

Acquisition d'image : vers le tout numérique

Introduction

La technologie évolue rapidement dans le domaine de l'acquisition d'image depuis quelques années, que ce soit dans les domaines industriel et scientifique ou dans le domaine grand-public.

Cette évolution s'accompagne de changements d'habitudes et de nouveaux termes qui sont parfois un peu obscurs. Il est parfois difficile de faire la part des choses entre les termes marketing et les réels progrès. Quel est le gain qualitatif et pratique entre une caméra analogique produite durant la décennie précédente et une caméra numérique du 21^e siècle ? Cette note technique n'a pas l'ambition d'aborder tous les thèmes relatifs à cette évolution, mais elle a pour but d'apporter quelques éclaircissements, en particulier dans le domaine de l'interfaçage des caméras avec les systèmes informatiques.

Les évolutions entre l'analogique et le numérique

Depuis la présentation, en 1980, de la première caméra vidéo à base de capteur CCD¹ par Sony, les évolutions vers le numérique n'ont plus cessé. Ces caméras à capteur CCD n'étaient pas encore complètement numériques. Le signal de sortie de celles-ci était encore analogique, afin qu'il soit compatible avec les systèmes d'affichage (téléviseur et moniteur vidéo) et les supports d'enregistrement (bandes magnétiques). Ces caméras sont encore proposées à la vente aujourd'hui, tout comme il est encore possible d'acheter une caméra à tube (technologie antérieure au CCD), plus adaptée à certaines applications spécifiques.

¹ Le capteur CCD (Charge Couple Device) est composé d'éléments photosensibles se présentant sous forme linéaire (barrette CCD comme dans les scanners à plat) ou sous forme de matrice (caméras).

L'électronique de ces caméras convertit le signal électrique retourné par les éléments photosensibles (photosites) du capteur CCD en un signal continu analogique compatible avec le balayage de type « télévision ». C'est une conversion numérique-analogique (N/A). A cette même époque sont apparus les premiers systèmes numériques d'analyse d'image. Le signal analogique fourni par les caméras vidéo à capteur CCD a dû être numérisé pour permettre l'analyse des images. C'est presque une hérésie de convertir le signal quasi-numérique fourni par le capteur CCD (seule l'intensité du signal de chaque photosite n'était pas numérisée, mais le signal était déjà discrétisé) en signal analogique pour ensuite le re-numériser. La demande en matériel compatible avec les systèmes « broadcast » était beaucoup plus importante que la demande en matériel pour l'analyse numérique d'image, aussi les produits ont été développés en priorité pour le marché le plus porteur, ce qui explique la technologie des caméras de cette époque.

Avec l'évolution des systèmes numériques de stockage de données, il est maintenant possible de transférer des séquences d'images directement au format numérique, permettant à la fois de conserver la qualité du signal fourni par le capteur (il n'y a plus de conversion N/A et A/N) et de simplifier l'archivage. Les domaines du multimédia et du « broadcast » sont maintenant équipés en systèmes numériques, faisant ainsi évoluer le marché vers le « tout numérique ».

Les domaines du contrôle industriel et de l'analyse scientifique bénéficient de la tendance du marché. En effet, les fabricants proposent de nombreux modèles de caméras numériques de plus en plus performants à des prix de moins en moins élevés.

L'augmentation de la résolution des capteurs est l'une des améliorations les plus marquantes. Ce progrès technique rapide a été rendu possible grâce aux investissements importants que les fabricants de capteurs ont faits pour répondre à la demande du marché de la photographie professionnelle et grand public, à savoir un capteur capable de fournir une définition comparable à celle d'un film argentique. La résolution des caméras analogiques standards (1/3 méga pixels pour un signal PAL numérisé) étant nettement inférieure à la résolution d'un film 24x36 (équivalent à environ 11 méga pixels), l'amélioration est significative, bien que la résolution des capteurs proposés sur les caméras industrielles reste inférieure à celle des appareils photographiques numériques afin de proposer une fréquence de rafraîchissement des images en adéquation avec les contraintes industrielles.

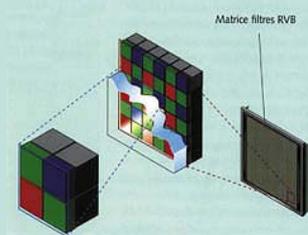
D'autres améliorations sont également à noter.

