

PREMIER COLLOQUE IMAGE

Traitement, Synthèse, Technologie et Applications

BIARRITZ - Mai 1984 -

DETERMINATION DE LA POSITION D'UN OBJET MANUFACTURE EN TEMPS REEL VIDEO PAR PROCESSEURS CABLES.
 DETERMINATION OF THE ORIENTATION OF AN INDUSTRIAL FLAT OBJECT BY HARDWARE REAL-TIME PROCESSING.

J.P. DERUTIN, J. ALIZON, J. GALLICE

Laboratoire d'Electronique et Résonance Magnétique (LERM) - ERA 90 - UNIVERSITE DE CLERMONT II - BP. 45
 63170 AUBIERE - FRANCE

RESUME

THEME : T8, A2

Dans cet article est exposée l'implantation d'un algorithme de détermination de la position d'un objet isolé par traitement d'image vidéo à l'aide de processeurs de traitement câblés. Ces processeurs évoluent en temps réel à la vitesse vidéo et permettent d'obtenir l'orientation et le pile/face de l'objet en 60 ms. Ce temps, qui comprend l'acquisition et la numérisation de l'image, le traitement et la transmission du résultat à un bras manipulateur, est ainsi pratiquement transparent pour toutes opérations industrielles de manutention. Les processeurs de traitement mis en place opèrent sur des images ayant une définition de 256 pels x 256 pels x 8 bits :

PROCESSEUR "EXTRACTION DE CONTOUR"	} 20 ms
PROCESSEUR "BARYCENTRE DU CONTOUR"	

PROCESSEUR "TRANSLATION D'IMAGE"	} 20 ms
PROCESSEUR "COINCIDENCE LOGIQUE D'IMAGES"	

Le temps de calcul à partir des informations recueillies à l'aide de ces processeurs est de 16 ms.

Le PRIVE (Processeur d'Images Vidéo d'Evaluation) conçu et réalisé au LERM est le système de traitement d'images utilisé pour développer cette application câblée.

MOTS CLES : Algorithme, orientation d'objet plat - Architecture - Processeur de vision - Processeurs de traitement "temps réel".

SUMMARY

THEME : T8, A2

In this paper is exposed the implantation of an algorithm for the detection of the orientation of isolated flat object by hardware image processing.

These processors work in video real-time and allow to obtain the orientation and the face of a flat object within 60 ms.

In this time is included acquisition, digital quantization and transmission of the result to a manipulator. So it is quasi transparent for all industrial manipulations.

The processors use images which have a definition of : 256.256 pixels, with a 8 bits dynamic range.

"EDGE DETECTION" Processor	} 20 ms
"EDGE BARYCENTER" Processor	
"IMAGE TRANSLATION" Processor	} 20 ms
"LOGIC COINCIDENCE" Processor	

The execution time for the final result from the informations of processors is 16 ms.

The PRIVE : "Processeur d'Images Vidéo d'Evaluation" realized in LERM is the image processing system used for this hardware application.
INDEX TIME : Algorithm, orientation of flat object - Architecture - Image processing - Real-time Hardware Processors.

DETERMINATION DE LA POSITION D'UN OBJET MANUFACTURE EN TEMPS REEL VIDEO PAR
 PROCESSEURS CABLES.
 DETERMINATION OF THE ORIENTATION OF AN INDUSTRIAL FLAT OBJECT BY HARDWARE REAL-TIME
 PROCESSING. J.P. DERUTIN, J. ALIZON, J. GALLICE

KAMMENOS (3), ZURCHER (4) ont proposé une représentation utilisant une signature polaire. DESSIMOZ (5) a proposé pour la représentation du contour de l'objet, une suite de lignes droites et de courbes formant un chaînage (segmentation).

La description que nous nous sommes proposés d'utiliser est un ensemble de points particuliers : (1)

- le barycentre G du contour de l'objet
- les points d'intersection entre ce contour et un cercle de rayon R, centré sur G et obtenu lors d'une phase d'apprentissage. (Figure 3).

