

## ANÁLISE DO IMPACTO DO USO DA FERRAMENTA DE QUANTIZAÇÃO DEPENDENTE DA FREQUÊNCIA DO CODIFICADOR DE VÍDEO HEVC

LUCIANO BRAATZ; LUCIANO AGOSTINI; BRUNO ZATT; DANIEL PALOMINO;  
MARCELO PORTO

*Universidade Federal de Pelotas – ViTech – Grupo de Pesquisas em Tecnologias de Vídeo  
{la.braatz, agostini, zatt, dpalomino, porto}@inf.ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

Vídeos digitais geram um volume de informação muito grande. Entretanto, essas informações apresentam alto grau de redundância (AGOSTINI, 2007). Partindo desta premissa, foram criados codificadores de vídeo, que exploram técnicas que oferecem novas formas de representar sequências de vídeos digitais, suprimindo dados redundantes. Assim, é possível representar sequências de vídeo, em formato digital, com uma quantidade de informação duas ordens de grandeza menor que a quantidade originalmente necessária (AGOSTINI, 2007).

O HEVC (Codificador de Vídeo de Alta Eficiência, do inglês *High Efficiency Video Coding*), desenvolvido pelo JCT-VC (Equipe Colaborativa em Codificação de Vídeo, do inglês *Joint Collaborative Team on Video Coding*), é considerado o estado da arte em codificação de vídeo. O HEVC foi lançado em 2013 com a premissa de reduzir à metade a quantidade de bits necessários para representar um vídeo quando comparado ao padrão anterior, o H.264/AVC, mantendo a qualidade perceptual do vídeo codificado (JCT-VC, 2015). A eficiência da codificação é oriunda da adoção de várias ferramentas de codificação, que podem ser modificações de ferramentas utilizadas por padrões de codificação anteriores, ou novas ferramentas criadas para o HEVC. Além do mais, o aumento da eficiência da codificação aumenta a complexidade do codificador, de forma que a codificação de vídeos de alta resolução não pode ser processada em tempo real, a menos que sejam usadas arquiteturas de hardware dedicadas para o processamento de vídeo.

O codificador HEVC baseia-se na codificação híbrida baseada em blocos (BUDAGAVI; SULLIVAN; SZE, 2014). A codificação híbrida consiste na predição, transformação, quantização e codificação entrópica de blocos do vídeo. Para cada bloco do vídeo são feitas predições, comparando-o com blocos já processados. Como não é possível garantir que se faça uma predição idêntica ao bloco atual, o bloco predito é subtraído do bloco original, gerando resíduos. Esses resíduos são transformados, para que a informação seja concentrada no canto superior esquerdo do bloco (região de baixa frequência). Assim, a maioria dos resíduos transformados de altas frequências têm valores próximos à zero.

A quantização reduz a faixa dinâmica dos resíduos transformados, através da divisão (com arredondamento em direção ao zero) de tais resíduos pelo passo de quantização (QStep). O passo de quantização é definido pelo parâmetro de quantização (QP). Este parâmetro é fornecido no início da codificação e tem influência direta no tempo de codificação, no tamanho e na qualidade da imagem do vídeo codificado. Na prática, a quantização é feita através da multiplicação dos resíduos transformados pelo valor  $(1 \ll 14)/QStep$  e subsequente deslocamento à direita em 14 bits para corrigir as dimensões do número.

Além disso, a quantização dependente da frequência (QDF) foi proposta para o HEVC (SULLIVAN et al., 2012). Esta ferramenta explora a menor

sensibilidade a sinais de alta frequência do sistema visual humano, ou seja, as componentes de alta frequência dos resíduos podem sofrer maior deterioração sem decréscimo na qualidade perceptual da imagem. Portanto, segundo PRAGNELL; SANCHEZ (2016), a FDQ tem efeito negligível sobre a qualidade da imagem e reduz ainda mais a quantidade de bits necessária para representar o vídeo codificado.

