

Estudo de Desempenho Sobre a Biblioteca **Int-Haar**

Autores: Vinícius Santos — Maurício Pilla
Renata Reiser — Alice Kozakevicius

Apresentador: Lucas Agostini

Universidade Federal de Pelotas
Ciência da Computação
Centro de Desenvolvimento Tecnológico

ERAD 2015 - Gramado / RS

- 1 Introdução
- 2 Transformada de Haar
- 3 Testes e Resultados
- 4 Considerações Finais

Introdução

Transformadas Wavelets

- As Transformadas Wavelets (TWs) são ferramentas matemáticas para a decomposição hierárquica de funções.
- São muito usadas em análise de sinais para identificação de detalhes contidos nos sinais originais.
- Uma característica importante das TWs é a recomposição (transformação inversa) dos sinais transformados para os originais.

Aplicações

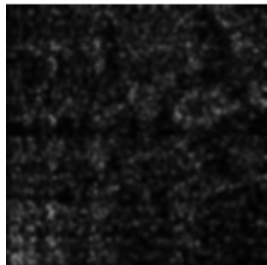
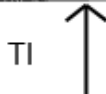
- As Transformadas Wavelets são aplicadas para resolução de problemas relacionados com, por exemplo:
 - **compressão de imagens,**
 - controle automatizado de nível de detalhe,
 - renderização de curvas.



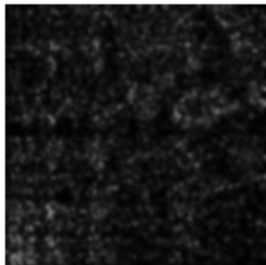
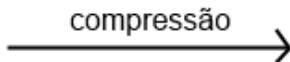
(a)



(d)



(b)



(c)

Principal Contribuição

Técnicas intervalares integradas às Transformadas Discretas Wavelets

- Desenvolver a biblioteca **Int-DWTs** com as implementações intervalares das TDWs, utilizando C-XSC.
- Prover resultados intervalares confiáveis e automaticamente validados às aplicações que necessitam das Transformadas Discretas Wavelets (TDW).

Objetivo

- Estudo, análise e **implementação da extensão intervalar** da Transformada Wavelet de Haar (TWH).
- Implementar as seguintes abordagens e etapas da TWH intervalar:
 - **Abordagens:** não-normalizada não-padrão, não-normalizada padrão, normalizada não-padrão e normalizada padrão;
 - **Etapas:** transformação direta (decomposição) e de transformação inversa (composição).

Novos Objetivos

Exatidão de Cálculo

- Durante o estudo da Transformada de Haar para o presente trabalho foi observado a possibilidade de se otimizar as transformações a fim de se obter resultados mais exatos.
- Os resultados dos novos algoritmos foram avaliados pelas mesmas ferramentas intervalares desenvolvidas, comprovando assim a eficácia dos novos procedimentos [Dos Santos, Vinícius, ERAD 2014].

Ganho em Desempenho

- Em seguida foi constatamos de que os novos algoritmos retornam resultados em menos tempo comparado aos originais da literatura.
- O novo objetivo do projeto é levar estas otimizações para o resto da família de Transformadas Wavelets.

Matemática Intervalar

Vantagens - Aritmética Intervalar (Moore/1959 e Sunaga/1958)

- Técnicas Intervalares são aplicadas na representação de dados inexatos, aproximações e erros nos procedimentos computacionais.
- Tem alcançado resultados significativos:
 - **controle automático** para o limite dos erros;
 - **algoritmos numéricos autovalidáveis**;
 - **tratamento da precisão** em sistema de ponto flutuante;
 - garantindo representação com a **máxima exatidão**;
 - **maior confiabilidade** em relação aos erros de propagação, de arredondamentos e truncamentos.

Principais Aplicações - Computação Científica

- na **representação de valores contínuos** (números irracionais);
- **modelagem de parâmetros** (medidas obtidas por instrumentos de precisão limitada).

Biblioteca C-XSC

- Biblioteca para manipulação de intervalos numéricos.
- C-XSC foi elaborada em C++ e é direcionada ao desenvolvimento de algoritmos que necessitam de resultados em alta exatidão.
- Possibilidade de paralelização das operações intervalares.
- Exemplos de estruturas presentes na biblioteca:
 - *interval* (intervalo de reais).
 - *complex* (número complexo).
 - *rvector* (vetor de números reais).
 - *dotprecision* (acumulador real de alta precisão).

Descrição do Funcionamento do Algoritmo

Decomposição	Composição
$C'[i] = (C[2i] + C[2i + 1]) / 2$	$C'[2*i] = C[i] + C[n + i]$
$C'[n/2 + i] = (C[2i] - C[2i + 1]) / 2$	$C'[2*i + 1] = C[i] - C[n + i]$

n = tamanho do vetor; $i = 0 \dots n/2 - 1$;

—	(de escala)	(wavelets)
Nível	Médias	Diferenças
2	[9 7 3 5]	-
1	[8 4]	[1 -1]
0	[6]	[2]

- Vetor original: [9 7 3 5]
- Vetor transformado: [6 2 1 -1]

Pseudo-Código da TWH 1D

```
procedure DecompositionStep(C: array [1..h] of reals)
  for i ← 1 to h/2 do
     $C'[i] \leftarrow (C[2i - 1] + C[2i])/\sqrt{2}$ 
     $C'[h/2 + i] \leftarrow (C[2i - 1] - C[2i])/\sqrt{2}$ 
  end for
   $C \leftarrow C'$ 
end procedure
```

