

RECONNAISSANCE ET MISE AU NET DE SCHEMAS ELECTRONIQUES MANUSCRITS

SILBERMANN Martine, DESCHIZEAUX Pierre

Laboratoire d'Automatique de Grenoble, E.N.S.I.E.G.
BP 46 - 38402 Saint Martin d'Hères, FRANCE.

RESUME

Cet article décrit un système de reconnaissance de schémas électroniques manuscrits, qui s'intégrera dans un système existant de mise en page automatique. Les diverses étapes présentées sont l'acquisition, la squelettisation, la segmentation, l'élimination du texte, la détection des connexions, la classification et l'identification des symboles de base. Une phase interactive, en fin de traitement, permet à la fois des corrections sur le schéma mis au net et l'introduction du texte éliminé dans les phases précédentes.

Nous utilisons une approche descendante, nous permettant d'isoler les symboles de base qui seront reconnus à l'aide d'une méthode déterministe.

MOTS CENTRES : Schémas électroniques, Reconnaissance de formes, Schémas manuscrits, Amincissement, Segmentation.

ABSTRACT

The present paper describes a recognition system for handwritten electronic diagrams. This system will be integrated in another one which performs automatic page-settings. The different steps presented are acquisition, skeletonization, segmentation, text elimination, connections detection, classification and identification of the basic symbols. An interactive phase, at the end of the treatment, allows us to simultaneously correct the final diagram and introduce the text which was previously eliminated.

We use a top-down approach to isolate the basic symbols. These one will be recognized using a deterministic method.

KEYWORDS : Electronic diagrams, Pattern recognition, Handwritten diagrams, Thinning, Segmentation.

Introduction

Si les problèmes de mise en page, d'intégration d'images dans le texte, de légendes des graphiques, etc... sont résolus par bon nombre de systèmes de traitement de texte/image, il reste cependant certaines tâches liées à la production d'une page qui ne peuvent être effectuées sans une importante intervention manuelle. Parmi ces tâches, celle qui nous intéresse particulièrement est l'édition de schémas électroniques. Bien qu'il existe de nombreux systèmes de CAO qui permettent d'acquérir des schémas électroniques et de les traiter ultérieurement, la saisie de ces schémas est souvent longue et fastidieuse. Afin d'éliminer cette phase d'acquisition, nous avons créé un système qui à partir d'une version manuscrite du schéma, permet d'obtenir un schéma propre à l'édition. La figure 1 montre le type de schéma que nous nous proposons d'étudier.

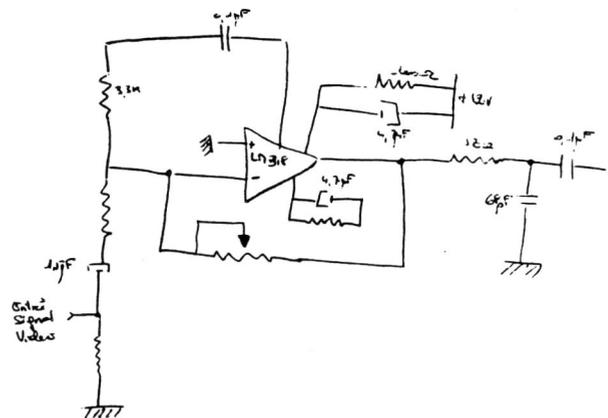


Figure 1 : Exemple de schéma électronique manuscrit

Ce système pose le problème de la reconnaissance des symboles électroniques manuscrits. La difficulté est de trouver une fonction qui permette d'associer à un très grand ensemble, celui des symboles à reconnaître, un ensemble relativement petit qui est l'ensemble des symboles de référence.

En considérant que chaque utilisateur crée son propre ensemble de symboles, on imagine la quantité d'informations qu'il faudrait stocker si on voulait faire correspondre à chaque utilisateur un ensemble de symboles de référence. Aussi faut-il, soit trouver une méthode peu sensible aux variations d'"écriture", soit envisager une phase d'apprentissage permettant au système de connaître les caractéristiques de "l'écriture" de l'utilisateur. Parmi les diverses méthodes de reconnaissance d'éléments manuscrits utilisées dans des systèmes existants, nous allons vous en présenter succinctement quelques unes.

1. APERCU SUR LES METHODES UTILISEES PRECEDEMMENT

Par le passé, les problèmes posés dans le domaine de la reconnaissance de symboles manuscrits, l'ont surtout été dans le cas de symboles très particuliers qui sont les lettres de l'alphabet. En effet, un grand nombre d'études ont été faites sur la reconnaissance des caractères manuscrits latins ([4], [8]) et chinois ([7]).

Les diverses approches utilisées se répartissent en deux groupes selon le mode de prise de décision, l'un étant probabiliste, l'autre déterministe.

1.1 Mode probabiliste

Dans le mode probabiliste, un certain nombre de caractéristiques sont extraites de la figure à reconnaître, qui permettent de calculer un score. La décision de reconnaissance ou de rejet se fait suivant le degré de corrélation entre le score calculé et les scores correspondants aux caractères de référence. Cette méthode présente certains avantages comme la simplicité (l'apprentissage est aisé) et la flexibilité (l'ajout de nouveaux caractères se fait sans difficulté).

L'établissement des scores peut se faire de façon multiple :

- calcul de la distance de Hamming entre le caractère en entrée et les caractères de référence. Pour restreindre les quantités d'informations ainsi traitées, Bledsoe et Browning [3] se sont limités à des n-uplets pris de façon aléatoire.

- calcul de moment : distance de tous les éléments de la figure à un point de référence :

$$M_{rs} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q F(i,j) i^r j^s$$

où p et q sont les dimensions de la matrice

contenant la figure et $F(i,j)$ est la valeur du niveau de gris du point se situant en i,j (0 ou 1 si l'image est binaire). Tucker [9] considère 15 moments pour caractériser chaque figure

- calcul d'un code ternaire correspondant au nombre de passages de vecteurs donnés, d'une région blanche (fond) vers une région noire (figure) et vice-versa. Glucksman [5].

- Utilisation de certaines transformations mathématiques telles que Fourier, Walsh, Hadamard,...

1.2 Mode déterministe

Dans l'approche déterministe on extrait de la figure à reconnaître un certain nombre de caractéristiques qui conduisent à son identification. La décision de reconnaissance ou de rejet se prend au fur et à mesure de l'extraction de ces caractéristiques en parcourant en général un arbre de décision. Un des gros inconvénients de cette méthode par rapport à la précédente est que l'ajout d'un élément à l'alphabet de référence est relativement complexe.

Nous constatons également que le choix des caractéristiques est très important. En effet, il faut que leur ensemble ne soit ni trop grand sinon les temps de traitement deviennent trop longs, ni trop petit sinon il ne permet plus de discerner les caractères entre eux.

Donc, plus les caractéristiques seront discriminantes, plus elles seront efficaces.

Nous allons donner quelques exemples de caractéristiques choisies pour divers systèmes existants :

- Pour la reconnaissance structurale, Belaid [2] a axé son système sur une segmentation robuste en primitives très élaborées tels les segments de droite et les courbes. Il applique à ces primitives un codage très fin précisant par exemple la pente et la longueur relative pour les traits, la courbure et le sens pour les courbes.

- Caskey [4] utilise une représentation du caractère sous forme de graphe connexe dont il extrait aisément des informations de boucle, concavité et autres. Le système de décision agit de façon interactive sur le système d'extraction des caractéristiques.

- Pik [8], dans son approche syntaxique de la reconnaissance de figures, a utilisé une grammaire pour donner une description hiérarchique des éléments à reconnaître.

2. LE SYSTEME DE RECONNAISSANCE

2.1 SCHEMA GENERAL

Notre système se décompose en plusieurs phases successives comprenant chacune un ou plusieurs modules de traitement. Le schéma de la figure 2 illustre les principales étapes.

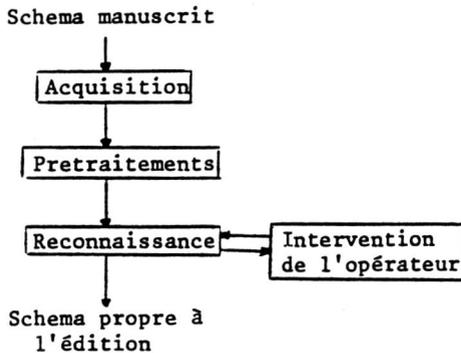


Figure 2 : Schéma général du système de reconnaissance

Ces étapes se décomposent à leur tour en :

- digitalisation de l'image manuscrite, avec l'aide d'un scanner dont nous donnerons quelques caractéristiques ultérieurement. On obtient à l'issue de cette phase d'acquisition une image binaire.

