

Sistemas em Tempo Real - Trabalho M1

1st Arthur Pereira Alves

Estudante de Engenharia de Computação

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Itajaí, Brasil

arthuralves@edu.univali.br

2nd Fabio Ivo Pereira

Estudante de Engenharia de Computação

Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI

Itajaí, Brasil

fipoj@edu.univali.br

I. INTRODUÇÃO

Relatório da avaliação da M1 de Sistemas em Tempo Real: Avaliação de Processos Críticos, ministrada pelo Prof.^o Felipe Viel. O software desenvolvido consiste em uma aplicação do algoritmo do Filtro de Difusão Anisotrópica (FDA) com o objeto de avaliarmos o processamento do programa em diferentes cenários.

A filtragem anisotrópica difusa (FDA) é uma técnica computacional avançada usada principalmente para reduzir o ruído em imagens. Embora seja eficaz, o algoritmo apresenta desafios significativos em relação ao tempo de execução e ao uso de recursos computacionais. Uma abordagem que pode melhorar a eficiência do algoritmo é a utilização de tabelas de consulta (LookUp Tables - LUT). Essas tabelas armazenam resultados pré-calculados que podem ser prontamente acessados, eliminando a necessidade de cálculos caros. O objetivo deste estudo é implementar, avaliar e comparar a eficácia dessa técnica de otimização, juntamente com outras, no desempenho temporal da FDA.

II. METODOLOGIA

O projeto foi criado usando a linguagem C, seguindo as regras e orientações fornecidas. Coletamos várias métricas de desempenho usando tanto cronômetros do sistema operacional quanto contadores de ciclos de CPU específicos. Comparamos a implementação inicial com duas versões otimizadas: uma que utiliza tabelas de busca (LUT) e outra que aproveita o paralelismo de dados.

III. PROBLEMATICA

A complexidade do algoritmo do Filtro de Difusão Anisotrópica (FDA) resulta em uma operação computacionalmente intensiva que pode ser um gargalo em aplicações que requerem processamento em tempo real ou quando recursos computacionais são limitados. A análise temporal das várias etapas e funções que compõem o algoritmo é um primeiro passo crucial para identificar áreas de possível melhoria.

A implementação de Tabelas de Consulta (LookUp Tables - LUT) surge como uma técnica de otimização potencial para acelerar certas funções do FDA. A hipótese é que o uso de LUT pode melhorar significativamente a eficiência do algoritmo ao

substituir cálculos repetitivos e demorados por buscas rápidas em uma tabela pré-calculada. Portanto, um objetivo secundário deste trabalho é implementar LUTs para substituir certas funções e avaliar a melhora no desempenho.

O trabalho deverá, portanto, abordar as seguintes questões:

- Qual é o tempo de execução total do algoritmo FDA?
- Quais etapas ou funções são mais demoradas e por quê?
- Como a implementação de LUT afeta o desempenho global do algoritmo?
- Seria possível alcançar a filtragem em tempo real para a percepção humana com essas otimizações?

Para responder a essas questões, serão realizados testes comparativos entre a implementação original e a otimizada com LUT, bem como uma análise aprofundada do impacto no tempo de execução e na qualidade do resultado.

IV. DESENVOLVIMENTO

- Captura de Tempo Usando "clock();":

Para avaliar o desempenho temporal do algoritmo do Filtro de Difusão Anisotrópica (FDA), foi utilizada a função clock() da biblioteca <time.h>. Esta função fornece o tempo de CPU utilizado desde que o programa foi lançado, permitindo avaliar o tempo de execução das diversas etapas do algoritmo.

O tempo foi capturado antes e depois de cada função significativa dentro do algoritmo, e a diferença foi calculada para determinar o tempo gasto em cada função específica.

- Contagem de Ciclos usando "rdtsc();":

A função rdtsc() foi utilizada para capturar o número de ciclos de CPU. Esta é uma abordagem mais precisa, especialmente útil para avaliar funções que são executadas muito rapidamente e cujo tempo de execução pode não ser capturado de forma precisa usando apenas clock().

A instrução rdtsc() é específica para CPUs x86 e retorna um timestamp de 64 bits que representa a contagem de ciclos desde o reset da CPU.

- Comparação e Análise

Ambos os métodos foram utilizados para avaliar o desempenho das várias etapas do algoritmo FDA. Isso forneceu uma visão abrangente e precisa do custo computacional associado a cada etapa. Além disso, essas

métricas foram fundamentais para avaliar o impacto da implementação de LookUp Tables (LUT) no desempenho geral do algoritmo.

As medições de tempo e ciclo permitiram identificar funções ou etapas críticas que consomem uma quantidade significativa de recursos. Essas informações são cruciais para qualquer esforço de otimização subsequente, como a implementação de LUTs ou paralelismo.

- Otimização com LookUp Tables (LUT)

Para acelerar as funções mais demoradas identificadas nas etapas anteriores, uma técnica de Tabela de Consulta (LUT) foi implementada. LUTs foram usadas para armazenar resultados de cálculos que são frequentemente repetidos, reduzindo assim o tempo de execução ao evitar recalculações. A eficácia dessa técnica foi então avaliada usando os mesmos métodos de captura de tempo e ciclo descritos acima.