La numérisation du signal fourni par chaque photosite du capteur est effectuée dans la caméra. La caméra fournit directement des données numériques ; aucune conversion N/A (effectuée dans les caméras analogiques), puis A/N (effectuée par les cartes d'acquisition) n'est nécessaire pour obtenir l'image numérique.

De plus, l'image étant numérisée dans la caméra, il est possible d'appliquer des pré-traitements adaptés avant même le transfert des données. Par exemple, la restauration de l'image capturée à travers un filtre de Bayer² est effectuée par le processeur de la caméra avant que l'image ne soit transférée. Les images fournies par des caméras couleurs mono-CCD analogiques (donc équipées de filtre de Bayer) étaient de qualité nettement inférieure à celles capturées par une caméra 3-CCD² car aucun pré-traitement n'était appliqué à l'image. Maintenant, ce pré-traitement est appliqué aux images avant même que celles-ci ne soient transférées à l'ordinateur. Par ailleurs, ce pré-traitement a fait l'objet de nombreuses optimisations chez les fabricants de caméras grâce, entre autre, à la concurrence menée sur le terrain des appareils photo numériques grand public. La qualité des images obtenues avec un capteur Mono-CCD ou CMOS est actuellement très proche de celle d'une image générée par un capteur 3-CCD de résolution équivalente, pour un coût nettement inférieur.

- 2 La couleur est produite par le filtrage de la lumière incidente par un filtre coloré placé devant le capteur. Il existe deux technologies très différentes pour la génération d'image couleur, toutes deux utilisant des filtres colorés : capteur mono-CCD à filtre de Bayer et capteur 3-CCD.

Une seule matrice CCD

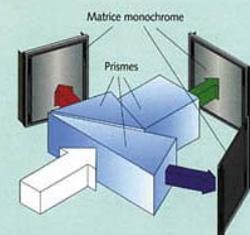


Dans le cas du capteur unique (mono-CCD), chaque photosite reçoit l'information d'une seule composante colorée. Les photosites voisins reçoivent l'information des deux autres composantes colorées secondaires. L'information couleur complète (les 3 couleurs secondaires) de chaque pixel est calculée à partir de l'information donnée par le photosite correspondant au pixel et par les photosites voisins.

Le filtre le plus utilisé pour la génération d'image couleur avec un seul capteur est le filtre de Bayer (voir figure ci-contre) composé d'une mosaïque colorée rouge-vert-bleu collé au capteur.

Trois matrices CCD

Un système 3-CCD est beaucoup plus complexe et sa fabrication est plus délicate. Il est composé de prismes divisant la lumière en 3 faisceaux qui sont chacun filtré par l'une des trois couleurs secondaires. 3 images filtrées par le rouge, le vert et le bleu sont ensuite formées sur les 3 capteurs CCD. Ce procédé tend à être abandonné, malgré une qualité supérieure d'image à capteur égal, pour des raisons de coût de fabrication.



Enfin, la dernière amélioration dont je parlerai est particulièrement importante dans le domaine professionnel : les interfaces matérielle et logicielle.

L'interface IEEE1394 : un moyen professionnel de passer au tout numérique

Durant l'ère des caméras analogiques, l'interface matérielle nécessitait une carte d'acquisition effectuant la conversion N/A du signal et la mise en forme des données. Ces données étaient ensuite transmises aux applications logicielles via un protocole défini par le fabricant de la carte d'acquisition. Aucune norme universelle, donc !

Les cartes d'acquisition étaient compatibles avec certains systèmes d'exploitation et pouvaient être incompatibles avec les plus récents systèmes d'exploitation.

Voici quelques années, les premières caméras numériques ont fait leur apparition. Celles-ci étaient encore interfacées à des cartes dédiées, ayant les mêmes inconvénients que les cartes pour caméras analogiques, à savoir un protocole spécifique à chaque marque, voire à chaque carte, et une compatibilité pouvant être limitée à certains systèmes d'exploitation.

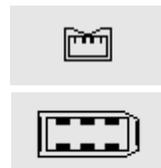
Les bases de ce qui deviendra la norme IEEE1394, adoptée en 1995, ont été introduites par Apple en 1985. Sony a été parmi les premiers fabricants à proposer des caméras suivant les spécifications de la norme IEEE1394-1995 (en 1998). Il faudra pourtant attendre le début des années 2000 pour que cette norme soit adoptée par un grand nombre de fabricants de caméras. Actuellement, c'est la norme la plus communément proposée avec les caméras numériques. Les produits répondant aux spécifications IEEE1394 portent plus souvent le label Firewire ou i.Link.

