

## RFCAVLC: UMA SOLUÇÃO EFICIENTE PARA REDUÇÃO DA LARGURA DE BANDA DE MEMÓRIA E ENERGIA EM CODIFICADORES DE VÍDEO

DIEISON SILVEIRA; GUILHERME POVALA, LÍVIA AMARAL, BRUNO ZATT,  
LUCIANO AGOSTINI; MARCELO PORTO

*Universidade Federal de Pelotas*

{*dssilveira, gpovala, lsdamaral, zatt, agostini, porto*}@inf.ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

A codificação de vídeo é de extrema importância nos dias atuais, por conta da grande quantidade de informação presente em vídeos de alta resolução e a quantidade de aparelhos eletrônicos que manipulam este tipo de mídia, como computador pessoal, notebooks, smartphones, televisão digital de alta resolução, câmeras e filmadoras digitais portáteis, entre muitos outros.

Apesar dos vídeos digitais demandarem de uma grande quantidade de dados para serem representados, eles possuem uma importante característica: apresentam elevado grau de redundância de dados. Isto significa que grande parte da enorme quantidade de dados necessários na representação do vídeo é dispensável. O objetivo da compressão de vídeo é a máxima eliminação desses dados desnecessários, para conseguir representar o vídeo digital com um número de bits muito menor do que o original, com perdas desprezíveis de qualidade visual.

O processo da codificação de vídeo compreende uma variedade de técnicas e ferramentas que estão em constante desenvolvimento, por isso há uma intensa atividade de pesquisa nesta área. Ao associar um conjunto especial destas ferramentas os padrões de codificação de vídeo são definidos. O padrão mais atual no mercado é o *High Efficiency Video Coding* (HEVC) (ITU-T, 2013), o HEVC atinge o dobro da taxa de compressão de bits para a mesma qualidade visual, quando comparado ao padrão antecessor, o H.264/AVC. Estes padrões têm vários módulos semelhantes, entre eles a estimação de movimento (ME). O módulo da ME é responsável pelos maiores ganhos em compressão quando comparado aos demais módulos do codificador, porém este módulo apresenta os maiores custos computacionais, tanto em tempo de codificação quanto em consumo de energia. A maior parte do consumo de energia (até 90%) da ME está relacionado à memória, seja em acessos à memória externa ou em memórias internas (caches) que são utilizadas para armazenar informações durante a codificação (ZATT, 2011). Isto ocorre porque os quadros codificados são armazenados na memória externa para serem utilizados como referências durante o processo de codificação dos próximos quadros. Na medida em que a comunicação com a memória impacta significativamente no consumo de energia e velocidade de processamento, o projeto do codificador de vídeo deve considerá-lo como um grande gargalo do sistema.

As duas principais abordagens que visam reduzir os problemas que existem na comunicação entre memória externa e o núcleo de processamento dos codificadores de vídeo são: (1) redução de largura de banda de memória externa, através de estratégias de reutilização de dados usando caches; e (2) redução de largura de banda através da compressão de quadros de referência antes de serem armazenados na memória externa. A principal vantagem da compressão de quadros de referência, quando comparado com a outra abordagem, é que a

reutilização de dados reduz apenas o número de acessos de leitura, enquanto que a compressão de quadros de referência reduz o número de acessos de leitura e de escrita. Neste sentido, este trabalho propõe uma solução, com base na compressão de quadros de referência, reduzindo, em média, mais de 32% do volume de dados que é armazenado na memória externa, consequentemente, diminuindo o número de operações de leitura e escrita necessárias para acessar esses dados. O processo de compressão é realizado de forma eficiente sem qualquer perda de informação, evitando assim a degradação da qualidade do vídeo.

## 2. METODOLOGIA

O RFCAVLC (*Reference Frame Context-Adaptive Variable-Length Coder*) é uma solução eficiente para compressão de quadros de referência nos codificadores de vídeo. Esta solução é baseada em códigos de *Huffman* que utiliza tabelas estáticas com códigos otimizados para evitar o custo da análise estatística em tempo de execução. A melhor tabela para codificar cada bloco é selecionada em tempo de execução usando uma avaliação de contexto, o que resulta numa configuração adaptativa ao contexto. Cada tabela está especializada para uma série de características diferentes dos quadros, de modo que uma estratégia de decisão deve ser aplicada.

