Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 69 (1978)

Heft: 12

Artikel: Le traitement des signaux

Autor: Coulon, F. de

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914904

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Le traitement des signaux

Par F. de Coulon

621.391 : 378.141.4(494);

Une formation de base en théorie du signal et de l'information et ses applications au traitement électronique des signaux est inscrite au plan d'études de la section d'électricité. L'activité d'enseignement et de recherche dans cette discipline est essentiellement placée sous la responsabilité du Laboratoire de traitement des signaux. Les principaux intérêts de ce laboratoire en matière de recherche sont l'application des méthodes de traitement des signaux et des images à l'automatisation industrielle (perception visuelle de robots industriels), à la compression de l'information (codage de documents fac-similés) et au génie médical (prothèses sensorielles).

Der Studienplan der Abteilung Elektrotechnik enthält eine Grundlagenausbildung in Signal- und Informationstheorie und deren Anwendung in der elektronischen Signalverarbeitung. Unterricht und Forschung sind Aufgabe des «Laboratoire de traitement des signaux». Die Forschung des Institutes konzentriert sich auf die Anwendung der Methoden der Signal- und Bildverarbeitung auf die industrielle Automatisierung (optische Wahrnehmung von Industrie-Robotern), auf die Verdichtung der Information (Kodierung von Faksimile-Dokumenten) und auf die Medizintechnik (Sinnesprothesen).

1. Introduction

Discipline autonome relativement jeune, le *traitement des signaux* a connu au cours des dernières décennies un essor qui lui a fait prendre une place importante dans l'enseignement polytechnique et dans la recherche scientifique et appliquée.

Un signal est, par définition, la représentation physique de l'information. Les relations de l'homme avec son milieu naturel ou avec les systèmes techniques qu'il construit se caractérisent par un intense courant d'échange d'informations. Ainsi, l'observation (mesure) de phénomènes physiques où le dialogue (communication) entre hommes, entre l'homme et la machine, ou entre les machines elles-mêmes, se fait à l'aide de signaux ou d'impressions visuelles (images) dont la nature est complexe et peut être masquée par des perturbations indésirables (bruit de fond, parasites, interférences).

L'extraction des informations utiles incorporées à ces signaux (par analyse, filtrage, régénération, mesure, détection, identification) et la présentation des résultats sous forme appropriée à l'homme ou à la machine constituent l'une des tâches essentielles dévolue au traitement des signaux [1][1]). A cela, on peut ajouter l'élaboration des signaux nécessaires à certains transferts ou stockages d'informations (synthèse, modulation et changement de fréquence, codage pour lutter contre le bruit ou réduire la redondance).