Cette norme définit les interfaces matérielle et logicielle.

L'interface matérielle est composée d'une connectique (2 types, en fait) et d'une mise en forme des données.

Les deux types de connectique sont :

- connectique 4 broches (généralement proposée sur les PC portables - celle-ci ne fournit qu'un transfert de 100 Mbits/s et aucune alimentation pour la caméra)
- connectique 6 broches (transfert jusqu'à 400 Mbits/s pour la norme IEEE1394a et alimentation de la caméra si l'ordinateur est capable de fournir suffisamment de puissance électrique)



Pour communiquer avec un périphérique IEEE1394 comme une caméra, il faut une interface matérielle sur l'ordinateur. Les PCs proposent maintenant très souvent en standard une interface IEEE1394 (intégrée à la carte-mère). Si ce n'est pas le cas, il existe des cartes d'interface IEEE1394 se connectant sur slot PCI de prix modique et s'installant très facilement.

La norme de l'interface logicielle IEEE1394 permet de nombreux contrôles de la caméra, souvent indispensables pour les applications professionnelles, dont voici les plus importants :

- Identification de la caméra – toute caméra Firewire possède un identifiant permettant de la reconnaître quel que soit le port sur lequel elle est connectée. Il est ainsi possible d'affecter une configuration à une caméra plutôt qu'à un port, comme c'est le cas avec les systèmes d'interface classiques.
- Formats supportés – chaque format contient la taille de l'image, le nombre de bits par pixel, le codage (mono, RGB, YUV, etc.), le nombre d'images par seconde et les

paramètres contrôlables (contraste, trigger, etc.). Ces informations peuvent être récupérées par programme ou par une application dédiée comme l'interface IEEE1394 d'Aphelion. La connaissance des formats supportés permet ensuite de définir la configuration d'utilisation de la caméra.

- Les contrôles sont la taille de l'image, le nombre de bits par pixel, le codage, le nombre d'image par seconde, la vitesse d'obturation (shutter speed), le temps d'exposition (exposure), le contraste, la brillance et le trigger. Les contrôles supportés en pratique dépendent de la caméra ; les informations de format retournées par la caméra indiquent les paramètres pilotables.

Remarque importante : certains matériels indiquant "interface Firewire" dans leurs spécifications ne proposent, en fait, que l'interface matérielle, et leur interface logicielle peut être compatible avec une autre norme (Windows Driver Model par exemple) ou n'est compatible qu'avec le logiciel du fabricant. Dans ce dernier cas, l'interfaçage avec une application est impossible ou requiert un développement spécifique souvent coûteux.

En résumé

Le passage au tout numérique des caméras industrielles et scientifiques est positif d'un point de vue qualitatif (augmentation de la résolution, suppression du convertisseur N/A, restauration d'image interne) et pratique (interface simplifiée). Les technologies CCD et CMOS pour le capteur et le traitement interne des données pour la restauration d'image sont tous bien maîtrisés par les fabricants et les images obtenues sont de qualité.

Côté connexion et communication entre la caméra et l'ordinateur, il existe encore de nombreux types d'interfaces. Parmi celles-ci, nous avons retenu la norme IEEE1394 pour ses avantages sur les autres types de matériels d'acquisition d'image :

- Pérennité (compatibilité avec les ordinateurs des années à venir puisque le standard IEEE1394 est l'un des 2 standards de périphériques systématiquement intégrés sur les PC et les Mac, avec l'USB 2.0).
- Plus besoin de carte d'acquisition spécifique dont le prix augmente le coût global du système d'acquisition et limite la compatibilité avec les applications telles que les logiciels de traitement d'image.
- Interface dédiée aux applications professionnelles grâce à ses nombreux paramètres de contrôle et à son taux de transfert des données adapté au transfert d'images.

Liens :

Interface logicielle Aphelion IEEE1394 :

<http://www.adcis.net/Products/Modules/FireWireIEEE1394Driver.html>

Exemples de caméras répondant aux spécifications IEEE1394a :

<http://www.imasys.fr/Datasheet/MarlinF145B.pdf>

http://www.imasys.fr/Datasheet/AVT_Dolphin_F-145C.pdf

Contact :

Gervais GAUTHIER, Responsable commercial

ADCIS S.A., 10 avenue de Garbsen, 14200 Hérouville Saint-Clair, France

Tél. : +33 (0)2 31 06 23 00 – Mél : gervais.gauthier@adcis.net

Web : www.adcis.net