Para este trabalho, cada tabela contém os códigos para cada valor de amostra de luminância. Apenas amostras de luminância foram utilizadas uma vez que apenas a luminância é utilizada como referência pela ME durante a codificação, pelo menos em codificadores de vídeo que atingem tempo real. As amostras de luminância são tipicamente representadas com oito bits por amostra, cada tabela tem 256 entradas, uma para cada valor de luminância possível. Os valores para cada tabela foram obtidos separadamente e correspondem à ocorrência média de cada amostra de luminância, de acordo com uma análise estatística realizada com oito sequências de vídeo com resolução 1080p (1920x1080 pixels), as sequências de vídeo utilizadas apresentam movimento e características de iluminação diferentes, deixando a solução mais robusta.

Neste estudo foram avaliadas treze configurações diferentes para o algoritmo. Cada um das configurações conta com quantidades distintas de tabelas estáticas e tamanhos de blocos. Este estudo foi realizado a fim de obter o melhor custo benefício entre taxa de compressão e custo computacional. Este custo computacional está relacionado com a quantidade de tabelas estáticas, quanto mais tabelas, maior será o custo computacional da solução. A figura 1 apresenta os algoritmos desenvolvidos, o compressor e o descompressor de quadros de referência.

O processo de codificação começa com a busca de um bloco de amostras. Em seguida, o valor da média deste bloco é calculado. Com base nesta média, a tabela mais adequada é utilizada para comprimir o bloco. As amostras deste bloco são codificadas com uma simples leitura do código de Huffman na posição correta da tabela selecionada. O valor de amostra define a posição de leitura. Uma vez que os códigos têm um comprimento variável, eles são montados em palavras de 32 bits para serem armazenados. Depois disso, o bloco comprimido é armazenado na memória externa, juntamente com os bits adicionais, que são usados para informar a tabela utilizada. O mesmo processo é aplicado para os próximos blocos do quadro.

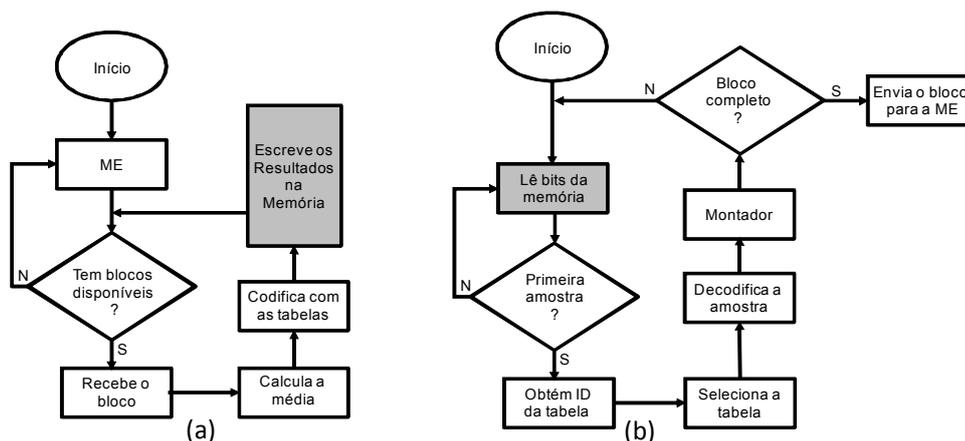


Figura 1 – Algoritmos de (a) compressão e (b) descompressão que compõem o RFCAVLC

A fase de decodificação consiste em ler o quadro codificado na memória externa, aplicando o processo inverso da fase de codificação. O quadro é interpretado como uma lista de palavras de 32 bits. A tradução é realizada utilizando uma estratégia gulosa, ou seja, que consome os bits da lista, lendo uma palavra por vez. Os três primeiros bits da palavra são usados para selecionar a tabela correta. Os bits restantes são processados utilizando esta tabela. Se a sequência de bits é totalmente consumida e a tabela não atingiu o seu fim, a próxima palavra é lida a partir da memória externa e a decodificação continua até que a extremidade da tabela seja atingida.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliadas treze configurações distintas para o RFCAVLC, essas avaliações foram realizadas para encontrar o melhor custo benefício entre taxa de compressão e custo computacional. A partir destas avaliações, a configuração que melhor atendeu essa restrição de custo benefício utiliza oito tabelas estáticas e blocos com 4x4 amostras, atingindo uma taxa de compressão média de 32,39%. A Tab. 1 apresenta em detalhes os ganhos obtidos com o RFCAVLC. Estes resultados de compressão foram obtidos utilizando 8 vídeos de alta definição, com diferentes aspectos de movimento e iluminação. As taxas de compressão alcançadas por cada sequência indicam também a redução de largura de banda de memória externa obtida.