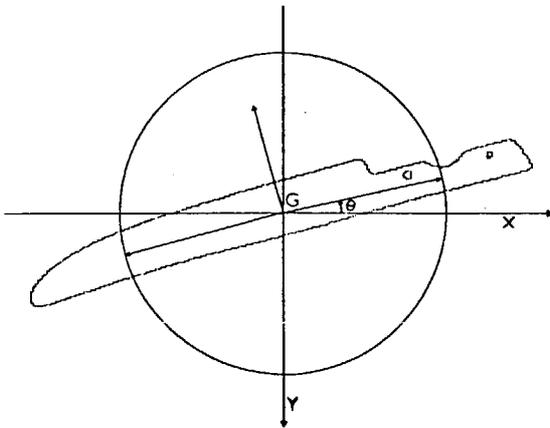


Figure 3

Les différentes étapes pour déterminer l'orientation et le pile/face de l'objet sont donc :

- détermination du contour de l'objet
- calcul du barycentre du contour
- translation du contour pour faire coïncider son barycentre G avec le centre du cercle.
- intersection du contour avec le cercle afin d'obtenir les points caractéristiques nécessaires au calcul de l'orientation de l'objet.

L'implantation logicielle de cet algorithme nous a amené aux résultats suivants : (figure 4)

OPERATION	Phase A	Phase B	Phase 1	Phase 2	Phase 3	TEMPS ms.
	Acquisition 1/2 IMAGE TV	Extraction de Contour	Barycentre G	Intersec- tion logique	Calcul FACE	
LOGICIEL	20	3000	90	50	16	3176
OPERATEUR ETAPE 1	20		TRANSFERT			118
	OPERATEUR		32	50	16	
OPERATEUR ETAPE 2	20		OPERATEUR			56
	OPERATEUR		20	16		

Figure 4

Le temps global pour obtenir l'orientation et le pile/face de l'objet est supérieur à 3 secondes, ce qui est incompatible avec une cadence de traitement demandée d'une seconde par objet en site industriel, compte tenu du temps pris par la manutention. Nous avons donc envisagé l'implantation de cet algorithme à l'aide de processeurs de traitement câblés spécifiques.

Deux solutions peuvent être retenues :

* 1 - l'extraction de contour et la détermination du barycentre sont obtenues par processeurs câblés évoluant à vitesse vidéo.

- les adresses des points du contour sont stockées en données dans un plan mémoire image (2000 valeurs) à vitesse vidéo. Le processeur local de gestion transfère ces données dans sa mémoire locale, effectue la translation, la coïncidence et calcule l'orientation.

Dans cette configuration, le temps d'exécution global de l'algorithme est de 118 millisecondes. (Figure 5).

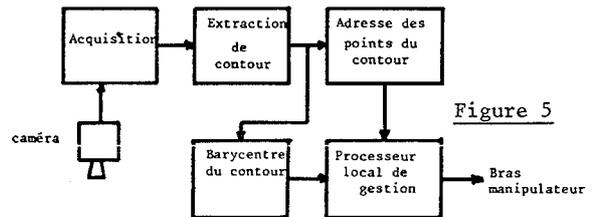


Figure 5

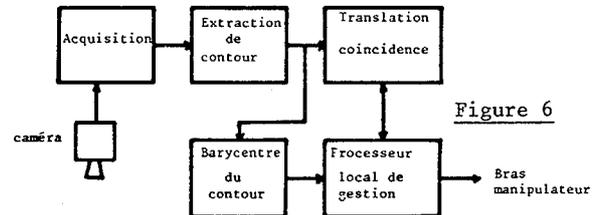


Figure 6

* 2 - Le calcul de l'orientation à partir des points d'intersection est réalisé par le processeur local de gestion, toutes les autres opérations décrites précédemment sont réalisées par processeurs câblés.

Dans cette nouvelle configuration, le temps d'exécution global de l'algorithme est de 56 ms.

