

## CONTROLADOR DINÂMICO DE ENERGIA PARA O CODIFICADOR HEVC BASEADO EM FRENTES DE PARETO

WAGNER PENNY; ÍTALO MACHADO; LUCIANO AGOSTINI; MARCELO  
PORTO; BRUNO ZATT

*Universidade Federal de Pelotas – Grupo de Arquiteturas e Circuitos Integrados  
{wi.penny, idmachado, agostini, porto, zatt}@inf.ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os dispositivos digitais atingiram elevado grau de desenvolvimento e esforço computacional. Cada vez mais a busca por redução do consumo de energia e aumento de desempenho são pontos chave na elaboração de qualquer sistema. Neste cenário podem-se enquadrar os sistemas embarcados, aplicações *mobile* e todos os dispositivos em geral que possuam alguma restrição energética.

Aplicações com vídeos digitais são exemplos típicos desse cenário. Segundo GRELLERT (2014), a antiga tendência de compartilhar informações através de texto em uma *webpage* vem sendo substituída pela reprodução de vídeos localizados em bancos de dados de fácil acesso, como, por exemplo, o *YouTube* e o *Netflix*. Além disso, videoconferências vêm sendo amplamente utilizadas com a disponibilidade de maiores larguras de banda para a transmissão de dados. De acordo com CISCO (2015), o volume do tráfego de dados relacionado à transmissão de vídeos na internet irá aumentar de 64% em 2014 para 80% em 2019.

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, o MPEG-4 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), um dos padrões mais atuais em codificação de vídeo (ITU-T, 2015).

Atualmente, muitos dispositivos móveis possuem suporte à manipulação de vídeo, onde a utilização de codificadores e decodificadores de vídeo é mandatória. 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 sistema, tomando decisões que acarretem menores perdas em eficiência de codificação.

### 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 *set* de

parâmetros determinados a partir de um arquivo de configuração, gerando o *bitstream*, sequência binária a qual representa o vídeo codificado. Neste trabalho a ferramenta *Running Average Power Limit* (RAPL) foi utilizada para realizar a medição da energia consumida, a qual, de acordo com MONTEIRO (2014), consiste numa estrutura que permite ao usuário monitorar o consumo de energia em um sistema microprocessado. Os valores medidos são acessíveis através de *Model-Specific Register* (MSR), os quais são registradores de controle existentes em plataformas x86, em conjunto com processadores Intel *IvyBridge*, *Sandy Bridge* ou mais atuais.

Muitos trabalhos na literatura se preocupam com a medição do consumo de energia no HEVC, como MONTEIRO (2014), outros, como LEE (2012), realizam o controle de energia, no entanto apenas para codificadores da geração passada. Ainda que trabalhos, como o apresentado por GRELLERT (2014), foquem no padrão HEVC, realizam apenas controle de complexidade. Este trabalho é o único na literatura que propõe o controle do consumo de energia para o codificador HEVC.

Para o desenvolvimento do controlador primeiramente foi realizada uma etapa de análise de sensibilidade, 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, realizadas com os parâmetros de codificação apresentados na Tabela 1, em consonância com o que é indicado pelas condições comuns de teste (CTC – *Common Test Conditions*), definidas pelos desenvolvedores do padrão (BOSSEN, 2011).

Tabela 1 – Parâmetros de codificação

Parâmetro	Função
<b>Max Partition Depth (MAXCUd)</b>	Define a profundidade máxima da árvore de CTUs.
<b>Search Range (SR)</b>	Determina o tamanho da área de busca da estimação de movimento.
<b>Asymmetric Motion Partition (AMP)</b>	Habilita/Desabilita a avaliação de partições assimétricas na inter-predição.
<b>Hadamard ME (HadME)</b>	Habilita/Desabilita o cálculo de SATD durante a estimação de movimento fracionária.
<b>Max TU Depth (MAXTUd)</b>	Define a profundidade máxima da árvore das TUs.

Além da medição de energia, outras métricas também devem ser avaliadas para determinar a eficiência de codificação de determinada configuração, tais como as baseadas na *Bjontegaard 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 R-E (taxa de bits – energia). A configuração 0 foi usada como referência tanto para o BD-BR quanto para a energia normalizada e apresenta a menor taxa de bits e o maior consumo de energia. A configuração 31 em contrapartida é a que apresenta menor consumo energético, mas também, é a que apresenta maior taxa de bits. A linha vermelha representa uma curva convexa inferior, a qual passa pelos pontos (circulados em vermelho) que compõem a frente de Pareto no espaço R-E.

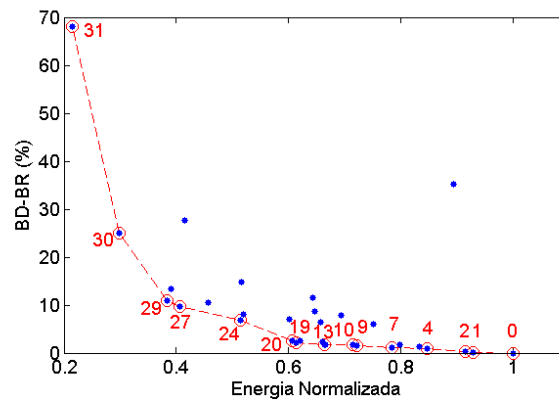


Figura 1 – Frente de Pareto no Espaço R-E

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. 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.