Implementação do Algoritmo da TWH 1D

```
void Haar_DecompositionStep(double *vec, int n, bool normal)
{
    double div;
    double *vecp = new double[n];

    if (normal) div = sqrt(2.0);
    else        div = 2.0;

    for (int i = 0; i < n/2; i++)
    {
        vecp[i]          = (vec[2*i] + vec[2*i + 1]) / div;
        vecp[i + n/2] = (vec[2*i] - vec[2*i + 1]) / div;
    }

    for (int i = 0; i < n; i++)
        vec[i] = vecp[i];

    delete [] vecp;
}
```

Extensão Intervalar do Algoritmo da TWH 1D

```
void INT_Haar_DecompositionStep(interval *vec, int n, bool normal)
{
    interval div;
    interval *vecp = new interval[n];

    if (normal) div = sqrt(interval(2));
    else       div = interval(2);

    for (int i = 0; i < n/2; i++)
    {
        vecp[i]          = (vec[2*i] + vec[2*i + 1]) / div;
        vecp[i + n/2] = (vec[2*i] - vec[2*i + 1]) / div;
    }

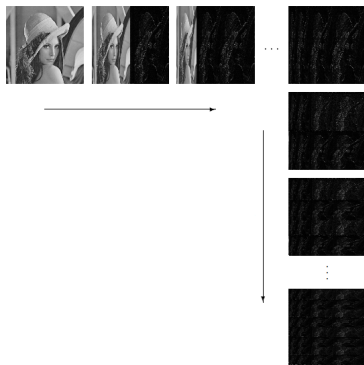
    for (int i = 0; i < n; i++)
        vec[i] = vecp[i];

    delete [] vecp;
}
```

TWH 2D

Transformação Bidimensional

- A Transformada de Haar Bidimensional é computada ao realizar-se as transformações em todas as linhas e colunas da matriz numérica.
- Existem dois algoritmos para esse procedimento, os quais se diferenciam pela ordem de aplicação da transformação entre as linhas e colunas da matriz:
 - TWH 2D Padrão
 - TWH 2D Não-Padrão



(a) TWH 2D Padrão



(b) TWH 2D Não-Padrão

Configuração

- Estudo de caso: Comprimento do intervalo de erro na computação da TWH 2-D.
- Foram realizadas todas as possibilidades de transformação usando uma imagem de teste com resolução de 1024x1024 pixels em escala de cinza de 8-bits:
 - TWD 2D Normalizada Padrão;
 - TWD 2D Normalizada Não-Padrão;
 - TWD 2D Inversa Normalizada Padrão;
 - TWD 2D Inversa Normalizada Não-Padrão;
- Configuração: Processador Intel(R) Core(TM) i7 CPU 950 @ 3.07GHz, 6GB RAM;

Imagem de Teste



Resultados Parciais

Metodologia	Decomposição	Composição
Padrão Novo	3.492460E-010	6.705523E-008
Padrão Original	7.916242E-008	4.671514E-006
Não-Padrão Novo	0.000000	0.000000
Não-Padrão Original	7.171184E-008	1.819804E-006

Otimização Implementada

	0	1	2	...
0	$j' = 0$ $j'' = 0$	$j' = 0$ $j'' = 1$	$j' = 0$ $j'' = 2$	
1	$j' = 1$ $j'' = 0$	$j' = 1$ $j'' = 1$	$j' = 1$ $j'' = 2$	
2	$j' = 2$ $j'' = 0$	$j' = 2$ $j'' = 1$	$j' = 2$ $j'' = 2$	
...				

(a)

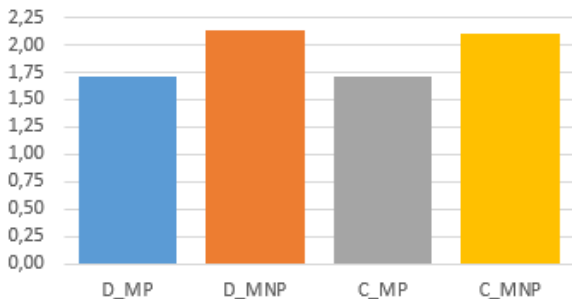
$$2 \frac{-(j' + j'')}{2}$$

(c)

	0	1	2	...
0	$j' = 0$ $j'' = 0$			
1		$j' = 1$ $j'' = 1$		
2			$j' = 2$ $j'' = 2$	
...				

(b)

Teste Sobre o Desempenho



- D MP (Decomposição Método Padrão)
- D MNP (Decomposição Método Não-Padrão)
- C MP (Composição Método Padrão)
- C MP (Composição Método Não-Padrão)

Considerações Finais

- Os resultados intervalares alcançados com o desenvolvimento da biblioteca Int-Haar garantem a inclusão dos resultados obtidos com as implementações pontuais apresentadas.
- As otimizações propostas foram implementadas com sucesso.
- Na continuidade, busca-se a extensão intervalar de outras TDWs.

Agradecimento e Perguntas

Agradecimentos

- PROBIT/FAPERGS (08/2014 a 07/2015)
- Projeto PqG/2013 FAPERGS

Dúvidas

Contatos:

- vrdsantos@inf.ufpel.edu.br

Estudo de Desempenho Sobre a Biblioteca **Int-Haar**

Autores: Vinícius Santos — Maurício Pilla
Renata Reiser — Alice Kozakevicius

Apresentador: Lucas Agostini

Universidade Federal de Pelotas
Ciência da Computação
Centro de Desenvolvimento Tecnológico

ERAD 2015 - Gramado / RS