- amincissement dans un premier temps, puis squelettisation des éléments constituant l'image.

- segmentation, i.e. décomposition des éléments en suite de lignes droites plus ou moins longues selon que l'élément en question soit une ligne ou une courbe.

- élimination du texte, on discerne le texte des parties constituant le schéma proprement dit.

- décomposition du schéma en symboles de base et connexions. Cette étape correspond également à la localisation des symboles à reconnaître.

- extraction des caractéristiques du symbole.

- classification du symbole.

- identification.

2.2 Présentation du système

Pour faire l'acquisition de nos schémas manuscrits nous utilisons un système appelé VIPS (Virtual Image Processing System). Ce système inclut une caméra ayant une résolution de 200 dpi, ce qui correspond pour une image de format A4 à une matrice de dimension 1728 x 2356. L'image étant binaire la matrice est uniquement composée de 0 et de 1, chaque point correspondant à un bit. L'écran de visualisation quant à lui, est un écran graphique haute définition de 15 p. La figure 3 montre le matériel sur lequel nous implantons notre système de reconnaissance.

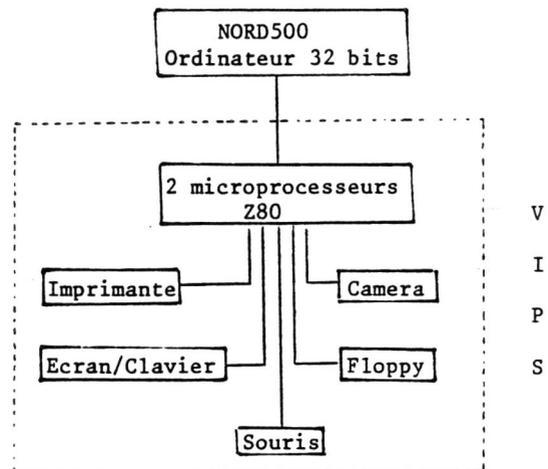


Figure 3

Outre le logiciel de digitalisation d'images, le système VIPS dispose d'un formateur de texte permettant de faire de la mise en page de façon automatique. Il agit en fusionnant deux fichiers, l'un contenant le texte non structuré et des commandes, l'autre correspondant à la description de la page. Chaque page ainsi obtenue pourra contenir à la fois du texte écrit dans différentes polices de caractères et des images, diagrammes ou courbes créées à l'aide de l'éditeur graphique du VIPS ou saisis grâce à la caméra.

Ainsi, pouvoir saisir un schéma manuscrit, le mettre au net et l'intégrer dans une page d'édition ne fera qu'augmenter le degré d'automatisation de ce système.

Mais revenons à notre schéma manuscrit qui après la phase d'acquisition se présente comme une matrice de points. Cette matrice contient un trop

grand nombre de données pour être manipulée aisément. Il nous faut donc réduire la quantité d'informations tout en essayant d'affiner notre connaissance. Pour cela nous utilisons des prétraitements qui permettront à la fois d'éliminer les données superflues et de structurer les informations restantes. La squelettisation nous permettra de faire d'un trait épais un trait fin alors que la segmentation nous permettra de considérer une suite de points comme un segment dont seule la connaissance des points extrêmes est nécessaire d'où une grande réduction du nombre d'informations stockées en mémoire. Il faut cependant être très prudent dans l'application de ces prétraitements qui peuvent éliminer certaines données essentielles si les algorithmes utilisés ne sont pas adaptés aux images à traiter.

Etudions par exemple le problème de la squelettisation. Nous considérons les points extrêmes et la connexité de la figure comme des informations essentielles de l'image originale. Or si on applique un algorithme d'amincissement du type érosion ces informations seront perdues.

Nous avons choisi pour algorithme d'amincissement celui d'Arcelli [1] qui, utilisant un seuil L, peut s'adapter aisément au type d'image que l'on désire traiter. Le principe en est le suivant : la figure est considérée comme une courbe C jalonnée de saillies. Celles-ci seront admises comme étant significatives suivant leur distance D par rapport à C (si $D > L$ la saillie est significative).

