

ANÁLISE DE SATURAÇÃO DA TÉCNICA OTED PARA DECODIFICAÇÃO DE VÍDEOS DIGITAIS NO PADRÃO HEVC

DOUGLAS CORRÊA; DANIEL PALOMINO; BRUNO ZATT

Universidade Federal de Pelotas
Video Technology Research Group (ViTech)
{dscorrea, dpalomino, zatt}@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Vídeos digitais estão cada vez mais presentes atualmente na vida das pessoas, principalmente devido a popularização de dispositivos capazes de capturar e reproduzir esse tipo de mídia, como *tablets* e *smartphones*. Essa popularização causa um grande aumento de vídeos digitais no tráfego da internet. Assim, é estimado que no ano de 2019, 82% de todo o tráfego da internet seja apenas de vídeos digitais (CISCO, 2015). Esse cenário se torna mais desafiador devido a demanda por vídeos de resoluções cada vez maiores, como UHD 4K e 8K. Para melhorar as taxas de compressão e possibilitar o uso dessas resoluções emergentes, o *High Efficiency Video Coding* (HEVC), que é o atual estado-da-arte em codificação de vídeo, foi desenvolvido para substituir padrões de codificação antigos. O HEVC dobra a taxa de compressão atingida pelo seu antecessor, o H.264/AVC, aumentando a complexidade em seu codificador e decodificador.

O aumento na complexidade computacional no decodificador, que pode ser de até 87% (VIITANEN, 2012), torna-se um problema para usuários finais usando dispositivos com bateria limitada, já que esse aumento na complexidade se traduz em uma decodificação menos energeticamente eficiente. Além disso, considerando cenários onde o número de decodificações é muito maior do que o número de codificações, como serviços de *streaming online* ou o sistema de televisão, o aumento na complexidade pode se tornar um problema em contexto global (CORRÊA, 2017), já que nesses cenários, a energia consumida pelo sistema inteiro de codificação, transmissão e decodificação será ditada pela energia consumida apenas pelo processo de decodificação. Como o consumo de energia é uma das principais preocupações ao projetar dispositivos, é necessário pesquisar soluções que reduzam o consumo energético da decodificação.

Vários trabalhos presentes na literatura propõem técnicas para diminuir o consumo energético da decodificação. Uma das técnicas que atinge ótimos resultados é a técnica *Encoding Optimization Technique Targeting Energy Efficient HEVC Decoding* (OTED) (CORRÊA, 2018). Para atingir os resultados de redução no consumo energético, a técnica modifica o *Rate Distortion Optimization* (RDO), presente no HEVC, para considerar também a energia consumida por cada modo de codificação durante a decodificação de um vídeo.

Sendo assim, esse trabalho propõe uma análise de saturação da técnica OTED. Essa análise é útil para saber o ponto de saturação e como o algoritmo se comporta com diferentes entradas para que seja possível viabilizar uma solução dinâmica da OTED, melhorando a relação entre eficiência energética e eficiência de codificação e melhorando os resultados finais da técnica.

O artigo organiza-se da seguinte maneira: após a seção 1 que é a introdução, segue-se a seção onde é apresentado o panorama geral da solução OTED e a metodologia utilizada para atingir os resultados esperados. Os resultados e as discussões relacionadas ao trabalho são apresentados na seção 3. Por fim, a conclusão é apresentada na seção 4.

2. METODOLOGIA

Para escolher a melhor codificação de cada *Coding Tree Unit* (CTU), o HEVC implementa o *Rate-Distortion Optimization* (RDO). O RD_{cost} é utilizado dentro do RDO para achar a melhor combinação entre taxa de *bits* e distorção para cada possibilidade possível de particionamento e modos de codificação da CTU. Já que uma codificação ótima em termos de taxa de *bits* e distorção é desejada, o RDO testa todas as possibilidades possíveis de tamanho e modos de codificação para cada CTU. Para testar essas possibilidades, existe um laço dentro do codificador que executa essas duas etapas essenciais da decodificação: Transformada Inversa (TI) e Quantização Inversa (QI). Para cada nova possibilidade de codificação possível, o RDO compara o RD_{cost} da melhor possibilidade de codificação atual com uma nova. Caso o RD_{cost} dessa possibilidade seja menor, ela torna-se a atual melhor possibilidade de codificação.

O principal objetivo da técnica OTED é realizar uma decodificação mais energeticamente eficiente no HEVC. Para atingir este objetivo, a técnica usa o estágio de reconstrução de um bloco (TI/QI) da codificação como uma estimativa de energia gasta no processo de decodificação. Para isso, o OTED modifica o RDO para avaliar além do RD_{cost} também a estimativa de energia (Dec_E) que cada modo gastará durante a decodificação. O estágio de reconstrução é considerado uma estimativa confiável já que é a etapa mais custosa de decodificação (CORRÊA, 2017). A Figura 1 mostra o fluxograma da implementação do OTED.

