

CONTROLADOR DINÂMICO DE ENERGIA PARA O CODIFICADOR HEVC EM SISTEMAS EMBARCADOS

WAGNER PENNY; ÍTALO MACHADO; MARCELO PORTO; DANIEL PALOMINO;
BRUNO ZATT

Universidade Federal de Pelotas – *Video Technology Research Group (ViTech)*
{*wi.penny, idmachado, porto, dpalomino, zatt*}@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Pode ser observado hoje em dia um expressivo crescimento no número de dispositivos móveis capazes de capturar, manipular e transmitir vídeos digitais - tais como *smartphones*, *tablets*, câmeras digitais, etc – fazendo com que estes dispositivos sejam responsáveis por um tráfego de Internet que excede os 3,7 Exabytes por mês (dados de 2016) (STATISTA, 2017). Ainda, segundo a Cisco (2017), até o ano de 2021, de todo o tráfego de dados na Internet, até 90% será relativo à transmissão de vídeos digitais. Além disso, com a popularização dos dispositivos móveis e com o surgimento de muitas plataformas compatíveis com transmissão de vídeos, como, por exemplo, *Instagram*, *Facebook* e *Youtube*, que são utilizadas diariamente por bilhões de usuários, grande parte dos acessos a essas plataformas ocorre a partir de dispositivos móveis. Apesar dos grandes avanços ao longo da última década, o projeto de dispositivos móveis ainda enfrenta severas restrições em relação a aspectos energéticos, dada a limitação das baterias atuais.

O processo de codificação de vídeo visa à diminuição das redundâncias presentes na representação computacional de imagens ou vídeos, tornando possível sua transmissão ou armazenamento. Padrões de codificação de vídeo estabelecem a maneira pela qual o processo de compressão e descompressão do vídeo deve acontecer. Ao longo dos anos foram desenvolvidos diversos padrões de codificação de vídeo, tais como o MPEG-2 e o H.264/AVC, os quais ainda continuam sendo utilizados por diversas aplicações. Para atender às demandas mais recentes em relação a vídeos digitais, principalmente no que diz respeito a maiores resoluções e desempenho, o *Joint Collaborative Team on Video Coding* (JCT-VC) desenvolveu o *High Efficiency Video Coding* (HEVC), que hoje em dia é um dos padrões mais atuais de codificação de vídeo (SULLIVAN *et al.*, 2012).

Atualmente, muitos dispositivos móveis possuem suporte à reprodução e manipulação de vídeos, onde a utilização de *codecs* de vídeo é de fundamental importância. Neste universo, questões relacionadas à eficiência de codificação (relação entre qualidade e taxa de bits), esforço computacional e consumo de energia são extremamente importantes. Tais características são alvo de estudos e pesquisa pela indústria e pela academia dada a importância que possuem. O principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um controlador que, em tempo de execução, atue no processo de codificação de modo a efetuar o controle de energia consumida pelo codificador HEVC em uma plataforma embarcada, tomando decisões que acarretem menores perdas em eficiência de codificação para obtenção do nível de consumo energético desejado.

2. METODOLOGIA

Os vídeos são codificados através do software de referência do padrão, o HEVC *Test Model* – HM (BOYCE, 2014). Tal processo consiste na compressão de um vídeo sem qualquer tipo de modificação (original) baseado em um conjunto de parâmetros, determinados a partir de um arquivo de configuração, gerando o *bitstream*, sequência binária a qual representa o vídeo codificado.

Muitos trabalhos na literatura se preocupam com o controle indireto do consumo de energia no HEVC, através do controle de complexidade, como apresentado em CORREA *et al.* (2016). Nosso trabalho anterior (PENNY *et al.*, 2016) propõe uma metodologia de controle do consumo de energia para o codificador HEVC em dispositivos de propósito geral, a qual é estendida e aplicada nesse trabalho para plataformas embarcadas.

Para o desenvolvimento do controlador primeiramente foi realizada uma etapa de análise de sensibilidade em uma plataforma de propósito geral, a qual consiste na avaliação do comportamento do codificador, do ponto de vista do consumo de energia frente à variação de parâmetros de codificação, comparando-o com uma condição original na qual todos os parâmetros estão em seus valores padrão. Foram testadas ao todo 32 combinações, de acordo com o que é indicado pelas condições comuns de teste (CTC – *Common Test Conditions*), definidas pelos desenvolvedores do padrão (BOSSSEN, 2011). Além da medição de energia, outras métricas também foram avaliadas para determinar a eficiência de codificação de determinada configuração, tais como as baseadas na *BjØntegaard Difference* (BD) (BJONTEGAARD, 2008) - BD-*bitrate* (BD-BR) e BD-*Peak Signal to Noise Ratio* (BD-PSNR). Tais métricas se complementam, permitindo que se realize a análise de apenas uma delas.

