

## AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DO CODIFICADOR HEVC ATRAVÉS DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS DE CODIFICAÇÃO

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

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

### 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos os dispositivos digitais atingiram elevado grau de desenvolvimento e complexidade. Cada vez mais a busca por redução de consumo de energia e aumento de desempenho são pontos chave no desenvolvimento de qualquer sistema. Neste cenário podem-se enquadrar qualquer sistema microprocessado, sistemas embarcados e todos os dispositivos que se utilizam desse tipo de sistema.

Aplicações com vídeos digitais são exemplos típicos desse cenário. Segundo GRELERT (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*. Além disso, videoconferências vêm sendo amplamente utilizadas com a disponibilidade de maiores larguras de banda para a transmissão de dados. De acordo com CISCO (2012), as larguras de banda relacionadas à transmissão de vídeos na internet irão aumentar de 57% em 2012 para 69% em 2017.

O processo de codificação de vídeo visa à diminuição das redundâncias presentes na representação computacional de imagens ou vídeos. O correto processo de codificação/decodificação torna possível a transmissão e o armazenamento de vídeos digitais.

Padrões de codificação de vídeo estão presentes no nosso dia-a-dia e a não utilização dos mesmos para a manipulação de vídeos digitais é impraticável, visto que a utilização de um vídeo sem qualquer tipo de compressão (codificação) requereria uma enorme quantidade de informação digital para ser manipulada.

Foram então desenvolvidos padrões de codificação de vídeo ao longo dos anos para sanar as necessidades correlatas a esta área. MPEG-1, MPEG-2 e H.264/AVC são exemplos de padrões já desenvolvidos e que ainda continuam sendo utilizados. Para atender às demandas mais recentes em relação a vídeos digitais, o *Joint Collaborative Team on Video Coding* (JCT-VC) desenvolveu o padrão da próxima geração, chamado de *High Efficiency Video Coding* (HEVC), atual estado da arte em codificação de vídeo (ITU-T, 2013).

O processo de codificação/decodificação envolve diversas etapas as quais são custosas computacionalmente e também em relação ao consumo de energia. Dessa forma, o consumo de energia do codificador/decodificador assume especial importância em sistemas embarcados que utilizam pilhas e baterias, como em dispositivos móveis e portáteis.

### 2. METODOLOGIA

O objetivo principal deste trabalho é a avaliação do consumo de energia do codificador HEVC baseada em uma análise de sensibilidade à variação de parâmetros de codificação.

Os vídeos são codificados através do software de referência do padrão, o HEVC Test Model – HM (BOYCE, 2014). O 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.

Durante o processo de codificação é consumida determinada quantidade de energia, entretanto um dos desafios envolvendo esse tipo de processo é justamente mensurar esta energia consumida. Várias ferramentas para medição de energia foram pesquisadas na literatura, optando-se pelo uso da ferramenta *Running Average Power Limit* (RAPL).

Segundo MONTEIRO (2014), o RAPL é uma 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*.

O RAPL retorna valores fixos relacionados a limites especificados nos registradores, como, por exemplo, valores de potência termal, energia e tempo das unidades, e, também, valores que se alteram conforme a utilização dos recursos da CPU, como potência e energia consumidas. Os componentes que podem ter seus consumos energéticos mensurados são: (i) *rapl\_pkg*: todo o *package* da CPU; (ii) *rapl\_pp0*: somente os núcleos dos processadores; (iii) *rapl\_pp1*: dispositivos específicos *uncore* (funções do processador que não estão no núcleo); (iv) *rapl\_dram*: controlador de memória. Isto permite traçar o *profile* de energia de uma dada aplicação.

O HM possui muitos parâmetros de codificação, os quais afetam determinados componentes do codificador. Os parâmetros considerados mais relevantes estão resumidos na Tabela 1.

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 estimativa 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 estimativa de movimento fracionária.
<b>Max TU Depth (MAXTUD)</b>	Define a profundidade máxima da árvore das TUs.

A combinação de determinados parâmetros permite desenvolver inúmeras configurações de codificação. Neste trabalho foram estabelecidas 11 configurações distintas, baseadas nos estudos desenvolvidos por GRELLETT (2014), conforme apresentado na Tabela 2, cujo objetivo é determinar a influência de cada parâmetro no consumo de energia do codificador. A configuração c0 é a padrão do HM.

Tabela 2 – Configurações utilizadas nas análises

	c0	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10
AMP	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HadME	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
MaxCUD	4	4	4	1	2	3	4	4	4	4	3
SR	64	64	64	64	64	64	16	32	8	64	64
MAXTUD	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2

Para aumentar a confiabilidade dos resultados da análise, de acordo com GRELLETT (2014), cada configuração deve executada repetidas vezes para cada vídeo, em quatro QPs (*Quantization Parameters*) - 22, 27, 32 e 37 - e devem ser

codificados no mínimo um vídeo de cada classe, de acordo com as condições comuns de teste (CTC – *Common Test Conditions*) definidas pelos desenvolvedores do padrão (BOSSEN, 2011). Foram realizadas simulações com os vídeos *PeopleOnStreet* (classe A) e com o vídeo *ChinaSpeed* (classe F).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho são apresentados os resultados da análise de sensibilidade utilizando o vídeo *ChinaSpeed*, com resolução de 1024x768 pixels, em conjunto com a ferramenta RAPL.

Foram realizadas cinco simulações para cada condição, com os quatro QPs supracitados. Os resultados são apresentados na Figura 1 e permitem avaliar o perfil de consumo de energia em relação à variação de parâmetros de codificação.

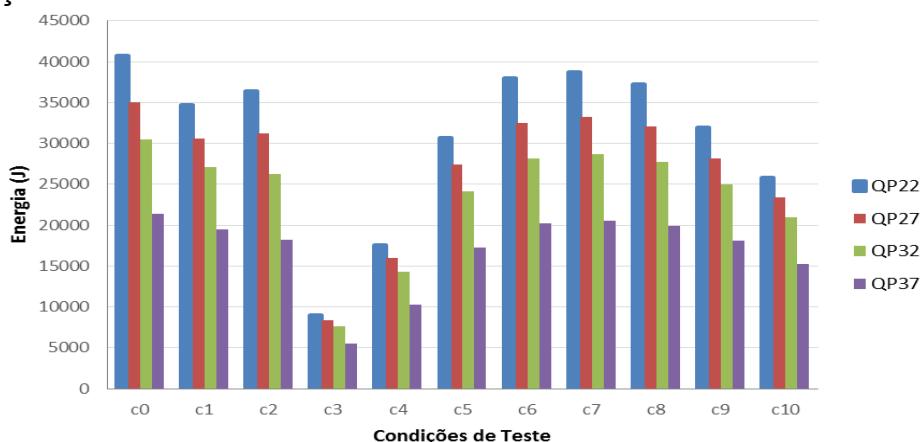


Figura 1 – Consumo de energia na codificação do vídeo *ChinaSpeed*

Através da Figura 1 pode-se perceber a influência da variação de cada parâmetro no consumo de energia do codificador. Determinados parâmetros proporcionam, individualmente, maior economia de energia do que outros. Entretanto, existe a possibilidade de se combinar alguns parâmetros, potencializando os resultados, de modo a otimizar a redução do consumo de energia.

No entanto, uma avaliação apenas do consumo de energia seria incompleta, uma vez que existem outros aspectos que devem ser levados em consideração, tais como o PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) – relacionado com a qualidade da imagem – e o *bitrate* – relacionado com a taxa de bits.

Existe ainda a possibilidade de avaliar as duas métricas citadas acima em uma única curva, através de métricas baseadas na *Bjøntegaard Difference* (BD) (BJONTEGAARD, 2008), as quais são BD-*bitrate* (BD-BR) e BD-PSNR. Basicamente a métrica BD-BR pode ser interpretada como o quanto melhor é o *bitrate* considerando-se a mesma qualidade. Já a métrica BD-PSNR pode ser interpretada como o quanto melhor é o PSNR considerando-se o mesmo *bitrate*. Na Tabela 3 são apresentados os valores BD-BR (%), BD-PSNR (dB) e percentual de economia de energia médio em relação à condição inicial c0.

Pode-se perceber que determinados parâmetros impactam mais no consumo de energia, entretanto é necessário um ponto de equilíbrio entre este aspecto, qualidade e taxa de bits. As condições c3, c4, c5 (MAXCUd) e c9, c10 (MAXTUD) são as que mais impactam no consumo de energia, embora piorem os níveis de BD-BR e BD-PSNR. Alguns parâmetros apresentam considerável economia de energia e baixíssimo impacto, como nas condições c1, c6 e c7.

Tabela 3 – Resultados de qualidade, taxa e economia de energia para cada configuração no vídeo *ChinaSpeed*

Condição de teste	BD-BR (%)	BD-PSNR (dB)	Economia de energia média (%)
c1	0,91399	-0,04984	11,86
c2	-1,57839	0,08779	12,50
c3	143,41	-4,27606	75,70
c4	63,2105	-2,49271	54,08
c5	14,3243	-0,72506	21,50
c6	0,74697	-0,04071	6,82
c7	0,16792	-0,00907	4,92
c8	1,5085	-0,08158	8,17
c9	4,94156	-0,26172	18,66
c10	37,4219	-1,63251	32,39

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma análise de sensibilidade à variação de parâmetros de codificação no padrão HEVC, com o intuito de avaliar o consumo de energia do codificador. Esta avaliação permitiu verificar o impacto de cada parâmetro de codificação no consumo de energia, bem como em indicadores de qualidade e taxa de bits, com isto foi possível traçar o perfil de consumo energético do codificador.

Os objetivos futuros deste trabalho são: a obtenção de um conjunto de configurações que proporcionem determinados valores de economia de energia, com a mínima perda de qualidade e o mínimo aumento de taxa de bits, e o desenvolvimento de um controlador que faça a leitura dos valores oriundos do RAPL e atue no processo de codificação de modo a manter os níveis de energia de acordo com um valor de referência, fixado, por exemplo, em concordância com características do próprio hardware.

#### 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 Description.** JCTVC-R1002, Sapporo, Japan, 2014.

CISCO. **Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology.** CISCO, 2012. Acessado em 22 jul. 2015. Online. Disponível em: <http://www.cisco.com>.

GRELERT, 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.I.]. 2013.

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.