

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA EM CPU DO CODIFICADOR HEVC UTILIZANDO A FERRAMENTA RAPL

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

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

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, dispositivos embarcados são cada vez mais complexos e mais numerosos. Um dos aspectos cruciais em relação a estes dispositivos é o consumo de energia, uma vez que os mesmos trabalham com pilhas e baterias, que apresentam energia limitada. A utilização em larga escala desses dispositivos faz com que a questão do consumo de energia tenha de ser levada em consideração no desenvolvimento de qualquer dispositivo.

A reprodução de vídeos digitais tem influência direta no consumo energético desses dispositivos. Atualmente, esta influência vem aumentando cada vez mais, uma vez que nos últimos anos a qualidade dos vídeos e seus tamanhos vem crescendo consideravelmente. Exigindo maior capacidade de processamento para codificar e decodificar os vídeos.

Esse processo de codificação tem como objetivo reduzir o tamanho do vídeo diminuindo redundâncias existentes nas imagens ou vídeos. Para realizar esse processo de codificação e decodificação, padrões de codificação foram estabelecidos. O padrão mais utilizado atualmente é o H.264/AVC (*Advanced Video Coding*), porém, com as melhorias nas qualidades dos vídeos e imagens um novo padrão de codificação fez-se necessário. Então o *Joint Collaborative Team on Video Coding* (JCT-VC), criou o novo padrão *High Efficiency Video Coding* (HEVC), padrão este que é considerado o atual estado da arte em codificação de vídeo (ITU-T, 2013).

No padrão HEVC pode-se codificar o vídeo utilizando diversos parâmetros e configurações distintas. Estes parâmetros podem influenciar tanto no tamanho quanto na qualidade do vídeo codificado, além de poderem mudar consideravelmente o tempo necessário para codificar um vídeo. Visto que o tempo de codificação está fortemente relacionado com a quantidade de energia para codificar o vídeo, utilizar estes parâmetros de forma sensata é de crucial importância, especialmente quando a codificação ocorrer em um dispositivo móvel.

Este trabalho visa utilizar uma ferramenta chamada *Running Average Power Limit* (RAPL) (PAN, 2015) para obter informações sobre o consumo de energia necessário para codificar um vídeo usando o HEVC sob diferentes configurações de parâmetros. O RAPL é uma ferramenta que faz uso dos registradores MSR (*Model Specific Registers*) para efetuar a leitura do consumo de energia, em joules, de um processador ao longo de um período. Com estes resultados, espera-se estimar o quanto cada configuração de codificação pode influenciar no consumo de energia do codificador, dando subsídios para o desenvolvimento de um mecanismo de controle de consumo de energia para codificadores HEVC.

2. METODOLOGIA

Para realizar as leituras e estimar o quanto determinados parâmetros podem influenciar no consumo geral de energia durante uma codificação, foram utilizados 10 grupos de parâmetros distintos baseados nos 12 estados de parâmetros criados por (GRELLETT, 2014) para medição de complexidade computacional do HEVC, sendo o estado 0 a configuração padrão do software. Utilizar estes estados voltados para medição de complexidade computacional faz-se possível porque a energia utilizada em um processo está fortemente ligada ao tempo de processamento gasto no mesmo. Entre um e outro desses grupos, é modificado um ou dois parâmetros distintos, a fim de avaliar suas influências isoladamente e em conjunto.

Para se obter as leituras da forma mais precisa possível e com um bom nível de granularidade, foi decidido executar o HEVC e o RAPL paralelamente em cores separados utilizando o comando TaskSet. Além disso, uma ferramenta do Linux chamada CPU-Freq (BRODOWSKI, 2015) foi utilizada para fixar em 2.7GHz a frequência do core em que o HEVC estava sendo executado, desta forma evitando o *overclock* natural do processador. Esta medida foi tomada para eliminar picos de processamento que poderiam ocorrer durante a codificação, desta forma, tornando o consumo de energia do processo mais linear. Contudo, o RAPL não possibilita a leitura do consumo de energia de cada *core*, mas sim de todos os *cores* de um processador. Com isso, mesmo com o codificador HEVC rodando exclusivamente em um dos cores, é impossível fazer as leituras de consumo de energia sem a influência do gasto de energia do sistema operacional.

Para identificar esta influência do sistema operacional no consumo do processador foram realizados dois experimentos. No primeiro experimento, os resultados de consumo de energia foram lidos enquanto nenhum processo estava sendo executado pelo processador, ou seja, o SO era responsável por todo consumo de energia lido. No segundo, as leituras dos resultados foram efetuadas enquanto apenas o HEVC estava sendo executado juntamente do SO. Em ambos os casos as leituras foram feitas em um intervalo de um segundo durante um total de 2110 segundos, que foi o tempo total necessário para codificar o vídeo *ChinaSpeed*. Comparando os resultados de ambos experimentos, tornou-se possível avaliar o quanto o sistema operacional, e demais processos independentes do HEVC afetam as leituras de energia.

