

## COMPRESSOR DE QUADROS DE REFERÊNCIA DE ALTA EFICIÊNCIA PARA CODIFICADORES DE VÍDEO DE ALTA DEFINIÇÃO

GUILHERME POVALA<sup>1</sup>; LÍVIA AMARAL<sup>1</sup>; DIEISON SILVEIRA<sup>2</sup>; MARCELO  
PORTO<sup>1</sup>; BRUNO ZATT<sup>1</sup>; LUCIANO AGOSTINI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – Grupo de Arquitetura e Circuitos Integrados  
{gpovala, lsdamaral, porto, zatt, agostini}@inf.ufpel.edu.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – dssilveira@inf.ufrgs.br

### 1. INTRODUÇÃO

Os recentes avanços na tecnologia fizeram com que o interesse das pessoas em dispositivos móveis aumentasse. Com isso, dispositivos móveis se tornaram uma enorme fonte de entretenimento, especialmente para aplicações multimídia, como captura de fotos e vídeos. No entanto, estes dispositivos, como *smartphones* e *tablets*, são movidos a bateria, o que implica em sérias restrições em relação ao consumo energético. Assim, estratégias que proporcionem uma redução no consumo energético destas aplicações são altamente desejáveis, principalmente em relação a acessos à memória, uma vez que a redução do número de acessos à memória é uma das formas mais eficientes de reduzir o consumo energético, consequentemente, aumentando o tempo de vida da bateria.

Neste cenário, tendo em vista vídeos digitais em sua forma original, ou seja, sem nenhuma compressão, seria inviável a quantidade de espaço demandado para o seu armazenamento. Portanto, pensando na redução de dados, padrões de codificação de vídeos foram desenvolvidos, como o H.264/AVC (ISO/IEC, 2012) e o HEVC (*High Efficiency Video Coding*) (ISO/IEC, 2013). Enquanto o padrão H.264/AVC é consolidado no mercado, na academia, e é padrão atual do SBTVD (Sistema Brasileiro de Televisão Digital), o HEVC é o novo padrão estado-da-arte de codificação de vídeo. Esses padrões definem diversas técnicas, que usadas em conjunto, atingem uma alta taxa de compressão com uma perda em qualidade muitas vezes imperceptível aos olhos humanos.

Uma dessas técnicas é a Estimativa de Movimento (ME), que é responsável por importantes ganhos de compressão na codificação de vídeo explorando semelhanças entre o quadro atual e quadros vizinhos. Estes quadros são conhecidos como quadros de referência e já foram previamente codificados. Assim, a ME é uma tarefa de processamento de dados extremamente intensiva. Esta característica torna a ME o módulo de maior consumo energético nos sistemas de codificação de vídeo atuais (ZATT, 2011), onde 90% da energia total está relacionada com o armazenamento on-chip o número de acessos à e memória off-chip (ZATT, 2011). Deste modo, o projeto de codificação de vídeo deve considerar problemas de memória como o gargalo do sistema.

Na literatura, é possível encontrar duas principais abordagens para reduzir o consumo de energia: o reuso de dados e a compressão de quadros de referência. A primeira abordagem evita retransmissão de dados, atingindo uma alta taxa de redução de dados acessados da memória. No entanto, esta abordagem requer tipicamente grandes memórias SRAM, que tem um alto custo em hardware, além de reduzir apenas as operações de leitura. Já a segunda solução, a compressão de quadros de referência, reduz operações tanto de leitura quanto de escrita na memória, com implementações que podem ser simples e de baixo custo computacional. A compressão de quadros de referência pode ser realizada com

ou sem perdas de qualidade durante seu processo, porém, ao inserir perdas, a qualidade do vídeo como um todo é prejudicada, o que não é desejável.

Neste trabalho, uma solução para redução de acessos à memória em codificadores de vídeo é apresentada. A solução proposta utiliza a técnica de compressão de quadros de referência com otimização para áreas homogêneas e atinge 71% de redução de dados armazenados na memória externa, diminuindo o número de dados acessados em operações de leitura e escrita na memória.

## 2. METODOLOGIA

Inicialmente, um estudo sobre a distribuição das amostras de vídeos digitais foi realizado. Com isso, foi possível perceber que a distribuição das amostras de luminância originais entre diferentes vídeos apresenta um comportamento variado, como pode ser visto na Figura 1 (a) e (b), fazendo com que uma codificação eficiente não possa ser aplicada. Porém, foi notado que as amostras desses vídeos têm uma grande redundância espacial, assim, ao ser aplicada uma codificação diferencial, os valores passam a se concentrar em torno de zero, como na Figura (c) e (d). Dessa forma, algoritmos de entropia podem ser utilizados para uma codificação eficiente.