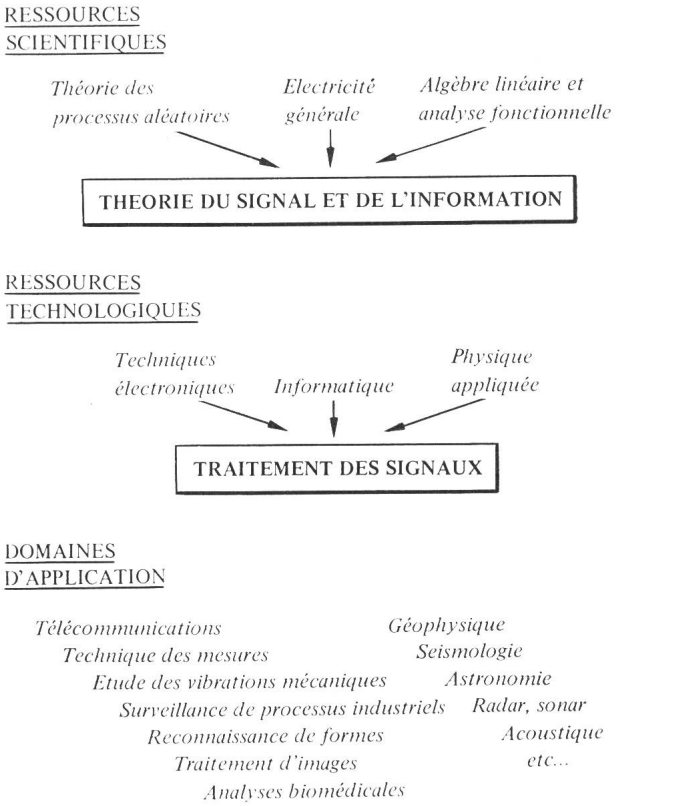

Fig. 1 Situation du traitement des signaux

L'évolution de la technologie (microélectronique, microacoustique ou optique) favorise l'apparition de ce que l'on conviendra d'appeler des «processeurs» spécialisés – analogiques, échantillonnés ou numériques – capables de traiter rapidement et économiquement une quantité croissante d'informations. Cette tendance actuelle, attisée par des besoins nouveaux, conduit à un élargissement constant des domaines d'applications des méthodes de traitement des signaux (fig. 1). Ceci assure une large pénétration de ces méthodes dans les secteurs les plus divers, dont, en particulier, le secteur industriel, où elles permettent de résoudre de nombreux problèmes de mesure, de surveillance et de contrôle.

Le traitement des signaux est un art. Il trouve son inspiration dans un corps de doctrines scientifiques que l'on appelle la *théorie du signal et de l'information* (ou aussi *théorie statistique des communications*).

La description mathématique des signaux est l'objectif fondamental de la *théorie du signal*. Complémentaire de la théorie des circuits et de l'électromagnétisme (propagation), la théorie du signal cherche à analyser la nature des altérations ou modifications subies par les signaux lors de leur passage au travers de dispositifs fonctionnels, généralement électriques ou électroniques. Par là-même, elle fournit les renseignements essentiels nécessaires à la conception (cahier des charges) ou à l'utilisation (mode d'emploi) de ces dispositifs. Elle permet aussi de déterminer et de tenir compte des limites de fonctionnement imposées à de tels systèmes par des perturbations aléatoires (bruits de fond). Son outil de base est le développement orthogonal des fonctions, dont le cas particulier le plus intéressant est le modèle de Fourier (série ou intégrale), qui introduit le principe de dualité entre l'espace temps et l'espace fréquence. Applicable également à l'étude des signaux aléatoires – grâce au développement de modèles statistiques appropriés – ce concept d'une extrême richesse permet d'aborder à un niveau d'abstraction élevé l'étude de procédures complexes de traitement des signaux, en présence ou non de perturbations associées.

La *théorie de l'information* est une théorie stochastique des messages, (c'est-à-dire qui prend en considération leurs propriétés statistiques). Elle fournit un ensemble de concepts per-

[1]) Voir la bibliographie à la fin de l'article.

mettant d'évaluer des performances de systèmes de transfert d'informations, en particulier lorsque le signal porteur d'un message est contaminé par du bruit. Elle conduit tout naturellement à l'étude des méthodes de *codage* de l'information.

L'activité d'enseignement et de recherche dans cette discipline est essentiellement placée, à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, sous la responsabilité du *Laboratoire de traitement des signaux* créé en 1972.

2. Enseignement

Les concepts théoriques et les méthodes expérimentales d'analyse, d'élaboration et de transformation de signaux applicables à l'acquisition, la transmission et l'exploitation d'informations font l'objet d'un cours obligatoire, inscrit au 5e semestre du plan d'études des ingénieurs-électriciens. Ce cours fournit une introduction aux notions fondamentales de théorie du signal (déterministe, aléatoire) et aux principales méthodes de traitement des signaux: convolution, corrélation, échantillonnage et codage numérique, modulation, analyse spectrale. Cet enseignement de base est complété par des cours et des travaux pratiques à option.

Les procédés spécifiques de détection et de mesure de signaux, en présence de perturbations aléatoires, sont présentés au 6e semestre. L'avènement de moyens de calcul puissants et d'algorithmes efficaces tend à donner au traitement numérique des signaux et des images une prédominance indiscutable. Ce domaine, encore en plein développement, fait l'objet d'un cours au 7e semestre. Enfin, une introduction à la théorie de l'information et du codage est offerte au 8e semestre.