Cette configuration, par rapport à la précédente, nécessite un processeur de translation et un processeur de coïncidence travaillant d'une part sur le flot de données issu du processeur de traitement et d'autre part, du flot de données représentant le cercle et étant issu d'un plan mémoire image. (Figure 6).

3 - PROCESSEUR "EXTRACTION DE CONTOUR"

L'algorithme d'extraction de contour utilisé est celui de ROBERTS. Dans cette application, un algorithme travaillant sur une fenêtre 2 par 2 est suffisant. L'architecture (6) retenue serait identique pour un algorithme tel que celui de SOBEL. (fenêtre 3 par 3).



DETERMINATION DE LA POSITION D'UN OBJET MANUFACTURE EN TEMPS REEL VIDEO PAR PROCESSEURS CABLES.
 DETERMINATION OF THE ORIENTATION OF AN INDUSTRIAL FLAT OBJECT BY HARDWARE REAL-TIME PROCESSING.
 J.P. DERUTIN, J. ALIZON, J. GALLICE

Ce processeur est réalisé en technologie TTL série LS,S ou F.

Il est scindé en deux blocs :

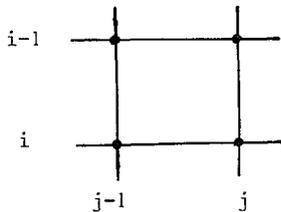
- extraction de contour "vitesse vidéo"
- transformation de l'intensité lumineuse par table de transfert.

Ce deuxième bloc permet dans notre application de binariser l'image.

3.1 - Bloc "extraction de contour"

L'algorithme de ROBERTS (gradient) utilise une fenêtre 2x2 telle que :

$$z = |f(i, j-1) - f(i-1, j)| + |f(i-1, j-1) - f(i, j)|$$



Le bloc "extraction de contour" possède une architecture du type "PIPE-LINE" (8). Le synoptique d'un tel système est représenté par la figure 7 ci-contre.

Cet algorithme nécessite la mémorisation de la ligne i-1 et des points j-1 et j de la ligne i ceci afin d'avoir à l'instant t d'échantillonnage les quatre points disponibles pour le calcul de z. La ligne i-1 est stockée dans une mémoire SRAM rapide utilisée en FIFO. Elle fonctionne en mode lecture/écriture à une même adresse. Ainsi, les valeurs j-1 et j de la ligne i-1 sont restituées tandis que les points j-1 et j de la ligne courante i sont stockés pour le passage suivant (ligne i + 1).

Les valeurs absolues intervenant dans le calcul de z sont obtenues par tables de transfert préprogrammées. Le temps disponible pour effectuer le calcul est de 200 ns. Compte tenu des éléments TTL utilisés, il n'est pas utile d'introduire d'éléments de retard. L'obtention du résultat est synchronisé avec l'ensemble par l'introduction d'un élément de retard.

Ainsi, le processeur évolue à la cadence de l'acquisition et le contour est obtenu à vitesse vidéo.

