



EXTRACTION D'INFORMATIONS A PARTIR DE SCENES ROBOTIQUES EN ECLAIRAGE NON CONTROLE

J-P ROGALA, S. SIMON

Centre Scientifique IBM France
36, av. R. Poincaré
75116 PARIS FRANCE

Résumé:

Nous présentons ici des méthodes permettant à un système de vision de s'adapter à des variations non contrôlées de l'éclairage. Elles concernent l'utilisation de modèles et le choix des traitements et de leurs paramètres. Elles ont été appliquées au contrôle on-line de l'insertion de composants électroniques sur une carte par un robot.

Un obstacle majeur au développement rapide d'applications de vision est la fragilité des systèmes vis-à-vis des conditions d'éclairage. Le succès d'une application nécessite souvent des modifications ad hoc de l'environnement (éclairage supplémentaire, peinture spéciale, écrans...) ou une mise au point délicate et l'appel à un expert en traitement d'images pour fixer certains paramètres nécessaires (e.g. seuils).

Le travail présenté ici porte sur les traitements, les choix, et les adaptations qui permettent à un système de vision d'extraire des primitives tout en acceptant des variations non contrôlées de l'éclairage.

Nous avons choisi comme cas d'étude le contrôle "on-line" de l'insertion de composants électroniques sur une carte par un robot. L'éclairage est celui d'une salle habituelle (néons) et aucun dispositif particulier n'a été mis en place.

Notre système (ROGALA, SIMON 1987) a pour objectif la vérification du bon positionnement des composants après insertion et la détection éventuelle de situations anormales (composant tombé ...).

1. PROBLEMES POSES

Le système de reconnaissance de composants que nous avons réalisé, est basée sur l'extraction de leurs primitives (faces et arêtes). Elle s'effectue en trois temps: obtention de l'image adéquate, seuillage pour extraire les points appartenant à des primitives et regroupement de ces points en primitives grâce à des procédures paramétrées.

Abstract:

In this paper, we present some methods to build a vision system able to cope with light variations. They deal with using models and choosing appropriate processings and paramaters. They have been applied to develop a system for on-line inspection of computer boards assembly by a robot.

Les objets, de propriétés de surface différentes (capot en aluminium, boîtier en plastique,...), ont des faces et des arêtes qui apparaissent plus ou moins contrastées selon leur environnement. Des modifications d'éclairage produisent des variations des niveaux de gris enregistrés sur un objet, et nécessitent des modifications des procédures employées ou de leur paramètres.

Pour éviter l'intervention fréquente d'un opérateur, ou des erreurs d'analyse, le système de vision doit donc faire face à:

- une variation spatiale de l'intensité sur la carte (éclairage non uniforme cf figure 1),
- des variations temporelles (instabilité des néons, déplacements du robot),
- une dynamique de l'image variable (composants divers, éclairage non stable).

2. TECHNIQUES EMPLOYEES

Pour résoudre ces problèmes nous avons adopté des démarches dont certaines sont classiques, et d'autres ont été permises par les caractéristiques de notre étude.

1. Focalisation sur les zones d'intérêt de l'image

Lorsque les conditions d'éclairage ne sont pas contrôlées, le niveau de gris d'un même objet varie dans l'espace. Par contre sur une petite zone de l'image entourant l'objet on pourra considérer que l'éclairage est constant, et appliquer le même algorithme à la détection des différentes arêtes constituant l'objet. On dispose pour établir cette zone d'un ensemble de modèles (cf. ROGALA, SIMON 1987): plan



d'assemblage, dimensions des composants, modèles de transformation espace réel-image... On connaît également la position stable la plus probable du composant après son insertion. De plus le travail dans une zone de l'image présente l'intérêt de réduire le temps d'analyse.

2. Obtention de données adéquates

- **Choix du moment de la saisie de l'image**
Pour supprimer les variations de lumière dues au mouvement de la pince dans le proche voisinage de la carte:
 - on prend l'image au même moment du cycle d'insertion des composants
 - on s'assure que l'image est stable par analyse continue de la différence entre deux images successives (25 images par seconde).
- **Adaptation du gain**
On cherche aussi à obtenir la meilleure dynamique possible à l'intérieur de la zone étudiée. Pour cela, on fixe le gain du convertisseur analogique-digital à la valeur qui fournit le maximum de la fonction d'entropie.
- **Moyenne d'images successives**
Pour restreindre les bruits temporels tels que variations de l'intensité des néons nous utilisons une image obtenue par moyenne d'images successives (figure 2). On choisit un compromis entre la qualité de l'image et le temps de calcul, qui est en général une moyenne sur 4 images.
- **Différenciation de l'image**
La différenciation de l'image pour la localisation des arêtes des composants donne une plus grande indépendance au processus vis-à-vis des variations d'éclairage que n'en aurait une analyse sur les niveaux de gris.