Les travaux pratiques consistent pour une part en manipulations de laboratoire (fig. 2), organisées au 7e semestre. L'étudiant peut ici se familiariser plus concrètement avec les principales méthodes de traitement des signaux en mettant en œuvre des instruments (analyseur de spectre, corrélateur, etc.) et un logiciel (transformation de Fourier rapide, filtrage numérique) spécialisés.

En complément, des projets de semestre (7e et 8e) et de diplôme peuvent être choisis dans cette discipline. Ils offrent une possibilité d'approfondissement des connaissances dans ce domaine et sont, dans la règle, orientés vers des applications pratiques. Celles-ci impliquent, soit la conception d'un équipement électronique spécialisé, soit la programmation d'un ordinateur (maxi-, mini- ou micro-).

3. Recherche

Les principaux intérêts actuels de ce laboratoire en matière de recherche sont l'application des méthodes de traitement des signaux et des images à l'automatisation industrielle (perception visuelle de robots industriels), à la compression de l'information avant transmission ou stockage (codage de documents fac-similés) et au génie médical (prothèses sensorielles).

Les deux premiers sujets ont déjà fait l'objet d'études avancées donnant lieu à des thèses de doctorat. Le troisième thème n'en est encore qu'à un stade d'évaluation prudente.

3.1 Perception visuelle de robots industriels

Le Laboratoire de traitement des signaux a entrepris, dès 1976, avec l'aide du Fonds pour l'encouragement des recherches scientifiques (actuelle Commission *Jucker*), une recherche portant sur le développement d'un sens de perception visuelle pour robots industriels ou autres dispositifs d'automatisation.

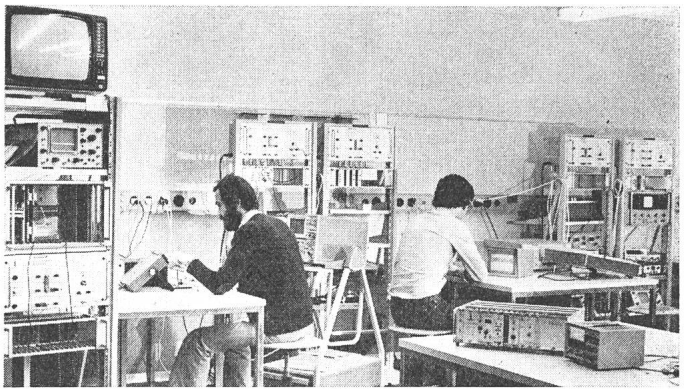

Fig. 2 Vue partielle du laboratoire d'enseignement

Cette activité représente l'un des volets du Projet d'Ecole de recherche interdisciplinaire sur le thème des robots industriels.

L'étude en cours porte sur les moyens de perception (capteurs opto-électroniques) et de traitement de l'information visuelle (traitement d'images) facilitant le choix et la saisie d'objets plats de forme connue, déposés au hasard, en vrac, ou sur une bande transporteuse (pièces en mouvement). L'option fondamentale choisie est de parvenir, dans toute la mesure du possible, à la mise au point de méthodes simplifiées accordant une large part au prétraitement de l'information visuelle (signal vidéo) afin de réduire, voire de supprimer dans les cas simples, la nécessité d'un recours à un organe de calcul central (mini-ordinateur). Ce faisant, on espère parvenir à des solutions plus économiques et à une plus grande rapidité d'exécution. On s'efforce, par ailleurs, de développer des méthodes relativement générales, adaptables à un très grand nombre de situations concrètes.

L'approche générale adoptée est la suivante: L'information initiale sur la scène observée est fournie par le signal d'une caméra de télévision. Ce signal est converti sous forme numérique et traité en temps réel de manière à révéler le contour des objets à identifier et à localiser (fig. 3). A partir de cette information réduite, deux méthodes différentes sont utilisées.

