

Algorithmes d'*Inpainting* sur GPU

Transformées en cosinus discrètes
Transformées en ondelettes CDF

P. Kestener Y. Moudden A. Pedron

CEA-Saclay, IRFU, SEDI, France
Service d'Electronique, Informatique et Détecteurs

JTE GPU 4 décembre 2008



Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*
Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*
L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*
Implantation de la TO 2D *CDF* dans CUDA
La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)
Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*
Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*
L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D *CDF* dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

- ▶ traitement d'images pour l'astrophysique,
- ▶ **démonstrateur de l'utilisabilité/efficacité des GPU** pour le traitement d'images et spécialement les algorithmes qui peuvent être gourmands en ressources et temps de calcul,
- ▶ exemple sur les algorithmes d'*Inpainting* ou "**interpolation de données manquantes**". Bon candidat pour l'implantation GPU, algorithme itératif.

Pourquoi ?

- ▶ enlever des artefacts sur des photos numérisées
- ▶ enlever du texte en sur-impression sur une image
- ▶ remplir des trous à la suite d'une transmission mauvaise ou partielle de données
- ▶ meilleur sur-échantillonnage en vue d'une compression

Comment ?

- ▶ interpolation pas satisfaisante
- ▶ bien des méthodes : EDP, variationnelle, ...
- ▶ Utilisation de la notion de **représentation creuse de données** ou (*sparsity*)
- ▶ idée utilisée pour la compression d'image par codage par transformation: Jpeg utilise la DCT, JPEG2000 les ondelettes (CDF97).

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

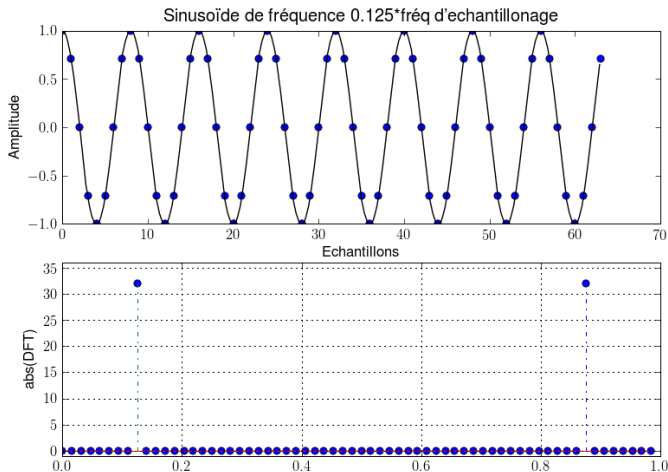
Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Représentation creuse et remplissage de trous !

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Un trou induit beaucoup de petits coefficients.

Inpainting = méthode itérative basée sur le seuillage des petits coefficients pour reconstruire au mieux une approximation du signal de départ.



Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D *CDF* dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

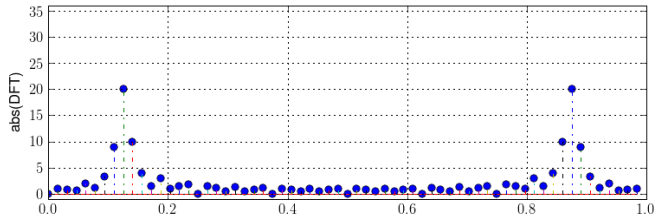
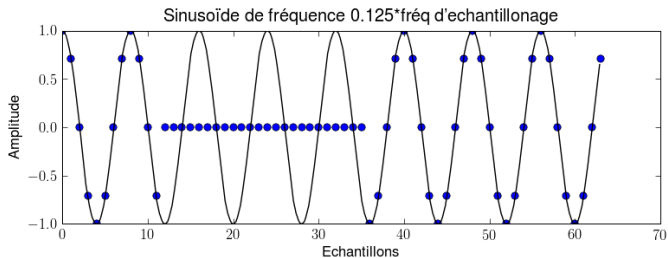


Représentation creuse et remplissage de trous !

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Un trou induit beaucoup de petits coefficients.

Inpainting = méthode itérative basée sur le seuillage des petits coefficients pour reconstruire au mieux une approximation du signal de départ.



Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

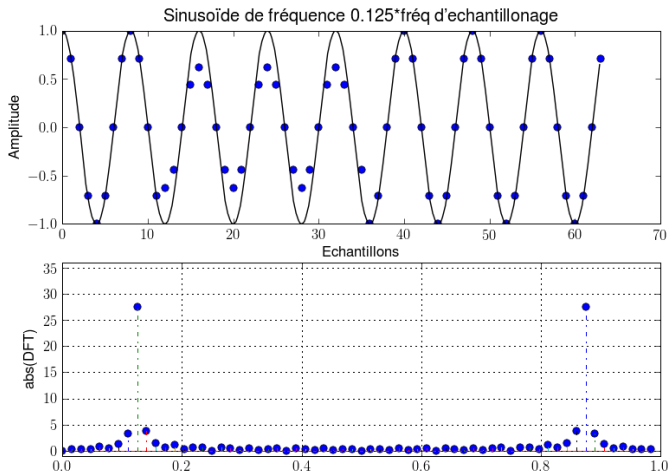
Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Représentation creuse et remplissage de trous !

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Un trou induit beaucoup de petits coefficients.

Inpainting = méthode itérative basée sur le seuillage des petits coefficients pour reconstruire au mieux une approximation du signal de départ.



Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA



Représentation creuse et remplissage de trous !

Un trou induit beaucoup de petits coefficients.

Inpainting = méthode itérative basée sur le seuillage des petits coefficients pour reconstruire au mieux une approximation du signal de départ.

Require: $K, n \in \mathbb{N}$, **image_{in}**, **image_{out}**

Require: $K, n \in \mathbb{N}$, **residu**, **image_{DCT}**, **mask**

Require: $s_{min}, s_{max} \in \mathbb{N}$

$$\delta_s = (s_{max} - s_{min}) / K, \quad s = s_{max}$$

for $i = 0$ to K **do**

residu = **image_{in}** - **image_{out}**

image_{DCT} = $DCT(\mathbf{image}_{out} + \mathbf{mask} * \mathbf{residu})$

image_{DCT} = **image_{DCT}** * ($abs(\mathbf{image}_{DCT}) \geq s$)

image_{out} = $DCT^{-1}(\mathbf{image}_{DCT})$

$$s = s - \delta_s$$

end for

return **image_{out}**

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Exemples d'application de l'*Inpainting*

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Inpainting appliquée à une image dont **80%** des pixels ont été mis à zéro:



Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

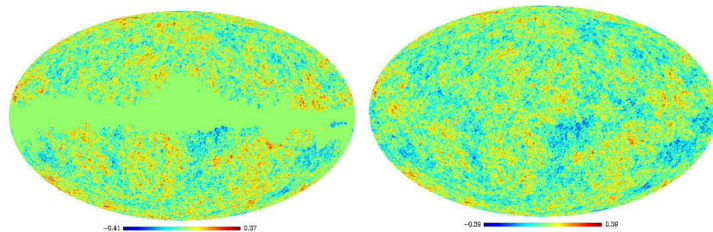
La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

- ▶ **Mission Planck**¹ (2009): cartographie du fond diffus cosmologique (CMB)
- ▶ **masquer les radio-sources du plan galactique** qui polluent l'analyse des données du CMB (mesure de non-gaussianités, de spectre de puissance, autres mesures statistiques non-locales) et restorer la stationarité
- ▶ résultat d'*inpainting* des données CMB (WMAP) par l'algorithme MCA sur la sphère²:



¹<http://planck.esa.int>

²P. Abrial *et al.*, Journal of Fourier Analysis and Applications (JFAA), special issue on "Analysis on the Sphere", 13, 6, pp 729-748, 2007.

Motivations

Qu'est ce que l'*inpainting*
Exemples d'utilisation de
l'*inpainting*

L'*inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D *CDF* dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D *CDF* dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

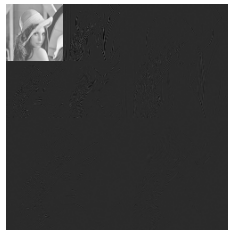
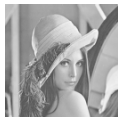
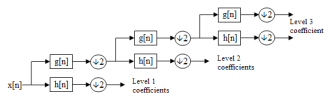
La Transformée en ondelettes discrète (*Lifting scheme*)

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Bases d'ondelettes
biorthogonales 1D:

$$f(t) = \sum_{j,n \in \mathbb{Z}} \langle f, \psi_{j,n}^* \rangle \psi_{j,n}(t)$$

$$\psi_{j,n}(t) = \frac{1}{\sqrt{a^j}} \psi\left(\frac{t}{a^j} - n\right)$$



Ondelette CDF97, reconstruction exacte.