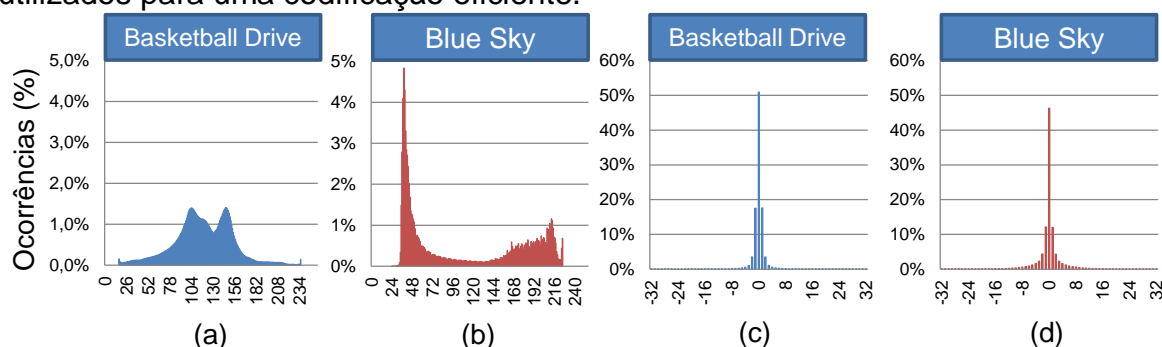


Figura 1 – Análise da Distribuição das Amostras de Luminância Originais (a), (b) e dos Valores Residuais Após Aplicação da Codificação Diferencial (c), (d).

Além disso, a alta ocorrência do resíduo zero indica que uma codificação que tire vantagem dessa característica possa ser vantajosa. Dessa forma, este trabalho propõe o algoritmo DDRFC-H (*Double Differential Reference Frame Compressor with Optimization for Homogeneous Blocks*), que utiliza uma dupla codificação diferencial (DDC), seguido por uma codificação de entropia (CE) e de uma otimização para áreas homogêneas.

O processo de codificação com o algoritmo DDRFC-H é mostrado no pseudo-algoritmo da Figura 2.

1. Para cada bloco 64x64
2.   Para cada sub-bloco 4x4
3.     Calcula os resíduos (DDC)
4.     Se o bloco é homogêneo
5.       Armazena '1'
6.     Senão
7.       Armazena '0'
8.     Gera os códigos dos resíduos (CE)
9.     Armazena os códigos dos resíduos

Figura 2 – Algoritmo DDRFC-H

O processo de DDC é aplicado em cada sub-bloco 4x4 de cada bloco 64x64 do quadro de referência. Esse processo serve para concentrar a distribuição das amostras residuais e é realizado através da subtração de amostras vizinhas em dois passos, como visto na Figura 3.

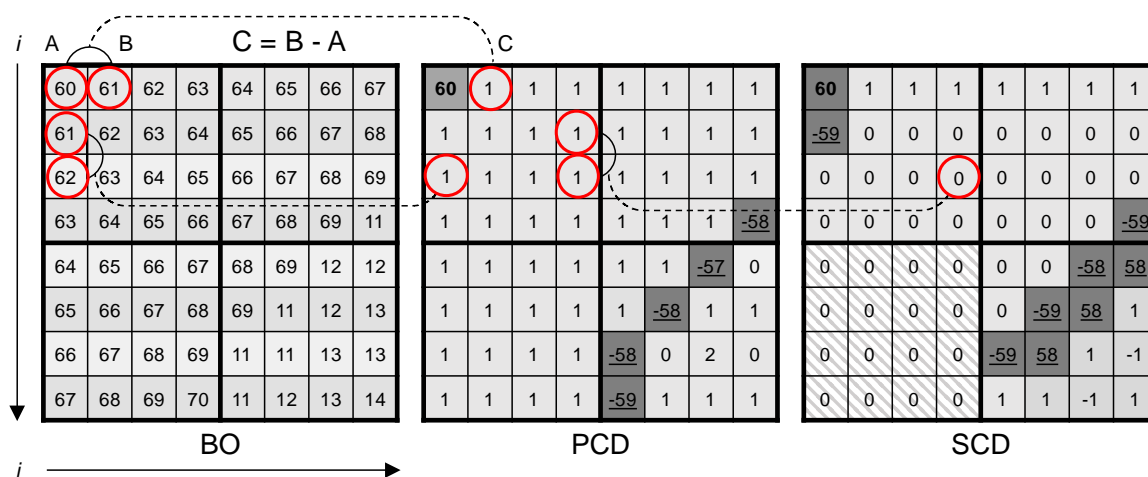


Figura 3 – Exemplo da Dupla Codificação Residual

O primeiro passo, chamado Primeira Codificação Diferencial (PCD), aplica uma predição horizontal e é definido para três casos. O primeiro caso ( $i=0$  e  $j=0$ ) ocorre quando a primeira amostra do bloco é processada, onde  $i$  e  $j$  denotam as linhas e colunas do bloco, respectivamente. Esta amostra é simplesmente copiada para o bloco residual PCD (número 60 em negrito na Figura 3 – PCD). O segundo caso ( $i>0$  e  $j=0$ ), é a codificação da primeira coluna do bloco, onde o resíduo é obtido através da subtração da posição  $[i-1][j]$  de  $[i][j]$  do OB. O terceiro caso ( $j > 0$ ) é a codificação das linhas do bloco. Neste caso, o resíduo é obtido através da subtração da posição  $[i][j-1]$  da posição  $[i][j]$ . Por exemplo, com mostrado na Fig. 3, C é obtido subtraindo A de B.