A quantização, como outros componentes do HEVC, tem grande demanda de processamento, pois deve processar resíduos gerados por diferentes tamanhos de bloco e modos de predição para escolher o modo com maior eficiência de codificação. Portanto, a quantização deve ser implementada em hardware com capacidade de processamento muito superior à quantidade de pixels da imagem, para permitir a avaliação do maior número de modos possíveis.

Tendo em vista a implementação em hardware e a necessidade de reduzir ao máximo o tempo de processamento e consumo de energia, o uso de um multiplicador genérico não está sendo considerado para uma arquitetura de hardware dedicado ao módulo de quantização do HEVC. Ao invés da multiplicação, é utilizado um conjunto de somas e deslocamentos de forma que efetuem o mínimo de operações necessárias para efetuar a multiplicação para cada um dos coeficientes possíveis. Portanto, a quantidade de constantes a multiplicar afeta a área ocupada em hardware, seu consumo de energia e tempo de propagação dos sinais.

Portanto, este trabalho tem por objetivo avaliar o impacto da QDF sobre a qualidade da imagem e da eficiência da codificação, comparado à quantização sem QDF, e assim verificar o custo-benefício de incluir a QDF na arquitetura de hardware da quantização do HEVC.

## 2. METODOLOGIA

Neste trabalho o impacto do uso da QDF na quantização do HEVC é avaliado. O conjunto de vídeos da tabela I foi codificado conforme as especificações das condições comuns de testes (CCTs) (BOSSEN, 2013). Além disso, uma variação das CCTs com a FDQ foi ativada foi utilizada para codificar todos os vídeos da tabela 1.

Tabela 1 – Vídeos utilizados na avaliação de impacto do uso da FDQ

Formato	Resolução	Vídeos		
WQVGA	416 x 240	BasketballPass	PeopleOnStreet	RaceHorsesC
FWVGA	832 x 480	BasketballDrill	BQMall	PartyScene
HD 720p	1080 x 720	FourPeople	Johnny	KristenAndSarah
HD 1080p	1920 x 1080	BasketballDrive	BQTerrace	Kimono
WQXGA	2560 x 1600	NebutaFestival	Traffic	SteamLocomotive
UHD 4K	3840 x 2160	Beauty	ShakeNDry	YachtRide

Dos vídeos codificados, foram recolhidos dados de taxa de bits (do inglês, *bitrate*) e relação sinal-ruído de pico (PSNR, do inglês *Peak Signal to Noise Ratio*). Os dados recolhidos foram agrupados conforme o vídeo e a configuração utilizada durante a codificação e avaliados utilizando as métricas de distância de Bjøntegård (BJONTEGAARD, 2001), que medem as diferenças entre duas curvas RD (taxa-distorção, do inglês *rate-distortion*). Essas curvas são geradas com base nos valores de bitrate e PSNR obtidos por várias codificações de um vídeo, modificando somente o valor do QP. Além disso, arquiteturas de hardware

dedicadas à quantização do HEVC, com e sem o uso de FDQ, foram comparadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O impacto do FDQ sobre o tamanho dos vídeos foi determinado através do BD-Rate (distância de Bjøntegård relativo à taxa de bits, do inglês *Bjøntegård Distance on Bit Rate*). O BD-Rate mostra o quanto a taxa de bits (tamanho do vídeo codificado) deve ser aumentada para que o vídeo em avaliação tenha a mesma qualidade de imagem que o vídeo de referência. Portanto, BD-Rate negativo indica que o vídeo em avaliação foi codificado mais eficientemente que o vídeo de referência.