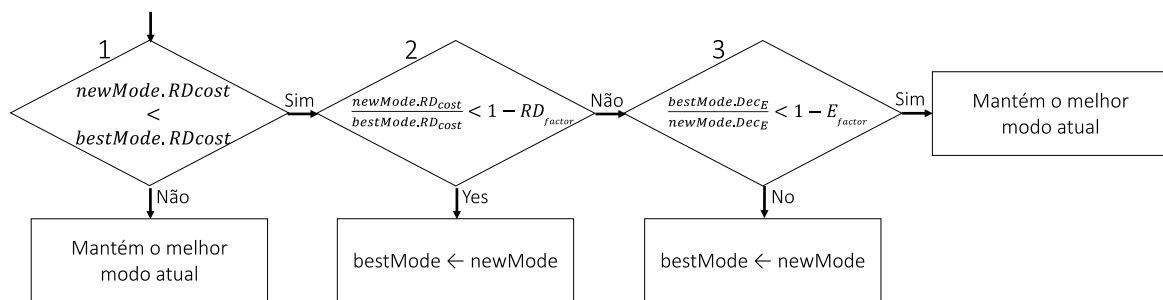


Figura 1. Fluxograma para o algoritmo OTED

O funcionamento completo da técnica OTED pode ser encontrado em (CORRÊA, 2018). Porém, resumidamente, a técnica OTED modifica o RDO presente no codificador HEVC para não considerar somente taxa de *bits* e distorção, mas considerar também a energia necessária para decodificar o modo avaliado. Sendo assim, nem sempre o melhor modo em termos de taxa de *bits* será escolhido para priorizar uma menor energia de decodificação.

Porém, a técnica OTED utiliza dois *factors* fixos para determinar até quanto será possível perder em taxa de *bits* e distorção para priorizar um menor gasto energético durante a decodificação. Isso significa que esses *factors* não irão explorar as diferentes características de cada vídeo, como resolução, textura e taxa de movimento. Consequentemente, é necessário explorar a técnica OTED para entender em qual estágio a redução no consumo energético da decodificação não se sobressai à piora na eficiência de codificação.

Para atingir o objetivo deste trabalho, medir o ponto de saturação da técnica OTED, primeiramente definiu-se a quantidade de *factors* a serem utilizadas no algoritmo. Os *factors* utilizados para codificar os vídeos com o software de referência do HEVC, o HM na versão 16.0, variaram de 0,01 até 0,15, com passo de 0,01. Isso totaliza 225 *factors* utilizados para o vídeo *ParkScene*, que possui resolução de 1920x1080 *pixels*. Além disso, foi utilizado a métrica

Bjontegaard Delta Rate (BDBR), para determinar a perda na eficiência de codificação da técnica OTED para cada um dos 225 *factors*. Após a codificação do vídeo com cada um dos 225 *factors* e da codificação do vídeo com o RDO padrão, cada um dos vídeos gerados pelos *factors* e o original foram decodificados. Após isso, os resultados de energia foram coletados com a ferramenta *Running Average Power Limit* (RAPL) e normalizados em relação ao vídeo codificado com o HM sem a adição da técnica OTED. Os resultados e discussão dessa metodologia podem ser encontrados na próxima seção.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da técnica OTED podem ser vistos na Tabela 1 em comparação com o trabalho de (HERGLOTZ, 2016). Todos os resultados apresentados são normalizados em relação ao codificador padrão HEVC.

Tabela 1. Comparação com (HERGLOTZ, 2016)

Métrica	OTED	(HERGLOTZ, 2016)	
		DERDO	DED0
BDDE	11,1%	12,9%	13,5%
BDBR	3,7%	14,8%	19,1%

Comparando os resultados da Tabela 1, é possível notar que entre as técnicas propostas, a solução OTED é a que possui a menor redução de energia (BDDE), atingindo 11,1% contra 12,9% e 13,5%. Porém, além de atingir uma redução muito próxima das outras técnicas, em relação a eficiência de codificação a técnica OTED atinge um valor muito melhor do que as outras, sendo de 3,7% contra 14,8% e 19,1%. Esses valores elevados das outras técnicas apresentadas podem prejudicar a experiência do usuário final tanto em termos de transmissão quanto em termos de consumo energético. Sendo assim, a técnica OTED se mostra promissora na redução do consumo energético da decodificação de vídeo utilizando o padrão HEVC, já que atinge resultados elevados de redução energética com baixa perda de eficiência na compressão do vídeo.