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

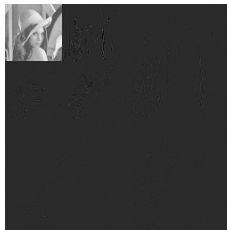
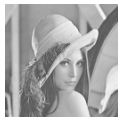
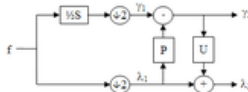
La Transformée en ondelettes discrète (*Lifting scheme*)

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Bases d'ondelettes
biorthogonales 1D:

$$f(t) = \sum_{j,n \in \mathbb{Z}} \langle f, \psi_{j,n}^* \rangle \psi_{j,n}(t)$$

$$\psi_{j,n}(t) = \frac{1}{\sqrt{a^j}} \psi\left(\frac{t}{a^j} - n\right)$$



Ondelette CDF97, reconstruction exacte.

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

Opérateur Transformée en ondelettes *CDF53* CPU

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

```
void cdf53_1d_row_cpu(float *out, float* in, int scale) {
    float a;

    // Predict 1
    a=-0.5;
    for (int i=1;i<scale-2;i+=2)
        in[i]+=a*(in[i-1]+in[i+1]);
    in[scale-1]+=2*a*in[scale-2];

    // Update 1
    a=0.25;
    for (int i=2;i<scale;i+=2)
        in[i]+=a*(in[i-1]+in[i+1]);
    in[0]+=2*a*in[1];

    // Scale data and out
    a=M_SQRT2;
    for (int i=0;i<scale/2;i++) {
        out[i]=in[2*i]/a;
        out[scale/2+i]=in[2*i+1]*a;
    }
}
```

- ▶ code *CDF53*, signal de taille $s \leq 512$, *kernel* entièrement en **mémoire partagée** (1 bloc de N threads par ligne, N est le paramètre d'échelle),
- ▶ code *CDF53*, signal de taille $s > 512$, image découpée en morceaux (à la façon de l'exemple "**Convolution Séparable**" du SDK Cuda pour la gestion des effets bords); implantation de *kernel* avec retour en **mémoire globale** intermédiaire. Tous les *kernel* sont coalescents en lecture/écriture.

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D *CDF* dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Opérateur(s) *CDF53* sur GPU avec CUDA : mémoire partagée

```
__global__ void cdf53_1d_row_sm_kernel(float *data, const int size_x,  
                                       int scale) {  
    __shared__ float shared[BLOCK_DIM];  
    const int x = threadIdx.x; const int y = blockDim.y;  
    unsigned int index = size_x*y + x;  
    shared[x] = data[index];  
    __syncthreads();  
  
    if((x < scale) && (y < scale)){  
        // Predict 1  
        if(x<scale/2-1) shared[2*x+1] -= 0.5*(shared[2*x]+shared[2*x+2]);  
        if (x == scale/2-1) shared[scale-1] -= shared[scale-2];  
        __syncthreads();  
        // Update 1  
        if(x<scale/2 && x>0) shared[2*x] += 0.25*(shared[2*x-1]+shared[2*x+1]);  
        if (x == 0) shared[0] += 0.5*shared[1];  
        __syncthreads();  
        // Scale and Pack back to global memory  
        const float a = M_SQRT2;  
        if(x < scale/2) data[index] = shared[2*x]/a;  
        else data[index] = shared[2*x-scale+1]*a;  
    }  
}
```

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

Opérateur(s) *CDF53* sur GPU avec CUDA : par morceaux

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

Découpage en morceaux (à la “Convolution Séparable”): ▶ cdf53 predict
Implantation complète:

```
for (int scale = DATA_W; scale >lowestScale; scale >>= 1) {
    if (scale > scaleTransition) { // scale > 512
        blockGridRows.x = iDivUp(scale, ROW_TILE_W);
        blockGridRows.y = scale;
        blockGridCols.x = iDivUp(scale, COLUMN_TILE_W);
        blockGridCols.y = iDivUp(scale, COLUMN_TILE_H);
        cdf53RowGPU(d_DataB, d_DataA, DATA_W, DATA_H,
                    scale, scale, gridRows, threadRows,
                    gridPack, threadPack);

        cdf53ColGPU(d_DataB, d_DataA, DATA_W, DATA_H,
                    scale, scale, bridCols, threadCols,
                    gridPack, threadPack);
    } else { // use the shared memory version
        grid_row.y      = threads_row.x  = scale;
        grid_col.x      = threads_col.y  = scale;
        cdf53_1d_row_sharedmem_kernel<<< grid_row, threads_row>>>(d_DataA,DATA_W,scale);
        cdf53_1d_col_sharedmem_kernel<<< grid_col, threads_col>>>(d_DataA,DATA_W,scale);
    }
}
```