On détecte le corps de la figure (ensemble des points de la figure dont tous les 8-voisins appartiennent également à la figure) puis on élimine tous les points non-significatifs (les points extrêmes sont considérés comme des points significatifs) et non nécessaires à la conservation de la connexité de la figure. Afin de minimiser le nombre de points de la figure finale seule la 8-connexité est vérifiée (on considère les 8-voisins). A la fin de ce traitement, l'image d'épaisseur variable (1 à L) est soumise à une ultime étape dont le résultat sera le squelette. La figure 4 nous montre une image avant et après la squelettisation.

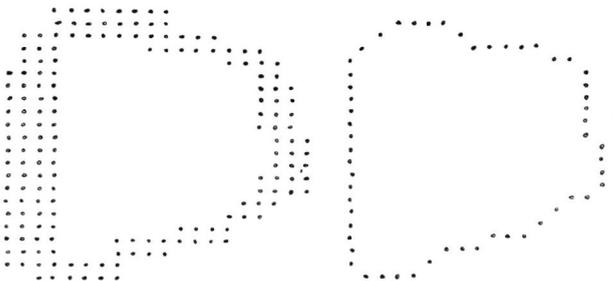


Figure 4 : Résultats de squelettisation
(a) : Porte logique (b) : Résistance

Certains problèmes sont encore à l'étude ; par exemple, le croisement de deux connexions avec contact. Sur le dessin, cela se traduira par deux lignes et un point à leur intersection. Nous constatons, comme le montre la figure 5, qu'à la squelettisation cette information est non seulement perdue, mais de plus, elle introduit de fortes perturbations.

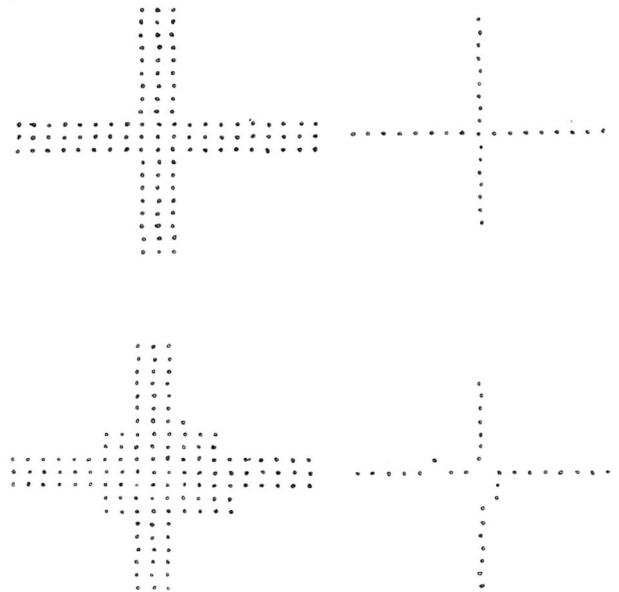


Figure 5 : Croisement de connexions
(a) : sans contact (b) : avec contact

Nous avons décidé lors de l'élaboration du système de ne pas traiter le texte comme élément graphique mais simplement de mémoriser son emplacement puis de l'éliminer.

Dans la phase interactive le système se chargera de signaler à l'opérateur la présence initiale de texte aux divers emplacements relevés. Ainsi l'opérateur pourra introduire par le clavier l'ensemble du texte supprimé.

Pour pouvoir éliminer le texte il faut arriver à le distinguer du schéma proprement dit. Or cette distinction est possible en considérant les points dits singuliers qui sont en fait les points retenus pendant la phase de segmentation. En effet, le texte étant composé de nombreux caractères la densité des points singuliers sera beaucoup plus importante pour les parties texte que pour les parties dessin. Mais certains symboles comme les résistances, vérifient également cette propriété. Cependant, le texte ne faisant pas partie de la même composante connexe que le schéma, il pourra être distingué et supprimé.

Le même genre de raisonnement sera appliqué pour distinguer les symboles de base des connexions qui les relient entre eux. En effet, les connexions forment des segments particulièrement longs par rapport aux autres segments et, de plus, elles relient deux ensembles de points singuliers très groupés.