3. Choix des paramètres

Les algorithmes acquièrent une plus grande flexibilité en utilisant des seuils adaptatifs plutôt que prédéfinis. Ils sont calculés en tenant compte

- d'un modèle théorique (population attendue ...),
- de conditions instantanées: résultats des traitements antérieurs, histogramme observé...

De plus, si les résultats ne sont pas conformes à ceux attendus, on peut choisir de refaire une passe en modifiant les seuils, suivant des règles prédéfinies dépendant des résultats observés; on boucle ensuite jusqu'à obtention d'un résultat adéquat ou d'un diagnostic d'erreur.

Exemple:

Nous allons traiter comme exemple la recherche des arêtes d'un composant nouvellement inséré

- a. **Obtention de l'image:** après calcul de la moyenne, on dérive l'image par un opérateur 3×3 à $0,45,90$ ou 135 degrés suivant la direction attendue des arêtes les plus longues de la face supérieure du composant (information obtenue à partir des modèles).
- b. **Seuillage de l'image:**
La recherche des points susceptibles d'appartenir aux arêtes est limitée à la zone d'insertion du composant. Le seuil est obtenu de la manière suivante:
Grâce à divers modèles, on calcule le nombre d'arêtes maximum présentes dans la zone et on en déduit le nombre de pixels occupés par les arêtes. On recherche alors les minimaux locaux d'un histogramme lissé de la zone. On calcule les fréquences cumulées en partant du niveau le plus haut et le seuil correspond au minimum local pour lequel cette fréquence est la plus voisine du nombre de pixels attendu.
- c. **Choix de la procédure**
Pour localiser les arêtes, plusieurs techniques sont disponibles. Sur une image binaire par exemple, un algorithme de suivi de contour permet d'extraire les bords d'un objet. Cependant dans nos images:
 - le contraste le long d'une limite n'est pas constant,
 - le bord peut être partiellement caché (objet voisin, ombre projeté).
 Nous avons donc employé la transformée de Hough (DUDA, HART 1972) qui permet de localiser des droites à partir de l'alignement d'un certain nombre de points extraits de l'image.
- d. **Reconnaissance des arêtes:**
Connaissant la direction des arêtes, la transformée de Hough est réduite à une projection parallèlement à la direction des arêtes cherchées sur une droite perpendiculaire régulièrement échantillonnée. On compte le nombre de points projetés par échantillon et les pics correspondent à des arêtes. Les paramètres à fixer sont donc:
 - le pas d'échantillonnage: il est fixé en fonction de la précision attendue ($1/2$ trou de la carte) et de la distance inter-arêtes (dimension du composant),
 - le seuil à partir duquel un pic correspond à une arête: il est fonction du nombre de points de contour obtenus à l'étape b, du pas et du nombre d'arêtes attendues.
- e. **Analyse des résultats:**
On vérifie la conformité aux modèles i.e. que les arêtes sont regroupables 2 à 2 et à des distances correspondant aux dimensions des composants, ou isolées sur les limites extérieures de la zone de recherche.

S'il y a non conformité, on recommence l'étude avec les règles suivantes:

- arêtes dupliquées: augmentation du pas,
- arêtes trop nombreuses et mal réparties: on a trop de points de contour; on revient à l'étape b en fixant un seuil plus haut (prochain minimum de l'histogramme)
- pas de pic significatif: émission d'un diagnostic d'erreur et branchement sur une routine chargée de traiter les incidents.

RESULTATS OBTENUS:

Les algorithmes ont été réalisés sur un PC-XT IBM pilotant un système de vision Imaging Technology (ITI-512) avec une caméra CCD Fairchild 3500.