Différentes implantations utilisées sur CPU/GPU d'une transformée CDF97 2d :

- ▶ **Matlab** : <http://www.math.ucla.edu/~getreuer/waveletcdf97.html>
- ▶ **implantation naïve en C** dérivée de <http://www.ebi.ac.uk/~gpau/misc/dwt97.c>¹
- ▶ **implantation optimisée en C** utilisant les routines *ippiWTFwdRow_D97_JPEG2K_32f_C1R* et *ippiWTFwdCol_D97_JPEG2K_32f_C1R* de la librairie IPP d'Intel (optimisées pour les instructions SIMD - SSE des processeurs Intel)²
- ▶ **implantation CUDA** originale

¹ce code a été modifié pour une transformation 2d en optimisant l'allocation mémoire et en fusionnant les opérations *scale* et *pack*

²Intel®Integrated Performance Primitives 6.0, with Intel®compiler 11.0 sur cpu E6750@2.66GHz, 4Mb de cache, FSB 1.33GHz

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Temps de calcul ¹ CDF97 2D sur GPU ² et CPU ³ (en ms)
en fonction de la taille d'image

taille	CPU_{Matlab}	CPU_C	CPU_{intel} ⁴	GPU	$\frac{GPU}{CPU_C}$	$\frac{GPU}{CPU_{intel}}$
64	3.2	0.12	0.08	0.06	2.1	1.3
128	10.2	0.46	0.26	0.08	5.0	3.2
256	41	1.8	1	0.23	8.0	4.3
512	175	12.9	4.8	0.84	15.3	5.7
1024	750	156	47.5	5.2	29.8	9.1
2048	3100	964	185	20.9	45.9	8.8
4096	12780	5062	770	81.5	59.9	9.4

Améliorations possibles de l'implantation CUDA:

- ▶ aux petites échelles, regrouper plusieurs lignes dans un même bloc

¹ temps de transfert de données non inclus

² GTX8800, CUDA 2.0, driver 177.80

³ Intel Quad Q6600@2.4GHz, Ubuntu 8.10

⁴ Intel compiler, MKL, IPP -> optimisation SIMD/SSE

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

$$X_{k_1, k_2} = \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} x_{n_1, n_2} \cos \left[\frac{\pi}{N_1} \left(n_1 + \frac{1}{2} \right) k_1 \right] \cos \left[\frac{\pi}{N_2} \left(n_2 + \frac{1}{2} \right) k_2 \right]$$

FFTW: 😊

CuFFT: 😞, pas implémenté.

On peut décomposer l'opérateur DCT direct en 3 étapes³:

1. pre-processing: permutation,

```
for (i=0; i<N1/2; i++) {  
  for (j=0; j<N2/2; j++) {  
    out[j      +N2*i      ] = in[2*j      +N2*2*i];  
    out[j+N2/2+N2*i      ] = in[N2-1-2*j+N2*2*i];  
    out[j      +N2*(i+N1/2)] = in[2*j      +N2*(N1-1-2*i)];  
    out[j+N2/2+N2*(i+N1/2)] = in[N2-1-2*j+N2*(N1-1-2*i)];  
  }  
}
```

2. DFT(N1,N2),

3. recombinaison [code](#)

³John Makhoul, *A fast cosine transform in one and two dimensions*, IEEE Trans. Acoust. Speech Sig. Proc. **28** (1), 27-34 (1980).

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

$$X_{k_1, k_2} = \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} x_{n_1, n_2} \cos \left[\frac{\pi}{N_1} \left(n_1 + \frac{1}{2} \right) k_1 \right] \cos \left[\frac{\pi}{N_2} \left(n_2 + \frac{1}{2} \right) k_2 \right]$$

FFTW: 😊

CuFFT: 😞, pas implanté.

