFERENCES

/1/ B.K.P. HORN and B.G. SCHUNK, Determining optical flow, *Artificial Intelligence*, Vol. 17, 1981.
 /2/ J. MA, X. LU and C. WU, A motion constraint equation under space varying or time varying illumination, *Pattern Recognition Letters*, Vol. 5, 203-205, 1987.
 /3/ C.L. FENNEMA and W.B. THOMPSON, Velocity determination in scenes containing several moving objects, *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 9, 301-315, 1979.
 /4/ J. FACON, Un système d'étude du déplacement d'objets à partir de séquences d'images, *Thèse de Doctorat*, Université de Compiègne, France, 1987.
 /5/ S. YALAMANCHILI, W.N. MARTIN and J.K. AGGARWAL, Extraction of moving object descriptions via differencing, *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 18, 188-201, 1982.

/6/ S.M. HAYNES and R. JAIN, Detection of moving edges, *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 21, 345-367, 1983.
 /7/ P. STELMASZYK, J.-G. POSTAIRE and P. BONNET, Analyse de séquences d'images par détection des contours en mouvement, *APII journal*, Vol. 22, 109-114, 1988.
 /8/ R. JAIN and H.H. NAGEL, On a motion analysis process of image sequences from real world scenes, IFI-HH-B-48/78 Institut für Informatik der Univ. Hamburg, 1978.
 /9/ R. JAIN, W.N. MARTIN and J.K. AGGARWAL, Segmentation through the detection of changes due to motion, *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 11, 13-34, 1979.
 /11/ R. JAIN and H.H. NAGEL, On the analysis of accumulative difference pictures from image sequences of real world scenes, *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-1, n°2, 206-214, 1979.
 /10/ R. JAIN, Difference and accumulative difference pictures in dynamic scene analysis, *Image and Vision Computing*, Vol. 2, n° 2, 99-108, 1984.