La première méthode établit une description – ou «signature» – d'un objet par un codage polaire de son contour [2]. Ce codage est obtenu en calculant la position du centre de gravité du contour, puis en déterminant, pour différents angles relatifs, la longueur du vecteur joignant ce centre au contour. La localisation de l'objet est finalement donnée par les coordonnées du centre de gravité et un angle d'orientation estimé par comparaison circulaire de la signature calculée avec une signature de référence correspondant à une orientation prédéterminée. Cette méthode s'avère simple, efficace et parfaitement susceptible de s'adapter à des contraintes industrielles.

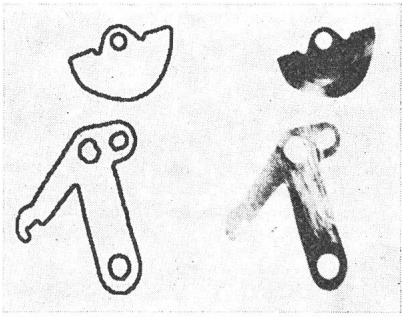

Fig. 3
Objets plats vus par une caméra de télévision et leurs contours obtenus par un traitement spécialisé

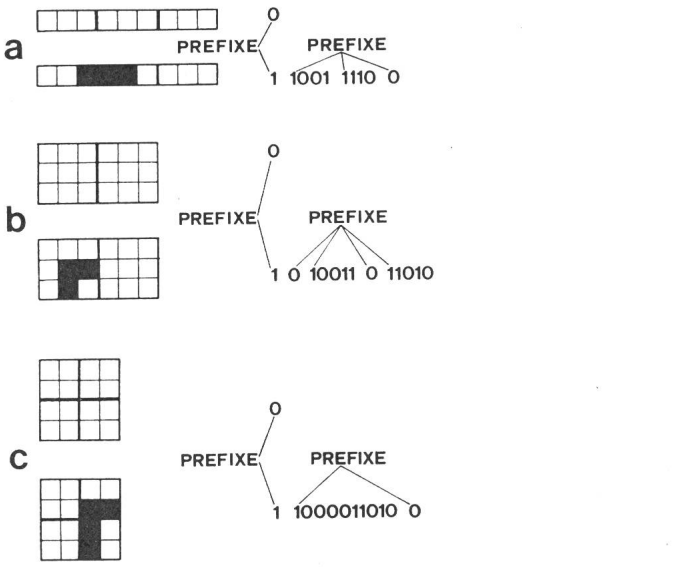

Fig. 4 Principe du codage de blocs auto-adaptatifs
a bloc (1×9) avec sous-blocs (1×3)
b bloc (3×6) avec sous-blocs (3×3)
c bloc (4×4) avec sous-blocs (2×2)

Elle convient particulièrement bien pour le traitement de pièces isolées, en mouvement ou non. Un prototype de démonstration travaillant en temps réel (temps de calcul inférieur à 100 ms) a été réalisé. Une analyse approfondie des performances de cette méthode est en cours [3]. Des solutions relativement analogues ont été ou sont également étudiées dans des laboratoires de recherche industriels.

La seconde méthode est mieux adaptée au traitement d'objets multiples [4]. L'isolement d'un objet parmi ceux présents dans le champ de vue de la caméra est obtenu à l'aide d'un algorithme de poursuite de contour. Dans le même temps, on établit une signature particulière de l'objet sélectionné en mesurant la succession des courbures rencontrées le long du contour. L'identification de l'objet est réalisée par comparaison de caractéristiques globales et locales avec des références mémorisées. Les caractéristiques globales sont, p.ex., la longueur du contour, la surface de la silhouette de l'objet, les moments d'inertie. Une caractéristique locale est fournie par la courbure du contour. Celle-ci permet également de déterminer l'orientation de l'objet. L'un des intérêts de cette dernière méthode est d'être applicable, moyennant une généralisation adéquate, même lorsque l'on ne dispose que d'un contour partiel de l'objet à localiser et à identifier.

De nombreuses applications, faisant appel à un traitement de l'information visuelle de ce type, semblent possibles. Elles devraient intéresser, dans le futur, les milieux industriels concernés par l'automatisation ou la surveillance de processus de fabrication.