Tabela 1 – Taxa de compressão média obtida com o RFCAVLC

Vídeo	Compressão (%)	Vídeo	Compressão (%)
Tractor	32,75	Tennis	32,64
ParkScene	28,22	Station	29,35
Pedestrian	37,63	Tomatoes	33,27
Sunflower	33,58	Kimono	31,73
Média de compressão		32,39	

A taxa de compressão média ficou em 32,39%, indicando uma taxa de compressão competitiva, já que o RFCAVLC realiza a compressão sem perdas. Entre estas oito sequências, quatro delas (Kimono, Station, Tennis e ParkScene) não foram utilizadas na análise que foi realizada para gerar as tabelas. Isto foi feito de forma intencional, a fim de demonstrar que esta solução atinge boas taxas de compressão para quaisquer sequências de vídeo.

As arquiteturas de hardware que implementam o RFCAVLC também foram desenvolvidas, estas arquiteturas foram descritas em VHDL e sintetizadas utilizando a ferramenta Design Compiler da Synopsys, a partir dessa síntese se pode obter informações de consumo de área e dissipação de potência para as arquiteturas. É importante notar que nenhum tipo de otimização foi habilitado durante a síntese. A Tab. 2 sumariza as informações da síntese para a biblioteca de células padrão de 65nm TSMC CMOS 1V. As arquiteturas foram sintetizadas com o objetivo de processar 30 qps (quadros por segundo) na resolução HD 1080p. A Tab. 2 também apresenta os resultados de redução no consumo de energia obtido com o RFCAVLC.

Tabela 2 – Resultados de síntese e consumo de energia

	Área (Gates)	Potência ( $\mu$ W)	Energia (pJ)	Consumo DDR2 + RFCAVLC (pJ)	Consumo DDR2 (pJ)
Codificador	10 k	415,7	6,68	133,09	187,00
Decodificador	18 k	1015,9	16,33	326,94	459,50
Codec	29 k	1427,6	22,96	-	-
Consumo total (leitura + escrita na memória)				460,03	646,5

Para os resultados de área apresentados na Tab. 2 foi utilizado Gates lógicos como unidade, cada Gate representa uma porta lógica NAND de 2 entradas. Uma memória DDR2 de 256 MB foi utilizada nos testes, os resultados de consumo de energia para essa memória se encontram em (MICRON, 2013). O RFCAVLC apresenta uma redução no consumo de energia da ME de mais de 28%, tratando apenas o consumo de energia relacionado à memória. Considerando os resultados obtidos, é possível concluir que o RFCAVLC traz benefícios ao codificador de vídeo tanto na redução de largura de banda de memória quanto no consumo energético do codificador.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma solução para a redução da largura de banda de memória e redução do consumo de energia em codificadores de vídeos digitais, através da compressão de quadros de referência. O método apresentado realiza a compressão sem degradação do vídeo, utilizando, para isto, oito tabelas de códigos estáticos e blocos com tamanho de 4x4 amostras. A decisão de qual tabela será usada é simples e baseia-se no valor da média de cada bloco 4x4. A solução atinge uma redução de largura de banda de memória média de mais de 32%. Essa largura de banda é reduzida para operações de leitura e escrita. A redução média do consumo de energia é de mais de 28%. Este método é inspirado no algoritmo de codificação Huffman e é totalmente compatível com o padrão de codificação de vídeo mais atual, o HEVC.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ITU-T, **Recommendation H.265**: High Efficiency Video Coding, Audiovisual and Multimedia Systems, April 2013.

ZATT, B., Shafique, M. Sampaio, F., Agostini, L., Bampi, S., e Henkel, J. "Run-time adaptive energy-aware motion and disparity estimation in multiview video coding" **IEEE DESIGN AUTOMATION CONFERENCE**, pp. 1026-1031, 2011.

MICRON, **MT47H64M4**: 256 Mb, 16/32 Bit DDR2 SDRAM. Disponível em: <http://www.micron.com>