Ayant fait cette distinction nous avons également localisé les symboles de base qui peuvent à présent être soumis à la phase de reconnaissance.

Au vu des performances obtenues dans les études faites précédemment, nous avons décidé d'utiliser une approche déterministe. La prise de décision se fait en parcourant un arbre dont la racine est l'ensemble de tous les symboles de référence et dont les feuilles sont les classes de symboles ayant des caractéristiques communes.

Le passage d'un niveau à un niveau immédiatement inférieur de l'arbre de décision se fait sur vérification d'une caractéristique. Les passages entre la racine et les premiers niveaux se feront en considérant des caractéristiques générales alors qu'à l'approche du sommet de l'arbre, les caractéristiques deviendront très discriminantes.

Une étude détaillée de l'ensemble de référence est nécessaire pour le choix des caractéristiques. En voici quelques exemples pour notre cas précis. Le symbole constitue ou non une

figure fermée (nous séparons là les symboles du type porte logique de ceux du type résistance), le nombre de connexions aboutissant au symbole est une autre information permettant de distinguer certains symboles entre eux (ne tenant pas compte de l'orientation la différence entre entrée et sortie n'est pas faite). Les feuilles de l'arbre de décision étant des classes, il nous faut dans une dernière étape d'identification vérifier à quel symbole de la classe correspond la figure à reconnaître.

Après avoir normalisé la figure nous calculons une distance entre celle-ci et tous les éléments de la classe à laquelle elle appartient. La distance la plus petite sera considérée comme identifiant l'élément.

Dans une dernière étape, nous visualisons l'ensemble du schéma en donnant à l'opérateur la possibilité de modifier celui-ci dans le cas d'une mauvaise reconnaissance ou, de la compléter dans un cas de rejet total du symbole.

Une partie du système étant encore en cours d'implantation nous ne sommes pas à même, au moment de la rédaction de ce texte, de présenter les résultats. Ceux-ci seront connus et analysés lors de la conférence.

CONCLUSION

Nous vous avons présenté un système de reconnaissance et de mise au net de schémas électroniques manuscrits qui s'intégrera dans un système existant d'édition de page.

Certaines améliorations pourraient être apportées à ce système notamment au niveau des prétraitements. En effet, pour accélérer les temps d'exécutions, Groen [6] a cablé les phases de squelettisation. D'autre part, ayant opté pour une certaine interactivité notamment pour la saisie des textes, nous avons réduit le degré d'automatisation. Cependant, l'objet de notre recherche est surtout la reconnaissance des schémas manuscrits et non point des caractères.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] C. ARCELLI, G. SANNITI DI BAJA. "A Thinning Algorithm based on Prominence Detection", Pattern Recognition, vol. 13, n° 3, p 225-235, 1981.
- [2] A. BELAID. "Segmentation de tracés en vue de leur analyse. Application à la reconnaissance structurelle des caractères manuscrits", Congrès AFCET, p. 293-301, nov. 1978.

- [3] W.W. BLEDSOE, I. BROWNING. "Pattern Recognition and reading by machine", Proc. EJCC, p. 225-232, 1959.
- [4] D.L. CASKEY. "Machine Recognition of Hand-printed Characters", 1st Int. Jt. Conf. of Pattern Recognition, p. 41-49, 1973.
- [5] H.A. GLUCKSMAN, "Multicategory classification of patterns represented by high-order vectors of multilevel measurements", I.E.E.E. Trans. Comput., vol 20, p. 1593-1598, 1971.
- [6] F. GROEN, N. FOSTER. "A fast Algorithm for cellular logic operations on sequential machines", Pattern Recognition Letters 2, p. 333-338, 1984.
- [7] Y.L. MA. "The pattern Recognition of Chinese Characters by Markov Chain Procedure", I.E.E.E. Trans. on Systems, Man and Cybernetics, p. 223-228, mars 1974.
- [8] J. PIK "A hierarchical Pattern Description in the syntactic Approach to Pattern Recognition", Pattern Recognition, vol 14, n° 1-6, p. 191-196, 1981.
- [9] N.D. TUCKER, F.C. EVANS. "A two-step strategy for character recognition using geometrical moments", Proc. 2nd Int. Jt. Conf. Pattern Recognition, p. 223-225, 1974.