O segundo passo, chamado Segunda Codificação Diferencial (SCD), aplica uma predição vertical e dois casos são necessários. O primeiro, quando a primeira linha ( $i=0$ ) está sendo codificada, esta é apenas copiada para o bloco residual SCD. O segundo caso ( $i>0$ ), o resíduo é obtido subtraindo a posição  $[i-1][j]$  de  $[i][j]$ . É importante notar que a maioria dos resíduos, após a etapa SCD, viraram zero, o que permite atingir uma maior compressão após a codificação de entropia.

Quando o processo da DDC termina, é realizada uma verificação para ver se o sub-bloco é homogêneo ou não. Se o bloco 4x4 processado é composto apenas de valores iguais a zero, como no bloco 4x4 texturizado da Figura 3, apenas um *bit* é utilizado para informar que o sub-bloco é homogêneo. Caso contrário, é feita uma codificação de entropia sem perdas que utiliza uma tabela estática baseada na codificação de Huffman. Dessa forma, códigos menores são gerados para símbolos que ocorrem mais frequentemente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O algoritmo DDRFC-H foi implementado em C++ para extração de resultados de taxa de compressão e para avaliar o algoritmo proposto, 14 sequências de vídeo, com resolução HD 1080p, foram avaliadas. As sequências de vídeo reconstruídas foram geradas com o software de referência do HEVC, o HM, considerando o parâmetro de quantização (QP) no valor 32. A versão utilizada foi a HM-12.0 com o algoritmo TZ Search.

A Tabela 1 contém os resultados dos experimentos realizados. Para esses resultados, apenas o componente de luminância das sequências de vídeo foram

utilizadas, visto que, geralmente, apenas esse componente é utilizado pela ME em codificadores de vídeos de trabalham em tempo real.

Tabela 1 – Taxa de Compressão (TC) do Algoritmo DDRFC-H.

Sequência	TC (%)	Sequência	TC (%)	Sequência	TC (%)
Blue Sky	62,33	Rolling Tomatoes	81,28	Cactus	64,66
In to tree	78,89	Station2	68,73	Riverbed	68,74
Pedestrian area	75,88	Tennis	75,56	Basketball Drive	70,56
Sunflower	70,56	Tractor	69,19	Man in car	87,81
Kimono	72,01	BQTerrace	57,95		
<b>Taxa de Compressão Média (%)</b>			<b>71,72</b>		

Como pode ser observado na Tabela 1, a taxa de compressão varia de acordo com a sequência de vídeo. Isso acontece devido ao fato de que vídeos são compostos de forma diferente. Alguns vídeos têm muitas regiões que são compostas por áreas homogêneas, como na sequência *Man In Car*. Isso facilita a codificação, assim, atingindo uma taxa de compressão alta. Porém, como na sequência *BQTerrace*, devido a alta ocorrência de texturas, a taxa de compressão é menor. Além disso, a taxa de compressão obtida para cada sequência de vídeo também indica a redução da largura de banda com comunicação com a memória externa atingida pelo algoritmo proposto.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o DDRFC-H, uma solução leve e de alta performance capaz de prover alta redução de largura de banda para quadros de referência, mantendo a qualidade de vídeo e com um baixo custo para uma possível implementação em hardware.

O DDRFC-H utiliza uma abordagem com baixo custo computacional, concebido para aplicações em tempo real e dispositivos móveis, que exigem baixo consumo de energia. Além disso, esta solução atinge uma taxa de compressão média superior a 71% para vídeos HD 1080p, apresentando consequentemente, a mesma redução na largura de banda de memória, além de ser totalmente compatível com os padrões estado da arte de codificação de vídeo, como o H.264/AVC e o HEVC.

Como trabalhos futuros, o DDRFC-H será descrito em VHDL, validado e sintetizado para FPGA e sintetizado em ASIC, assim, obtendo resultados de consumo energético, com isso, podendo avaliar sua eficiência energética.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ISO/IEC 14496-10: **Coding of audio-visual objects - Part 10: Advanced Video Coding**. Relatório Técnico, 2012.

ISO/IEC 23008-2: **High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 2: High efficiency video coding**. Relatório Técnico, 2013.

ZATT, B.; SHAFIQUE, M.; SAMPAIO, F.; AGOSTINI, L.; BAMPI, S.; HENKEL, J. Run-time adaptive energy-aware motion and disparity estimation in multiview video coding. **ACM Digital Automation Conference**, New York, p. 1026-1031, 2011.