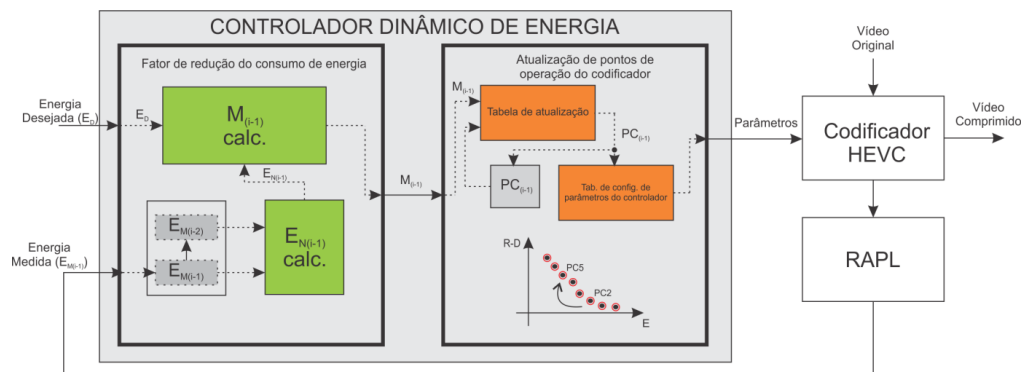


Figura 2 – Controlador Dinâmico de Energia

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o resultado do controlador para um *set point* fixo em 30%, para a sequência *PeopleonStreet* (QP 22). Na figura são apresentados os valores de consumo energético com atuação do controlador (controlada), média do consumo com controlador (controlada média), o *set point*, o consumo de energia sem o controlador (original) e, também, o consumo médio de energia sem o controlador (original média). Nesse exemplo é informada a energia média consumida por GOP, a qual é representada por uma linha de tendência. Valores de consumo GOP a GOP são representados por linhas contínuas, enquanto que valores médios estão representados por linhas tracejadas ou pontilhadas.

Pode-se perceber que, nos primeiros GOPs, o controlador busca o *set point*, oscilando em torno deste ponto com grande amplitude (observe o detalhamento na ampliação presente na Figura 3) e, após determinado tempo, o consumo com atuação do controle passa a oscilar em torno do valor desejado com baixa

amplitude, apresentando pequeno erro, o qual para as sequências testadas, e para o *set point* adotado equivale a 4,69%, com BD-BR médio de 5,09% e BD-PSNR médio de -0,188dB.

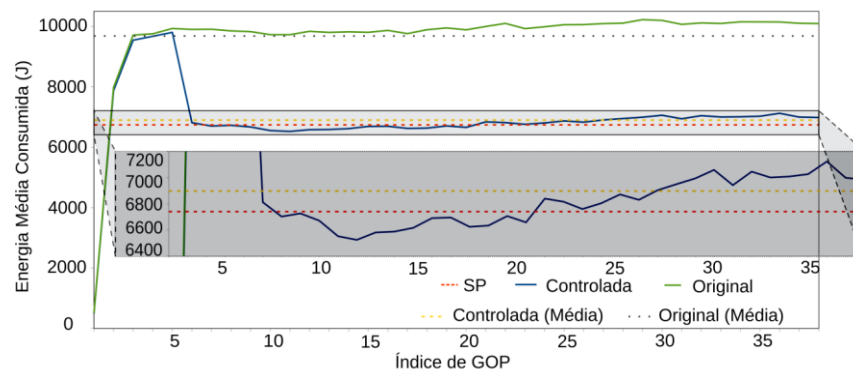


Figura 3 – Resultado do controlador para a sequência *PeopleonStreet* (QP 22)

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um controlador dinâmico de energia, projetado com base na eficiência de Pareto, a partir de uma análise de sensibilidade do consumo de energia do codificador HEVC com relação à variação de parâmetros de codificação. Todo este estudo envolveu inúmeras simulações e experimentos voltados para as análises desejadas, sendo o primeiro na literatura a propor um controlador de energia para o codificador HEVC.

#### 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**. CISCO, 2015. Acessado em 22 jul. 2016. Online. Disponível em: <http://www.cisco.com>.

GRELLERT, M. **Computational Effort Analysis and Control in High Efficiency Video Coding**. 2014. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ITU-T. **ITU-T Recommendation H.265: High Efficiency Video Coding**. ITU-T. [S.l.]. 2015.

LEE, Y.; KIM, J.; KYUNG, C. M.. **Energy-aware Video Encoding for Image Quality Improvement in Battery-Operated Surveillance Camera**. IEEE TVLSI, vol. 20, no. 2, pp. 1899-1909, 2012.

MONTEIRO, E. **Rate-Distortion and Energy Performance of HEVC Video Encoders**. Power and Timing Modeling Optimization and Simulation (PTMOS), 24<sup>th</sup> International Workshop, 2014.