3.2 Codage de documents fac-similés

Il peut être utile de réduire la redondance de l'information contenue dans une image. Ceci permet une économie du temps de transmission sur une voie de télécommunication ou une diminution de la largeur de bande requise, ou encore une réduction de la capacité de mémoire nécessaire au stockage de cette information.

C'est dans cette optique que l'on poursuit, depuis quelques années, des études basées sur une proposition de codage assez simple des documents fac-similés en noir et blanc [5; 6]. Celle-ci tire parti de la très forte prédominance des zones blanches par rapport aux zones noires dans la majorité des documents.

Afin d'améliorer les performances, une variante auto-adaptative de cette technique de codage a été récemment développée [7; 8]. Son principe est illustré sur la fig. 4. L'image est décomposée en blocs de points-image de dimension $k \times m$. Lorsqu'un bloc ne contient que des points blancs, il est codé par le seul préfixe logique «0». Dans le cas contraire, on lui assigne le préfixe «1» et on le subdivise en un certain nombre de sous-blocs. Chaque sous-bloc est ensuite traité de la même manière et cette procédure peut être répétée plusieurs fois jusqu'à ce que l'on parvienne à un sous-bloc de dimension élémentaire $l \times n$. Celui-ci est alors lui-même encodé, soit par un seul «0» s'il est tout blanc, soit par un «1» suivi des $l \times n$ bits de couleur («1» pour le noir et «0» pour le blanc) correspondant à la configuration particulière de ce sous-bloc.

Cette technique de codage est assez performante et peut être étendue au cas d'images à multi-niveaux de gris [9]. Elle a été appliquée avec succès en particulier à des images radiographiques [10; 11].

Bibliographie

[1] *F. de Coulon:* Introduction au traitement des signaux. Comptes-rendus des Journées d'Electronique de l'EPFL, octobre 1975; p. 5...29.
[2] *F. de Coulon* and *P. Kammenos:* Polar coding of planar objects in industrial robot vision. Neue Technik 19(1977)10, S. 663...671.
[3] *P. Kammenos:* Performance of polar coding for visual localisation of planar objects. Proceedings of the 8th International Symposium on Industrial Robots, may 30...june 1, 1978, Stuttgart.
[4] *J. D. Dessimoz:* Visual identification and localisation in a multi-objects environment by contour tracking and curvature description. Proceedings of the 8th International Symposium on Industrial Robots, may 30...june 1, 1978, Stuttgart.
[5] *F. de Coulon* and *M. Kunt:* An alternative to run-length coding for black-and-white facsimile. Proceedings of the 1974 International Zurich Seminar on Digital Communications 12th...15th march 1974, Zürich; Paper C4.
[6] *M. Kunt:* Comparaison de techniques d'encodage pour la réduction de redondance d'images fac-similé à deux niveaux. Thèse N° 183 de l'EPFL, 1974.
[7] *F. de Coulon* and *O. Johnsen:* Adaptive block scheme for source coding of black-and-white facsimile. Electronics Letters 12(1976)3, p. 61...62.
[8] *O. Johnsen:* Etude de stratégies adaptatives pour la transmission d'images fac-similé à deux niveaux. Communications du Groupement pour l'Etude des Télécommunications de la Fondation Hasler, Bern (AGEN) –(1976)20, p. 41...53.
[9] *M. Kunt* et *O. Johnsen:* Codes de blocs à préfixe pour la réduction de redondance d'images. Annales des Télécommunications 33(1978).
[10] *M. Kunt:* Electronic file for X-ray pictures. Proceedings of the IEEE Workshop on Picture Data Description and Management, April 21...22, 1977, Chicago; p. 137...141.
[11] *M. Kunt:* Coding of x-ray pictures. IEEE Trans. BME 25(1978)2, p. 121...138.

Adresse de l'auteur

Frédéric de Coulon, Professeur, Laboratoire de traitement des signaux de l'EPF Lausanne, 16, chemin de Bellerive, 1007 Lausanne.