Programmation Concurrente

Convolution 2D

Travail Pratique

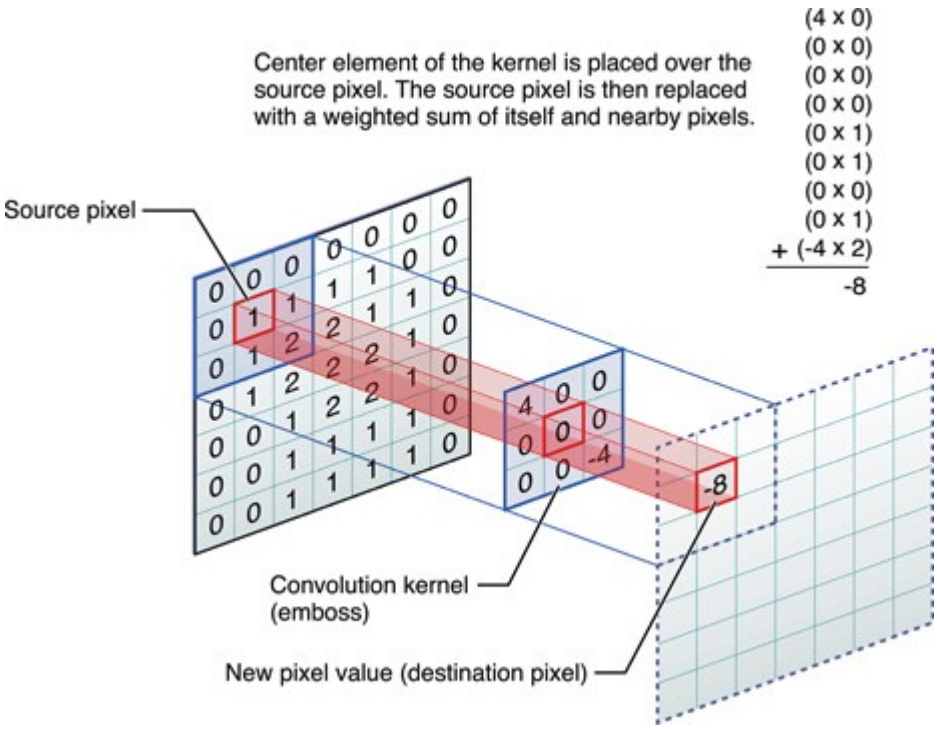
But

La convolution 2D discrète est une opération très utilisée en traitement d'image, car elle permet d'appliquer un large éventail de filtres à une image, comme par exemple la détection de contours, les effets de flou, l'accentuation du piqué, etc.

Le désavantage de celle-ci est qu'elle est relativement lourde à calculer. Le but de ce travail pratique est de paralléliser le calcul de la convolution 2D discrète afin d'en accélerer le calcul, ceci grâce à l'utilisation de threads sur les architectures processeurs modernes multi-coeurs.

La convolution 2D discrète C entre le kernel K (filtre) de dimension N et l'image I est définie au point (x,y) de l'image par l'équation suivante :

$$C(x,y) = \sum_{j=\frac{-N}{2}}^{\frac{N}{2}} \sum_{i=\frac{-N}{2}}^{\frac{N}{2}} K\left(i+\frac{N}{2}, j+\frac{N}{2}\right) I(x+i, y+j)$$



Cahier des charges

Lisez attentivement le document « `Consignes Travaux Pratiques.pdf` » qui décrit exhaustivement les points à respecter en ce qui concerne l'implémentation du code ainsi que le rapport à rendre.

Implémentation

Vous développerez un programme, fonctionnant en ligne de commande, qui appliquera la convolution 2D d'un filtre sur une image. Le programme doit permettre à l'utilisateur de spécifier l'image pour laquelle faire la convolution, le filtre à appliquer, le nombre de threads à utiliser et enfin l'image dans laquelle écrire le résultat. Vous êtes libres d'utiliser la syntaxe de votre choix pour le passage des arguments à votre programme.

Le code pour lire et écrire des images au format PPM couleur 24-bit vous est fourni (`ppm.h`, `ppm.c`, `ppm_example.c`), de même qu'une image de base (`image.ppm`).