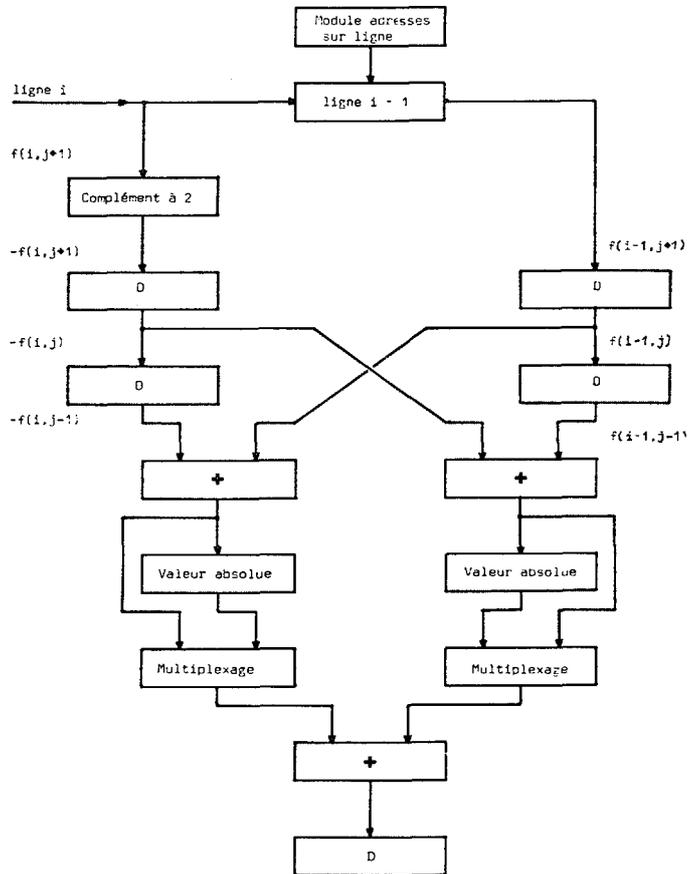


Figure 7



Dans cette application, le bloc extraction de contour précède le bloc "table de transfert" ; celui-ci ayant pour fonction la binarisation du résultat "contour".

Dans le cas d'une réalisation industrielle, l'extracteur de contour peut travailler sur une image binaire, ce qui a pour conséquence de réduire considérablement le hardware de celui-ci.

Dans notre application, il nous a paru intéressant de mettre en oeuvre un processeur d'extraction de contour travaillant sur des informations 8 bits afin de maîtriser de tels problèmes, ce qui nous permet actuellement de définir une architecture supportant des processeurs plus sophistiqués. (Convolueur spatial temps réel).

4 - PROCESSEUR "BARYCENTRE".

Ce module détermine le barycentre du contour de l'objet au fur et à mesure de l'arrivée des coordonnées des points de celui-ci.

Il réalise la somme des coordonnées X et Y de chaque pel et mémorise le nombre de points du contour.

Les résultats X_i et Y_i , ainsi que le nombre de points du contour sont lus à la fin de la trame vidéo par le processeur local de gestion via un périphérique entrées/sorties.

Ce processeur utilise des éléments TTL rapides classiques.

5 - PROCESSEUR "TRANSLATION ET COINCIDENCE"

Ce module est composé de deux blocs :

- translation d'image 256.256

- coïncidence de deux images : l'une issue du bloc "Translation", et l'autre d'un plan mémoire image.

Ces deux blocs fonctionnent à vitesse vidéo.

5.1 - Bloc "Translation"

Ce bloc réalise la translation d'une image issue soit de l'acquisition, soit d'un processeur de traitement.

Cette translation s'effectue selon deux valeurs de déplacement en X et en Y, la gestion des effets de bord étant assurée par le bloc. Ces valeurs sont présentées par le processeur local de gestion. Le déplacement possible est de +/- 127 en X et Y.

Dans notre application, le barycentre du contour de l'objet doit coïncider avec le centre du cercle mémorisé utilisé par l'algorithme. Les valeurs de translation sont donc obtenues par :

$$X_o = X_c - X_g \quad \text{et} \quad Y_o = Y_c - Y_g$$

Le calcul des nouvelles coordonnées en Y des points de l'image traduite ne pose aucun problème, le principe étant d'utiliser des blocs "additionneurs" classiques. Par contre, l'obtention des nouvelles coordonnées en X se révèle plus délicate du fait de l'organisation des plans mémoire image en 32 bits : stockage des points 4 par 4 avec une seule adresse par bloc de 4 points. Pour obtenir une précision suffisante lors de la translation, cette dernière doit s'effectuer par incrément d'une valeur égale

à un point. Cette remarque implique la mise en oeuvre d'une logique appropriée pour s'affranchir de ce problème sans transformer l'organisation de l'adressage de la mémoire image.