On peut décomposer l'opérateur DCT direct en 3 étapes³:

1. pre-processing: permutation,
2. DFT(N1,N2),
3. recombinaison [▶ code](#).

³John Makhoul, *A fast cosine transform in one and two dimensions*, IEEE Trans. Acoust. Speech Sig. Proc. **28** (1), 27-34 (1980).

Implantation du *pre-processing* (permutation)

```
__global__ void dct2dPreProcess(Real *in, Complex *out,  
                                int width, int height){  
    int xIndex = blockIdx.x * BLOCK_DIM + threadIdx.x;  
    int yIndex = blockIdx.y * BLOCK_DIM + threadIdx.y;  
    if((xIndex < width) && (yIndex < height)) {  
        int index_in = yIndex * width + xIndex;  
        if (threadIdx.x is even) xIndex /= 2;  
        else xIndex = (width-1-xIndex)/2+width/2;  
        if (threadIdx.y is even) yIndex /= 2;  
        else yIndex = (height-1-yIndex)/2+height/2;  
        int index_out = yIndex * width + xIndex;  
        out[index_out].x = in[index_in];  
        out[index_out].y = 0;  
    }  
}
```

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

Profiling de la DCT 2d directe ($N = 1024^2$) sur GPU (GTX8800) versus CPU (Quad Q6600@2.4GHz)

method=[dct2dPreProc]	gputime=[680.992]	occup.= [1.00]
method=[DFT]	gputime=[3321.376]	occup.= [0.33]
method=[dct2dPostProc]	gputime=[1464.864]	occup.= [0.33]

- ▶ temps de calcul CPU(FFTW) / GPU(CUDA): 48ms / 5.9ms, (accélération ~ 8.3)
- ▶ Les étapes de *pre* et *post-processing* représentent ~ 40 % du temps de calcul (~ 2ms) sur GPU.
- ▶ tentative d'optimiser le *pre-processing* pour rendre les accès en lecture **et** écriture coalescents: gain minime ($\leq 10\%$) pour une complexité nettement accrue du code.

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Temps de calcul DCT2D sur GPU ¹ et CPU ² (en ms) en fonction de la taille d'image

taille	CPU	GPU	accél GPU/CPU
64	0.52	0.22	2.3
128	0.83	0.28	2.9
256	3.1	0.5	6.0
512	7.3	1.7	4.1
1024	48	5.9	8.3
2048	373	31.6	11.8
4096	1850	134	13.8

Améliorations possibles :

- ▶ écrire une **implantation dédiée** de la DCT
- ▶ utiliser une **autre librairie de FFT** sur GPU³

¹GTX8800

²Intel Quad Q6600@2.4GHz

³Govindaraju et al., High Performance Discrete Fourier Transforms on Graphics Processors, SuperComputing 2008, Austin.

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en astrophysique

Implantation de bases / dictionnaires pour l'*Inpainting* en traitement d'images

La Transformée en Ondelettes Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D dans CUDA

Performance de l'inpainting par DCT / CDF sur GPU

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

problème traité : image de Lena avec 40 % de pixels mis à zéro, 50 itérations

Temps de calcul complet d'un *inpainting* par **DCT2D** sur GPU et CPU (en ms) en fonction de la taille d'image

taille	CPU	GPU	accél GPU/CPU
128	59	19	3.1
256	310	44	7.0
512	891	178	5.0
1024	5360	653	8.2
2048	48000	3390	14.1

Performance de l'inpainting par DCT / CDF sur GPU

P. Kestener, Y. Moudden,
A. Pedron

Motivations

Qu'est ce que l'*Inpainting*

Exemples d'utilisation de
l'*Inpainting*

L'*Inpainting* utilisé en
astrophysique

Implantation de bases /
dictionnaires pour
l'*Inpainting* en
traitement d'images

La Transformée en Ondelettes
Discrète par *Lifting scheme*

Implantation de la TO 2D
CDF dans CUDA

La Transformée en Cosinus
Discrète 2D (DCT)

Implantation de la DCT 2D
dans CUDA

problème traité : image de Lena avec 40 % de pixels mis à zéro, 50 itérations

Temps de calcul complet d'un *inpainting* par **TO-CDF97** toute échelle sur GPU et CPU (en ms) en fonction de la taille d'image

taille	CPU	GPU	accél GPU/CPU
256	255	53	4.8
512	1715	154	11.1
1024	17800	740	24.0
2048	140200	3130	44.5