Votre implémentation doit toutefois respecter les points suivants :

- Nombre de threads arbitraire : le nombre de threads créés pour effectuer le calcul doit être arbitraire et donc spécifié par l'utilisateur sur la ligne de commande.
- Taille de filtre abritraire : le code doit être suffisamment générique pour ne pas dépendre d'une taille de filtre particulière (taille minimum : 3). A noter que la taille d'un filtre est toujours impaire.
- Le filtre à appliquer doit être sélectionable en ligne de commande. Les filtres suivants doivent être implémentés :
  - identity (3x3) :

0	0	0
0	1	0
0	0	0

  - sharpen (3x3) :

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

  - edge (3x3) :

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

  - blur (3x3) :

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

  - gauss (5x5) :

1/256	4/256	6/256	4/256	1/256
4/256	16/256	24/256	16/256	4/256
6/256	24/256	36/256	24/256	6/256
4/256	16/256	24/256	16/256	4/256
1/256	4/256	6/256	4/256	1/256

- unsharp (5x5) :

-1/256	-4/256	-6/256	-4/256	-1/256-
-4/256	-16/256	-24/256	-16/256	-4/256
-6/256	-24/256	476/256	-24/256	-6/256
-4/256	-16/256	-24/256	-16/256	-4/256
-1/256	-4/256	-6/256	-4/256	-1/256

- Taille d'image arbitraire : tout comme pour la taille du filtre, la taille de l'image à laquelle appliquer le filtre doit pouvoir être de taille arbitraire.
- Valeurs aux bords de l'image. Vous êtes libres de choisir l'approche à adopter aux bords de l'image. Cependant, vous devrez clairement décrire et justifier l'approche utilisée dans votre rapport.
- Dans le cas d'images couleur, le filtre est appliqué séparément pour chaque composante couleur de l'image (R, G, B).
- Arguments du programme (ligne de commande). Le programme prendra au minimum 4 arguments : le nombre de threads à utiliser, l'image originale, le filtre à appliquer et enfin, l'image finale sauvegardée après application du filtre à l'image originale.
- Si l'utilisateur ne spécifie pas le bon nombre d'arguments, le programme doit afficher la syntaxe du programme et se terminer.
- Le programme doit afficher le temps mis pour calculer la convolution sur l'image.
- Assurez-vous de désallouer toute mémoire dynamiquement allouée.
- Vérifiez que les fonctions que vous utilisez n'échouent pas.

Le but étant de mesurer le gain obtenu par l'utilisation de threads, vous devrez développer deux implémentations : une version multi-threadée ainsi qu'une version séquentielle classique. Une autre possibilité est de vous assurez que votre version multi-threadée ne créé aucun thread.

Rapport

Le rapport que vous rédigerez devra au moins contenir les deux sections suivantes (le choix des titres de sections est libre) :

- Approche utilisée : vous expliquerez ici votre implémentation, notamment l'approche utilisée en justifiant vos choix.
- Comparaison des performance entre exécution séquentielle et version multi-threadée :
  - Exécutez votre programme dans des situations variées et essayez d'analyser les résultats obtenus. En particulier, la version multi-threadée est-elle plus rapide que la version séquentielle ? Si oui, avec combien de threads ? Le gain est-il linéaire ? Etc.
  - Vous pouvez déterminer le nombre de coeurs disponibles sur votre machine en exécutant la commande : `cat /proc/cpuinfo|grep processor`

Indications

Lecture/écriture d'images au format PPM

Sur CyberLearn, se trouve le code permettant de lire/écrire des fichiers PPM (`ppm.tar.gz`), une

image de petite taille au format PPM (`image.ppm`) et une très grande image au format jpeg (`image_xxl.jpg`).

Le programme `display` (du package ImageMagick) permet d'afficher une image au format PPM.

Dans le même package, se trouve le programme `convert` qui permet de convertir n'importe quel type d'image au format PPM. Par exemple, pour convertir `image.jpg` au format PPM :

```
convert -compress none image.jpg image.ppm
```

Attention toutefois à vérifier que vous avez suffisamment d'espace disque pour stocker l'image convertie, car le format PPM est probablement le plus inefficace qui soit sen terme d'espace disque. A titre d'exemple, l'image de 33millions de pixels `image_xxl.jpg` a une taille de 10.1 MB en format jpeg, alors que celle-ci fait 357 MB en PPM !

Ne convertissez donc pas d'images de grande taille dans votre espace privé, sinon celui-ci sera instantanément saturé ! Si vous deviez le faire, utilisez le répertoire `/tmp`, car il s'agit d'un répertoire local à la machine avec plusieurs GB d'espace disque disponible.

Mesures de timing

Les mesures de timing peuvent être effectuées avec la fonction `clock_gettime` de la librairie `<time.h>` comme montré ci-dessous :

```
struct timespec start, finish;
clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC, &start);

...  // code à mesurer

clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC, &finish);
double elapsed_ms = 1000 * (finish.tv_sec - start.tv_sec);
elapsed_ms += (finish.tv_nsec - start.tv_nsec) / 1000000.0;
```

Le code ci-dessus requiert la librairie `rt`. Pour ce faire, passez `-lrt` au compilateur `gcc` au moment où vous générez votre exécutable final.

Travail à rendre

Le document « `Consignes Travaux Pratiques.pdf` » disponible sur CyberLearn explicite de façon détaillée les modalités de rendu.