- Temps de réponse
La vérification du bon positionnement et la détection d'incidents sont réalisées pendant le cycle d'insertion du robot si le composant se trouve dans sa position stable la plus courante. Si ce n'est pas le cas, l'exécution est environ 2 fois plus longue mais cela ne retarde pas beaucoup le robot car cela ne se produit que dans quelques pourcents des cas.
- Eclairage
Les procédures développées peuvent être appliquées dans une gamme de conditions de lumière assez large.
Les conditions d'éclairage en fonctionnement habituel sont les suivantes:
 - éclairage moyen de 150 lux sur la carte,
 - variation de 130 à 170 lux d'un bord à l'autre de la carte

CONCLUSIONS

Les résultats présentés dans ce papier montrent comment un système de vision peut s'adapter à des perturbations liées à l'éclairage lors de l'analyse d'une scène. Ils ont été intégrés dans un système de contrôle de l'insertion de composants électroniques. Pour que ces solutions ne viennent pas simplement accroître la panoplie des techniques de traitement d'image, une réflexion est menée actuellement pour les intégrer directement à des fonctions de traitements d'image mises à disposition d'un utilisateur pour l'aider au développement rapide d'applications de vision.

REFERENCES

1. R.O. Duda and P.E. Hart, Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures. Commun. Ass. Comput. Mach. 15, 11-15 (1972).
2. J.P. Rogala et S. Simon, Extraction auto-adaptative de primitives pour la localisation de composants électroniques Proc. MARI87, La Vilette, May 87, CESTA (à paraître).

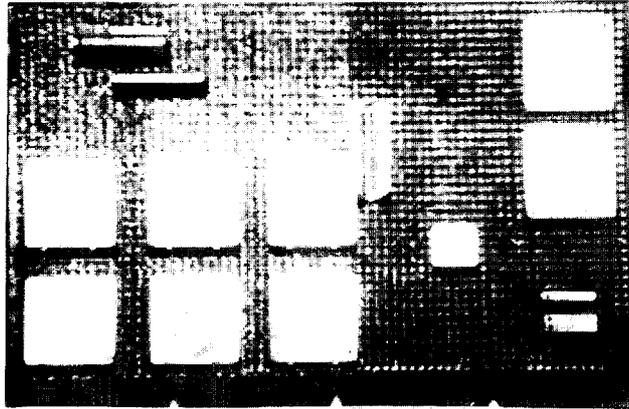


Figure 1: Variations d'intensité sur la carte.

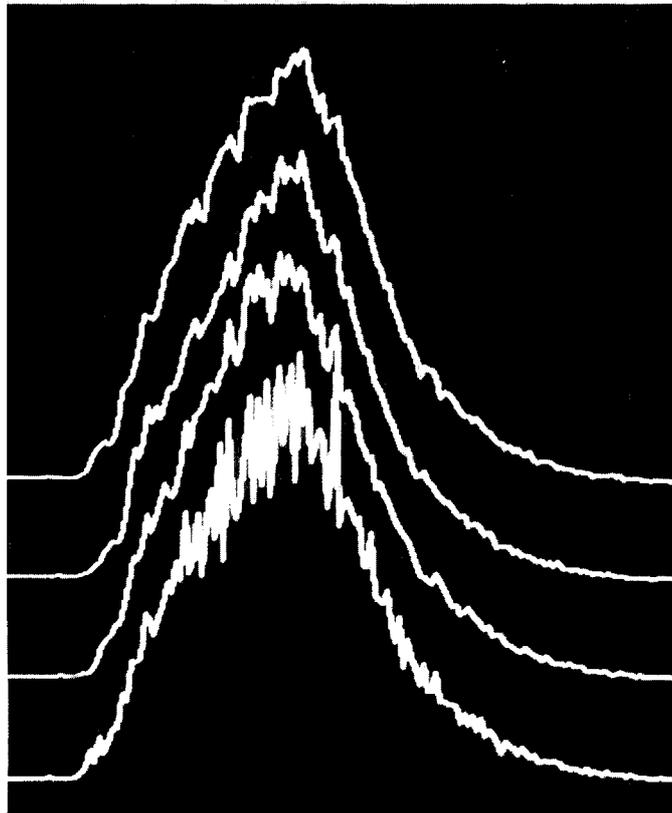


Figure 2: Lissage de l'histogramme par moyenne d'images: de bas en haut, histogramme sur une image unique puis sur la moyenne de 2,4 et 8 images successives de la même scène.