Para determinar as configurações ótimas (pontos com menor consumo de energia e maior eficiência de codificação), as quais estabelecem os pontos de operação do controlador, foi utilizada a técnica de otimização baseada em Frentes de Pareto, a qual determina pontos ótimos de operação em um problema multi-objetivo. A Figura 1 mostra uma análise envolvendo as 32 combinações, plotadas em pontos azuis no espaço D-E (distorção – energia). A configuração 0 foi usada como referência tanto para o BD-PSNR quanto para a energia normalizada e apresenta a melhor qualidade (BD-PSNR) e o maior consumo de energia. A configuração 31, em contrapartida, é a que apresenta menor consumo energético, mas também é a que apresenta menor qualidade. A linha verde representa uma curva convexa, a qual passa pelos pontos (circulados em verde) que compõem a frente de Pareto no espaço D-E.

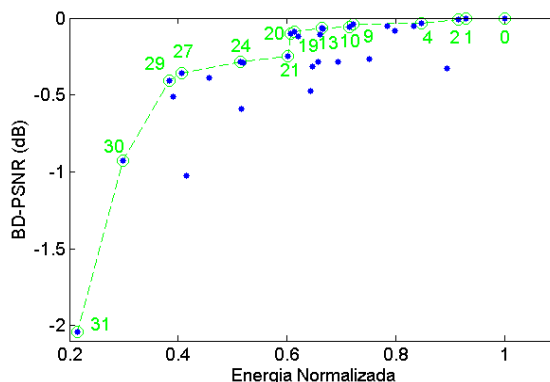


Figura 1 – Frente de Pareto no Espaço D-E

O algoritmo de controle de energia implementado utiliza essas configurações ótimas, denominadas Pontos de Controle (PC), para ajustar o valor de energia consumida pelo codificador HEVC para processar cada GOP (*Group of Pictures*).

A Figura 2 apresenta um diagrama detalhado do controlador dinâmico de energia proposto para o codificador HEVC operando em uma plataforma embarcada Odroid-XU3 (HARDKERNEL, 2017). O processo de codificação inicia com consumo de energia máximo e o primeiro GOP é codificado com o PC0 (PC_i = 0, onde *i* é índice do GOP atual). Os três primeiros GOPs são codificados dessa forma para obtenção do consumo de energia médio por GOP. Assim, o consumo

de energia do sistema sem o uso do controlador é determinado, permitindo o cálculo da energia desejada, a partir de informações fornecidas ao sistema pelo próprio usuário (valor percentual de economia desejada). Se existir a necessidade de redução do consumo de energia (a energia medida é maior que a energia desejada) o controlador irá atuar e buscar a próxima configuração.

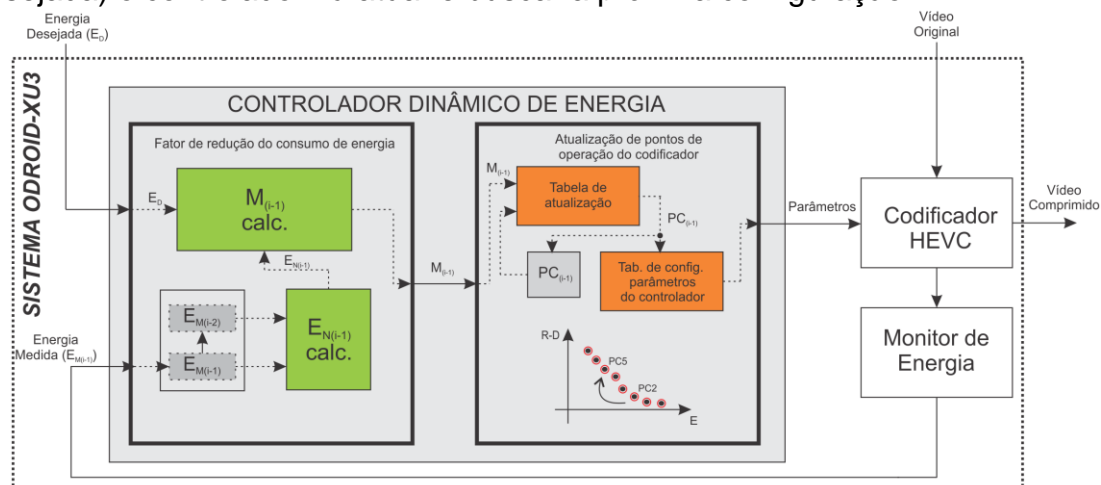


Figura 2 – Controlador dinâmico de energia proposto

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de controle desenvolvido foi executado em uma plataforma Odroid-XU3 embarcada, tendo sido testado para todos os QPs (*Quantization Parameters*) e sequências, de acordo com as CTC (*Common Test Conditions*) (BOSSSEN, 2011), com economia de energia desejada (*set point* – SP) de 30%.