5.2 - Bloc "Coincidence"

Ce bloc travaille sur des images binaires. Il compare deux images et donne l'information : point présent (=1) à la même adresse dans celles-ci. A la fin de la trame, nous disposons dans une mémoire tampon accessible par le processeur local de gestion de l'adresse de ces points.

Dans l'application proposée, lors de la phase d'apprentissage, le cercle est mémorisé dans un plan mémoire image. En phase d'exploitation, le bloc réalise la coïncidence entre le contour de l'objet traduit et le cercle. Les points d'intersection sont stockés, puis utilisés pour le calcul de l'orientation par le processeur local de gestion.

Ce bloc utilise la propriété de double accès de la mémoire image (figure 2) ; c'est-à-dire de réaliser des traitements "temps réel vidéo" sur une image acquise et une image mémorisée. La limite de cette configuration est bien entendu d'une part, le temps de cycle des DRAM utilisées (cycle LECTURE/MODIFICATION/ ECRITURE) et d'autre part, le temps de calcul nécessité par le traitement.

6 - CONCLUSION

La mise en oeuvre de cet algorithme par solution câblée nous a permis de mettre en valeur l'emploi de processeurs de traitement câblés pour de telles applications. Ce type de problème met également en évidence la nécessité de concevoir des algorithmes directement pensés en terme de "temps réel vidéo".

Cela nous a permis aussi d'affirmer les capacités d'évaluation matérielle et logicielle de notre processeur de vision : le PRIVE. Il est cependant évident que, pour l'aspect évaluation matérielle, les processeurs implantés sont trop spécifiques pour envisager de résoudre un vaste éventail d'applications en vision industrielle. C'est pourquoi, nos efforts actuels sont orientés vers l'étude et la réalisation de processeurs de traitement généraux programmables ou microprogrammables.



DETERMINATION DE LA POSITION D'UN OBJET MANUFACTURE EN TEMPS REEL VIDEO PAR
PROCESSEURS CABLES.

DETERMINATION OF THE ORIENTATION OF AN INDUSTRIAL FLAT OBJECT BY HARDWARE REAL-TIME
PROCESSING J.P. DERUTIN, J. ALIZON, J. GALLICE

BIBLIOGRAPHIE

- (1) G. RIVES, J.P. DERUTIN, M. RICHTIN, J. ALIZON,
J. GALLICE
An algorithm for isolated object location in di-
gital images
Proceedings ICASSP82 IEEE International confe-
rences on Acoustics, Speech, and signal pro-
cessings.
Paris, 1982, p 1924
- (2) J.P. DERUTIN, J. ALIZON, J. GALLICE
Architecture d'un système "temps réel" pour trai-
tement d'images numériques vidéo.
4è Congrès Afcet "Reconnaissance des formes -
Intelligence Artificielle"
25-26 et 27 janvier 1984, Paris
- (3) P. KAMMENOS
Performance of polar coding for visual location
of plane object
Proceedings of 8th International Symposium of
Industrial Robots.
Stuttgart, Germany, 1978
- (4) J.M. ZURCHER
Conception d'un système visuel pour robots
industriels
Compte-rendu des journées de microtechnique 1978
Institut de Microtechnique St Sulpice, Lausanne,
Suisse.
- (5) J.D. BESSIMOZ
Visual Identification and location in a multi
object environnement by contour tracking and
curvature description.
Proceedings of 8th International Symposium of
Industrial Robots.
Stuttgart, Germany, 1978
- (6) J.P. DERUTIN
Contribution à la réalisation d'un système de
traitement numérique d'images vidéo.
Application : optimisation d'algorithmes et
mise en oeuvre d'opérateurs cablés en vue de tri
planaire "temps réel".
Thèse de Docteur-Ingénieur en électronique
Université de Clermont-Fd II, 1982
- (7) W.K. PRATT
Digital Image Processing
A Wiley Interscience Publication 1978, p 487
- (8) M.J.B. DUFF
(University College London, G.B.)
Parallel processing machines for images
3è Congrès "Reconnaissance des formes et intel-
ligence artificielle. Septembre 1981.