As métricas de BD-Rate obtidas foram agrupadas na tabela 2, conforme a resolução dos vídeos. Segundo a tabela 2, os vídeos UHD 4K se destacam com ganho médio de 2,15%, atingindo até 7,94%. Entretanto, os vídeos de resoluções menores, apresentam ganhos médios inferiores a 1%, com ganho máximo de 2,85%, na resolução WQVGA. Os dados médios indicam que a QDF pode ser recomendada para vídeos UHD, entretanto é notável a variabilidade muito grande nos valores de BD-Rate, já que o valor do desvio padrão (2,10%) é muito próximo à média (2,15%).

Tabela 2 – BD-Rate devido ao uso do QDF, conforme a resolução dos vídeos

Resolução	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Média
WQVGA	-2,85	0,24	0,90	-0,70
FWVGA	-1,38	-0,25	0,33	-0,87
HD 720p	-0,92	0,02	0,32	-0,53
HD 1080p	-2,34	0,64	0,86	-0,33
WQXGA	-0,77	-0,32	0,18	-0,54
UHD 4K	-7,94	-0,32	2,10	-2,15
Geral	-7,94	0,64	1,28	-0,92

Além disso, deve haver um compromisso entre o ganho em BD-Rate e o consumo de energia do hardware. Sendo assim, a tabela 3 apresenta uma comparação feita entre duas arquiteturas para o quantizador direto do HEVC, o quantizador plano (DIAS; ROMA; SOUSA, 2015) e o quantizador dependente da frequência (BRAATZ et al., 2017). O quantizador com QDF ocupa área três vezes maior, além de dissipar 8,1 vezes mais potência que o quantizador plano.

Tabela 3 – Resultado de Síntese de Quantizadores

Parâmetro	DIAS; ROMA; SOUSA (2015)	(BRAATZ et al., 2017)
Biblioteca de Células	UMC 90nm	Nangate 45nm
Suporte a FDQ	Não	Sim
Área (NAND2)	4.410	13.940
Frequência (MHz)	373,25	373,25
Potência Dissipada (mW)	3,90	31,65

### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho avalia o custo benefício do uso da ferramenta de quantização dependente da frequência no HEVC. A avaliação leva em conta o impacto na eficiência da codificação (tamanho e qualidade do vídeo) e no impacto sobre o hardware (área e consumo de energia). Conforme dados da tabela 2 e 3, os

resultados de ganhos marginais em BD-Rate e aumento significativo na potência dissipada levam à conclusão de que o uso do FDQ em arquiteturas de hardware não é recomendado, visto que o custo é maior que o benefício.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI, L., **Desenvolvimento de arquiteturas de alto desempenho dedicadas a compressão de vídeo segundo o padrão H.264/AVC**. 2007. 172p. Tese – PPGC/UFRGS, Porto Alegre.

BJONTEGAARD, G. Calculation of average PSNR difference between RD-curves. Documento VCEG-M33, abr 2001.

BOSEN, F. Common test conditions and software reference configuration. 12ª Reunião do JCT-VC, jan 2013.

BRAATZ, L.; AGOSTINI, L.; ZATT, B.; PORTO, M. A Multiplierless Parallel HEVC Quantization Hardware for Real Time UHD 8K Video Coding. **Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems**, Baltimore, mai 2017.

BUDAGAVI, M.; SULLIVAN, G.; SZE, V. **High Efficiency Video Coding (HEVC) – Algorithms and Architectures**. Cambridge: Springer, 2014. 384p.

DIAS, T.; ROMA, N.; SOUSA, L. High performance IP core for HEVC Quantization. **Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems**, Lisboa, mai 2015.

JCT-VC. **Subversion repository for HEVC test model**. JCT-VC, Munique, nov. 2015. Disponível em: [https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn\\_HEVCSoftware/](https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware/) Acessado em 13 nov. 2016.

PRAGNELL, L.; SANCHEZ, V. Adaptive quantization matrices for HD and UHD display resolutions in scalable HEVC. **Proc. Data Compression Conference**, Snowbird, 2016.

SULLIVAN, G.; OHM, J.-R.; WANG, W.-J.; WIEGAND, T. Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, Newark, v.12, dez 2012.