Na Figura 3 é apresentado o comportamento dinâmico do controlador para a sequência *Traffic* (QP22). A linha tracejada representa o consumo de energia desejado e a linha contínua representa o consumo de energia com controlador. No começo o consumo de energia cresce extrapolando o SP, depois disso o controlador atua, reduzindo o consumo de energia, estabilizando-o em torno do SP com pequena oscilação.

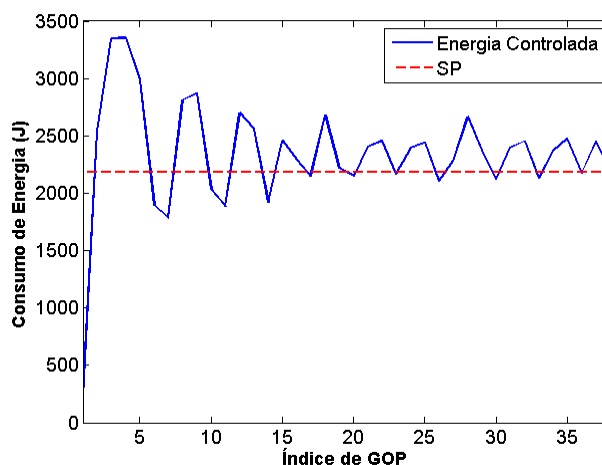


Figura 3 – Resultado para a sequência *Traffic*

Na Tabela 1 são apresentados os resultados para algumas sequências, sendo apresentados o consumo de energia original e controlado, a economia de energia percentual e a perda de qualidade em BD-PSNR. Note que, em média, o controlador proposto é capaz de fornecer uma economia de energia de 32,19%, com perda em qualidade de -0,3013dB, para uma economia desejada de 30%.

Tabela 1 – Resultados do controlador para 30% de economia de energia

<i>Classe-Sequência</i>	<i>Consumo Original (J)</i>	<i>Consumo Controlado (J)</i>	<i>Economia de Energia (%)</i>	<i>BD-PSNR (dB)</i>
<i>A-Traffic</i>	121839,5	89494,6	26,55	-0,1896
<i>A-NebutaFestival</i>	282919,2	201593,4	28,75	-0,0590
<i>B-BasketballDrive</i>	101194,9	65961,0	27,89	-0,1460
<i>B-Cactus</i>	85016,8	58970,2	30,64	-0,1028
<i>C-BQMall</i>	18496,9	10450,1	43,50	-0,4352
<i>C-RaceHorsesC</i>	23179,1	16215,2	30,04	-0,4168
<i>D-BasketballPass</i>	3719,1	2095,3	43,66	-0,7555
<i>D-RaceHorses</i>	4772,1	3455,4	27,59	-0,5153
<i>E-Johnny</i>	30699,7	21183,5	31,00	-0,0851
<i>E-KristenAndSara</i>	32429,7	21549,3	33,55	-0,1048
<i>F-SlideEditing</i>	21155,6	19890,7	26,75	-0,4693
<i>F-BasketballDrillText</i>	18172,6	11564,9	36,36	-0,3363

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um controlador dinâmico de energia para o codificador HEVC baseado em frentes de Pareto, operando em uma plataforma embarcada Odroid-XU3. O sistema de controle desenvolvido é capaz de alterar dinamicamente parâmetros de codificação selecionados para obtenção do consumo de energia desejado. A solução apresentada é uma continuidade de um trabalho previamente desenvolvido, demonstrando a efetividade da metodologia de projeto previamente apresentada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BJONTEGAARD, G. **Improvements of the BD-PSNR model**. ITU-T. Berlim, 2008.
- BOSSEN, F. **Common test conditions and software reference configurations**. JCT-VC. Geneva. 2011.
- BOYCE, J. **HM16: High Efficiency Video Coding Test Model (HM16) Encoder Discription**, JCTVC-R1002, Sapporo, Japan, 2014.
- CISCO. **Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016-2021**. Disponível em: <<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html>>. Acesso em: 12 set. 2017.
- CORREA, G. et al. **Pareto-Based Method for High Efficiency Video Coding with Limited Encoding Time**. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2016. v. 26, n. 9, p. 1734–1745.
- HARDKERNEL. **Odroid Platforms: Odroid-XU3**. Disponível em: <http://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=g140448267127>. Acesso em 02 out. 2017.
- PENNY, W. et al. **Pareto-based energy control for the HEVC encoder**. IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2016. p. 814–818.
- STATISTA. **Mobile Internet: Statistics and facts on mobile internet usage, 2016**. Disponível em: <<https://www.statista.com/topics/779/mobile-internet/>>. Acesso em: 13 set. 2017.
- SULLIVAN, G. J. et al. **Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard**. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2012. v. 22, n. 12, p. 1649–1668.