Ao comparar as métricas de desempenho antes e depois da implementação da LUT, foi possível quantificar o ganho de desempenho e avaliar se as otimizações tornariam viável a filtragem em tempo real para percepção humana.

Este método de desenvolvimento assegura uma avaliação rigorosa do desempenho do algoritmo FDA e das otimizações implementadas, fornecendo dados sólidos para futuras melhorias e implementações.

V. RESULTADOS

- FDA – Sem Multithreading:

Para a execução do programa, iremos utilizar como padrão o valor de Lambda = 15, alterando apenas a quantidade de interações do filtro. A imagem de entrada será a definida abaixo:



Processamento para 100 interações:

```
C:\Qt\Tools\QtCreator\bin\qtcreator_process_stub.exe
name of input PGM image file (with extender): lena_noise.pgm
PGMImage->y = 256
PGMImage->x = 256
PGMImage->max = 255
contrast paramter lambda (>0) : 15
number of iterations: 100_
```

```
Tempo de execucao usando bicliotecas proprias do windows:
Tempo de CPU usado na abertura do arquivo: 0.038000 segundos
Tempo de CPU usado na execucao do FDA: 10.768000 segundos
Tempo de CPU usado no fechamento do arquivo: 0.003000 segundos
Tempo de CPU usado no total da execucao: 45.514000 segundos

Tempo de execucao usando contagem de ciclos:
Numero de ciclos de CPU na abertura do arquivo: 134494149
Numero de ciclos de CPU na execucao do FDA: 38765760465
Numero de ciclos de CPU no fechamento do arquivo: 9450539
Numero de ciclos de CPU no total: 163850699747
Press <RETURN> to close this window...
```

Resultado na imagem:



Processamento para 1.000 interações:

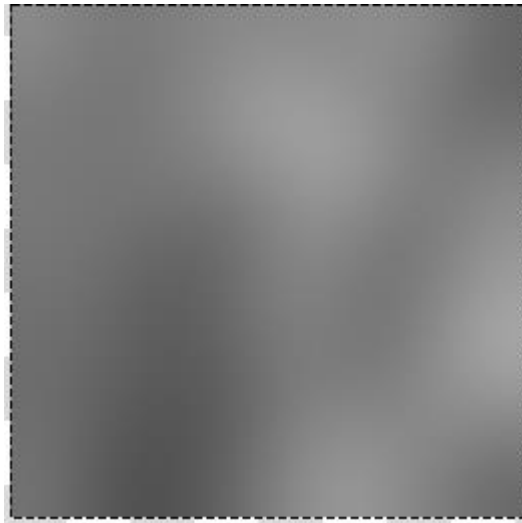
```
name of input PGM image file (with extender): lena_noise.pgm
PGMImage->y = 256
PGMImage->x = 256
PGMImage->max = 255
contrast paramter lambda (>0) : 15
number of iterations: 1000
```

```
Tempo de CPU usado na abertura do arquivo: 0.038000 segundos
Tempo de CPU usado na execucao do FDA: 107.670000 segundos
Tempo de CPU usado no fechamento do arquivo: 0.003000 segundos
Tempo de CPU usado no total da execucao: 140.004000 segundos

Tempo de execucao usando contagem de ciclos:

Numero de ciclos de CPU na abertura do arquivo: 134638911
Numero de ciclos de CPU na execucao do FDA: 387614714435
Numero de ciclos de CPU no fechamento do arquivo: 9357940
Numero de ciclos de CPU no total: 504012512812
Press <RETURN> to close this window...
```

Resultado na imagem:



Processamento para 5.000 interações:

```
name of input PGM image file (with extender): lena_noise.pgm
PGMImage->y = 256
PGMImage->x = 256
PGMImage->max = 255
contrast paramter lambda (>0) : 15
number of iterations: 5000_
```

```
Tempo de execucao usando bicliotecas proprias do windows:

Tempo de CPU usado na abertura do arquivo: 0.036000 segundos
Tempo de CPU usado na execucao do FDA: 531.197000 segundos
Tempo de CPU usado no fechamento do arquivo: 0.002000 segundos
Tempo de CPU usado no total da execucao: 556.307000 segundos

Tempo de execucao usando contagem de ciclos:

Numero de ciclos de CPU na abertura do arquivo: 127313172
Numero de ciclos de CPU na execucao do FDA: 1912307135092
Numero de ciclos de CPU no fechamento do arquivo: 8440046
Numero de ciclos de CPU no total: 2002704001990
Press <RETURN> to close this window...
```

Resultado na imagem:



Só temos a execução das funções de multithreading e Luts usando funções fictícias, sem o rela calculo por trás por conta de termos tidos algumas dificuldades com a implementação do multithreading.

- FDA – Com Multithreading:
- FDA (LUT) – Sem Multithreading:
- FDA (LUT) – Com Multithreading: