Amélioration de la procédure de test pour des cartes de circuits électroniques

La compagnie Acculogic, située à Markham en Ontario, produit et vend les systèmes FLYING PROBE, utilisés par ses clients pour tester des cartes de circuits électroniques. Ces systèmes incluent huit bases mobiles, appelées *navettes*, auxquelles sont attachées au plus quatre nacelles d'instruments et en particulier des pointes. Sur une carte se trouvent des *points de test* (en nombre fini) où les pointes des sondes peuvent entrer en contact avec la carte. Un test peut être effectué lorsqu'au moins deux pointes entrent en contact avec des points de test sur la carte. L'objectif du système est d'effectuer une série de tests dans un ordre donné, tout en minimisant les ressources consommées pendant le processus.

Les cartes sont fabriquées suivant un patron, et les points de test ont des coordonnées théoriques (appelées *coordonnées de carte*) dans ce patron. Soit (x_i, y_i) les coordonnées du $i$ième point de test. En pratique, chaque carte produite diffère un peu du patron et de chaque autre carte concrète. Dénotons (x_i^a, y_i^a) les véritables coordonnées du $i$ième point de test sur la carte à laquelle on veut faire subir les tests.

Les véritables coordonnées des points de test sur une carte spécifique ne sont pas connues. Nous commençons par décrire la procédure utilisée en ce moment pour les extrapoler. Les coordonnées extrapolées seront dénotées (x_i', y_i') et on les appelle *coordonnées de système*. On considère trois points de référence et mesure leurs véritables coordonnées. Sans perte de généralité, on suppose que ces points sont $f_i = (x_i, y_i)$ pour $i = 1, 2, 3$. On obtient alors les données $f_i' = (x_i^a, y_i^a) = (x_i', y_i')$ pour $i = 1, 2, 3$. On peut vérifier facilement qu'il existe trois vecteurs O, e_x, et e_y (déterminés de manière unique) tels que $f_i' = O + x_i \cdot e_x + y_i \cdot e_y$ pour $i = 1, 2, 3$ (notez que e_x et e_y sont des vecteurs unitaires). Après que les vecteurs O, e_x et e_y aient été calculés, on peut calculer les coordonnées des autres points de test (c'est-à-dire les (x_i', y_i') pour $i > 3$).

Le processus que nous venons de décrire fait partie de la calibration de la machine. Une planche de calibration est utilisée pour mesurer les trois points de référence. La mesure des (x_i', y_i') se fait en corrélant certaines formes idéales avec les formes réelles qui leur correspondent sur la carte. Des tests de connectivité permettent d'effectuer cette corrélation: la pointe se déplace verticalement plusieurs fois en touchant la carte et le système détermine si un contact électrique avec la carte de calibration s'est produit ou non.

La méthode décrite ci-dessus a beaucoup d'inconvénients. En particulier, lorsque le système FLYING PROBE est utilisé pour tester une carte, un contact électrique doit se produire entre la pointe de la sonde et le point (x, y)

sur la carte. Ce test est binaire puisqu'il s'agit de déterminer s'il y a contact électrique ou non. De plus, on ne prend pas en compte les imperfections de la carte de calibration. Si les coordonnées de système (les (x', y')) ne sont pas les mêmes que les véritables coordonnées (x^a, y^a) dans une région donnée de la carte, on ne pourra pas effectuer les tests pour lesquels on a besoin de points de test dans cette région ou son voisinage. À l'heure actuelle, le système indique à l'utilisateur que certains tests ne peuvent être effectués. Un expert peut alors examiner la carte pour résoudre le problème, mais ceci prend du temps.

Un algorithme fournissant des coordonnées (x'_i, y'_i) plus précises (c'est-à-dire plus proches des (x^a_i, y^a_i)) serait très utile. On pourrait se servir d'une caméra (déjà incluse dans le système) pour obtenir une image précise de la carte. L'information fournie par l'image pourrait alors être comparée à l'information théorique concernant la planche idéale. Le problème à résoudre est donc le suivant: étant donné un ensemble d'images idéales faisant partie d'une région de la carte idéale, et une photo de la région correspondante sur la carte concrète, trouver une fonction $f : (x, y) \mapsto (x^a, y^a)$ transformant les coordonnées de carte en véritables coordonnées.