Porém, é possível melhorar a relação entre consumo energético e eficiência de compressão utilizando *factors* diferentes dentro de um mesmo vídeo. Para isso, é necessário fazer uma análise de saturação da técnica OTED para descobrir se existe um ponto de saturação e quais regiões de operação são viáveis de se trabalhar para viabilizar a melhora da técnica.

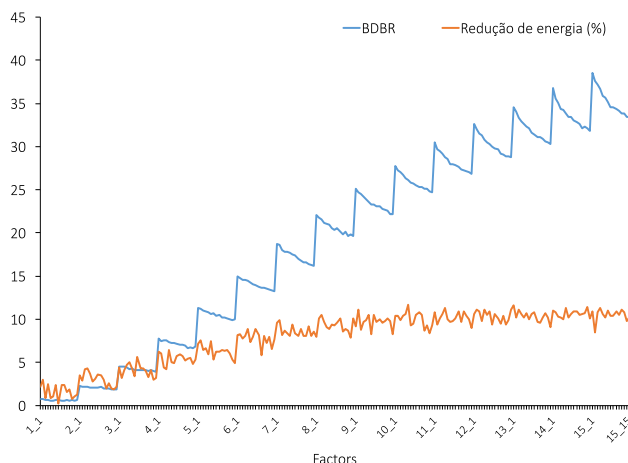


Figura 2. Resultados de saturação para diferentes *factors* no vídeo *ParkScene*

A Figura 2 mostra os resultados de redução energética da decodificação (linha laranja) juntamente com os resultados de perda de eficiência de codificação utilizando a métrica BDBR (linha azul) para todos os 225 *factors* utilizados. A legenda utilizada para identificar os *factors* pode ser lida da seguinte maneira: o *factor* 1_1 indica que foi utilizado o valor de 0,01 para o primeiro e também para o segundo *factor*. A conversão pode ser feita de maneira linear, ou seja, o valor 15_15 implica que os dois *factors* possuem valor de 0,15.

Pela Figura 2, é possível observar que existe uma região de saturação na técnica OTED, ou seja, a partir de um determinado ponto a redução energética não melhora enquanto a eficiência de codificação continua a ser prejudicada. Isso acontece a partir do primeiro *factor* de valor 7, onde observa-se que a redução de consumo energético para em torno de 10%, continuando a crescer numa taxa muito mais baixa do que anteriormente e mantendo-se com aumentos irrisórios na redução de energia do decodificador. Enquanto a redução energética continua constante, a eficiência de codificação, medida pela métrica BDBR, continua crescendo até atingir o valor de aproximadamente 40% para os valores de *factors* 15_1. Além disso, a faixa de *factors* mais baixos pode ser utilizada quando não for necessário atingir uma taxa de redução no consumo energético elevada, já que além de reduzir o consumo energético do decodificador, possui uma baixa perda na eficiência de codificação do vídeo.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma análise de saturação da técnica OTED para decodificação de vídeos digitais no padrão HEVC. Como resultados, mostrou-se que existe um ponto em que o algoritmo OTED não reduz mais a energia durante a decodificação de um vídeo, enquanto continua a perder eficiência de codificação. Isso implica em que é possível fazer uma solução dinâmica do algoritmo OTED explorando as diferentes características de um vídeo digital, fazendo-se a utilização de *factors* dinâmicos ao longo da codificação de um determinado vídeo. Consequentemente, como trabalho futuro, pretende-se propor uma solução dinâmica da técnica OTED, explorando diferentes características para melhorar ainda mais a relação entre custo energético da decodificação e perda na eficiência de codificação de um vídeo. Além de resultados expressivos, é importante salientar que esta pesquisa gerou publicações internacionais de relevância com qualis A1 (CORRÊA, 2018) e B2 (CORRÊA, 2017).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cisco. The Zettabyte Era: Trends and Analysis. **White Paper**, 2015.
- M. Viitanen, J. Vanne, T. D. Hämmäläinen, M. Gabbouj and J. Lainema. Complexity analysis of next-generation HEVC decoder. **2012 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)**, Seoul, 2012, pp. 882-885.
- D. Corrêa, D. Palomino, L. Agostini and B. Zatt. Energy evaluation of the HEVC decoding for different encoding configurations. **2017 IEEE 8th Latin American Symposium on Circuits & Systems (LASCAS)**, Bariloche, pp. 1-4, 2017.
- D. Corrêa, G. Correa, D. Palomino and B. Zatt. OTED: Encoding Optimization Technique Targeting Energy-Efficient HEVC Decoding. **2018 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)**, Florence, Italy, 2018, pp. 1-5.
- C. Herglotz and A. Kaup. Joint optimization of rate, distortion, and decoding energy for HEVC intraframe coding. **2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)**, Phoenix, AZ, 2016, pp. 544-548.