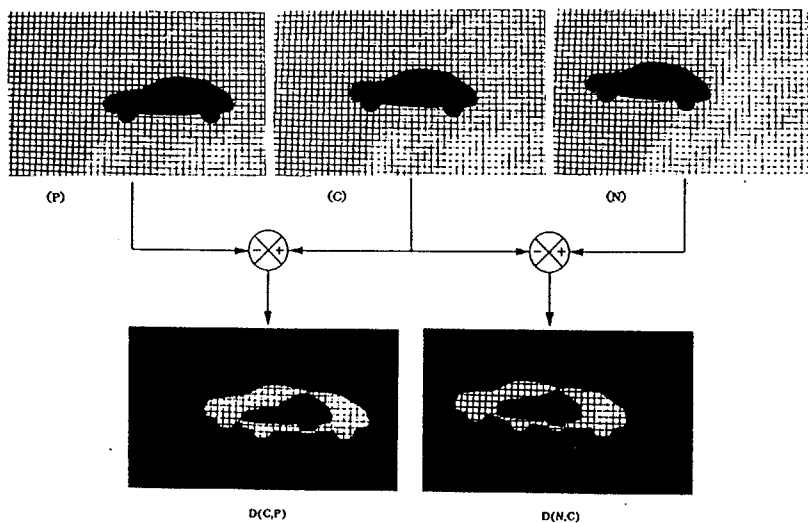


Figure 1 : Images originales et images différence

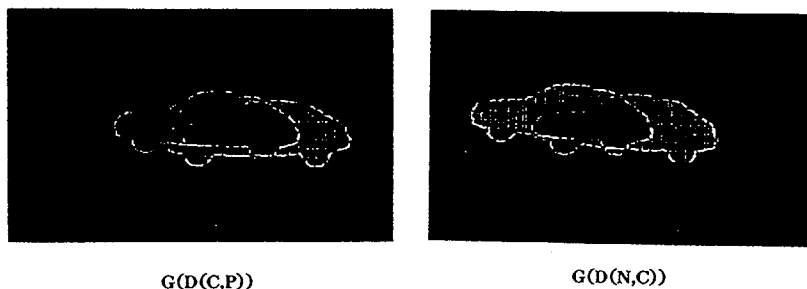


Figure 2 : Contours des images différence

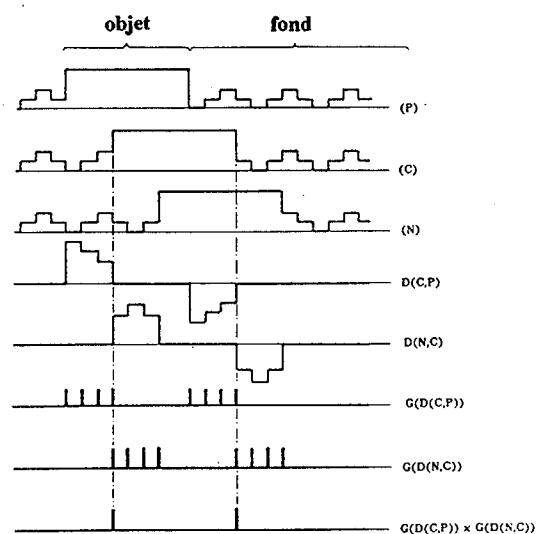


Figure 3 : Extraction des contours en mouvement dans le cas monodimensionnel

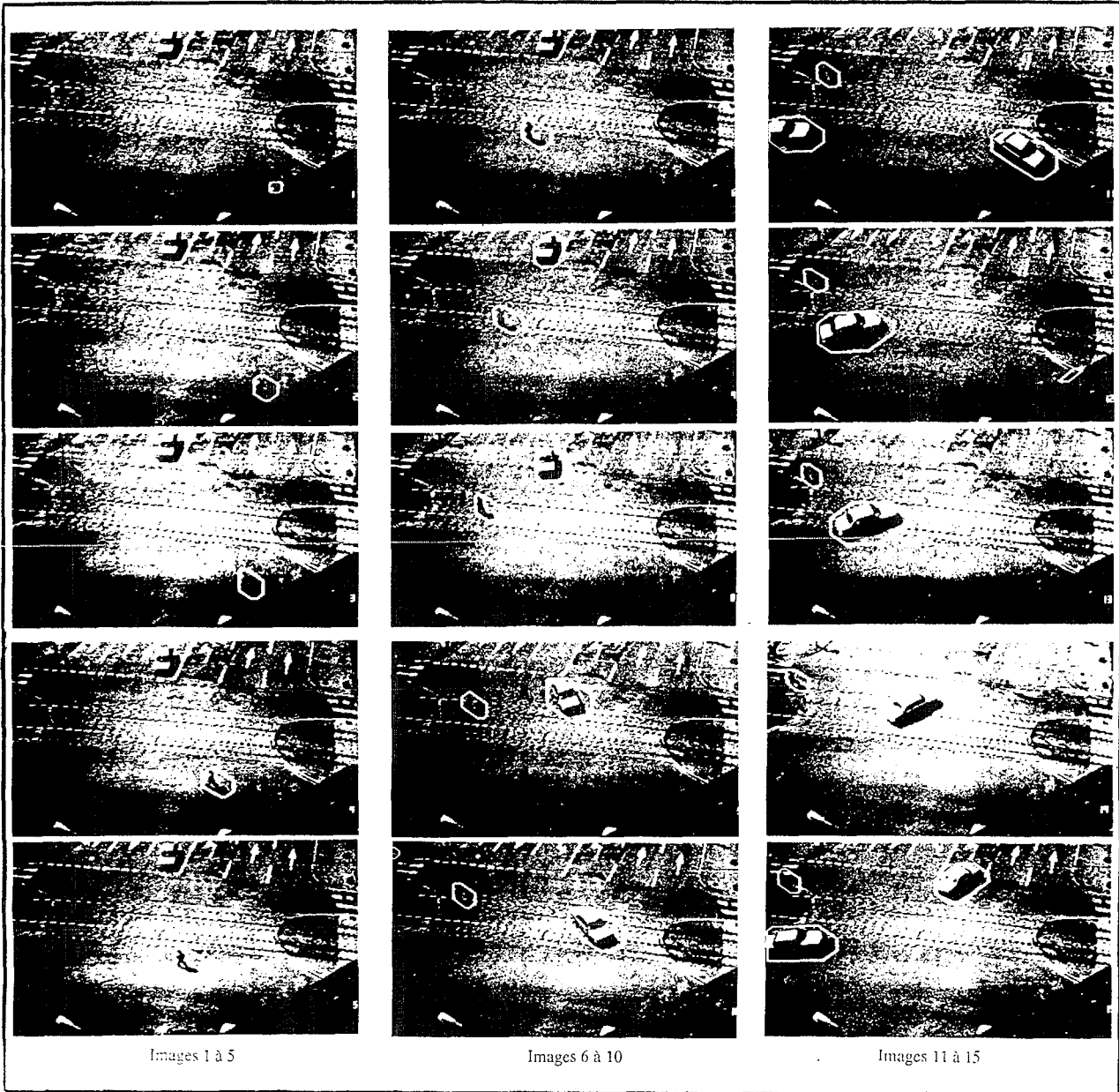
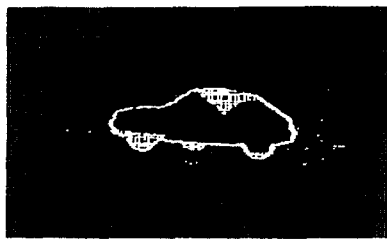
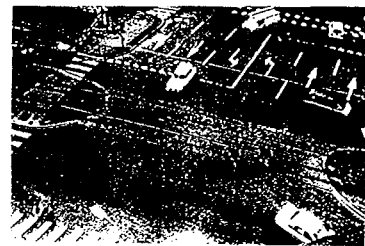


Figure 5 : Séquence d'images réelles



$M(C)$



(C)

Figure 4 : Extraction des contours en mouvement de l'image C de la figure 1

modèle octogonal

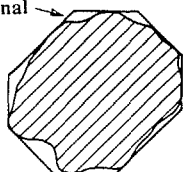


Figure 7 : Modélisation des objets en mouvement



$M_1(C)$



$M_2(C)$

Figure 6 : Filtrage de l'image des contours en mouvement