Para a obtenção de resultados mais precisos, os resultados médios de cinco codificações dos vídeos *ChinaSpeed* e *PeopleOnTheStreet* foram considerados, excluindo valores discrepantes que poderiam ter sido causados pelo SO.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações para gerar os resultados foram efetuadas em um computador com processador Intel Core I5-3330 3.00GHz x 4 com 4Gb de Memória RAM. A versão de software utilizada para realizar as codificações foi o HEVC Model 16.5 (HM16, 2014), que é uma das mais recentes versões para teste do HEVC. Os testes foram efetuados com quatro *Quantization Parameters* (QPs) diferentes, com valores de 22, 27,32 e 37.

A Figura 1 apresenta a comparação efetuada nas simulações para observar o quanto o sistema operacional pode interferir nas leituras do RAPL. Analisando estes dados, foi notado que está interferência é constante e linear, com apenas alguns pequenos picos no consumo de energia por parte do sistema. Além disso, quanto maior for o tempo de codificação, menor se torna a influência do sistema nas

leituras, chegando a um overhead de apenas 15% na codificação do vídeo *ChinaSpeed*, que possui uma resolução de 1024x768.

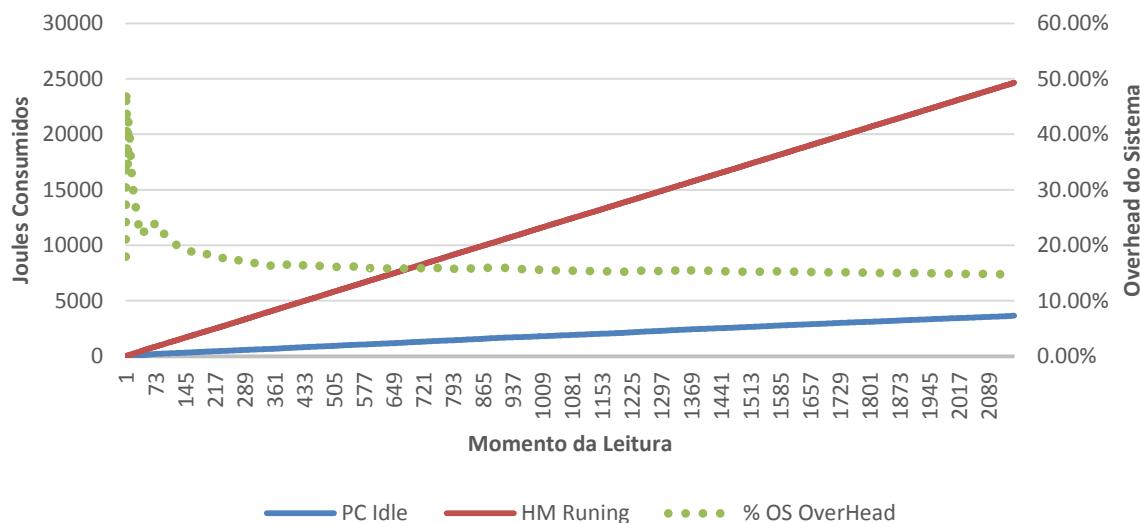


Figura 1. Overhead do sistema operacional nas medições de consumo de energia do codificador HEVC

Com os resultados gerados e apresentados na Figura 2, pode-se observar que alguns parâmetros possuem grande influência no consumo de energia do software e podem causar uma codificação com qualidade consideravelmente menor, enquanto outros parâmetros não causam grandes influências no consumo de energia.

Como se pode observar na Figura 2, os parâmetros dos estados 3 e 4, onde o tamanho máximo da CTU é diminuído para o primeiro e segundo nível da árvore, respectivamente, podem fazer a energia necessária para codificar o vídeo diminuir consideravelmente. Utilizando os parâmetros do estado 3, foi possível obter uma redução de até 82% no consumo de energia na codificação do vídeo *PeopleOnTheStreet*, e de uma melhora de até 64% ao se utilizar os parâmetros do estado 4 na codificação do vídeo *ChinaSpeed*. Contudo, analisando o BD-Bit Rate, que é uma importante medida sobre o tamanho e a qualidade do vídeo codificado, é possível observar que o BD-Bit Rate aumentou consideravelmente quando o estado 3 foi utilizado, o que indica uma grande perda na qualidade da codificação. Portanto, estes estados devem ser usados muito cuidadosamente, pois tais baixas na qualidade de vídeo podem não ser desejadas, sendo assim, estes parâmetros poderiam ser utilizados em condições muito extremas, como por exemplo, quando o nível de energia disponível do dispositivo está muito baixo. Já outros estados, como 6, 7 e 8, onde é modificado o *Search Range* do algoritmo, não possuem grande impacto no consumo de energia ou na qualidade do vídeo.

Além disso, alguns parâmetros se mostraram mais efetivos em vídeos menores resoluções do que em vídeos maiores resoluções. Por exemplo, o parâmetro 2 onde o HadME é desativado, que diminui o uso de energia em cerca de 24% no vídeo *ChinaSpeed*, enquanto diminui apenas 10% no vídeo *PeopleOnTheStreet*, cuja resolução é muito maior.

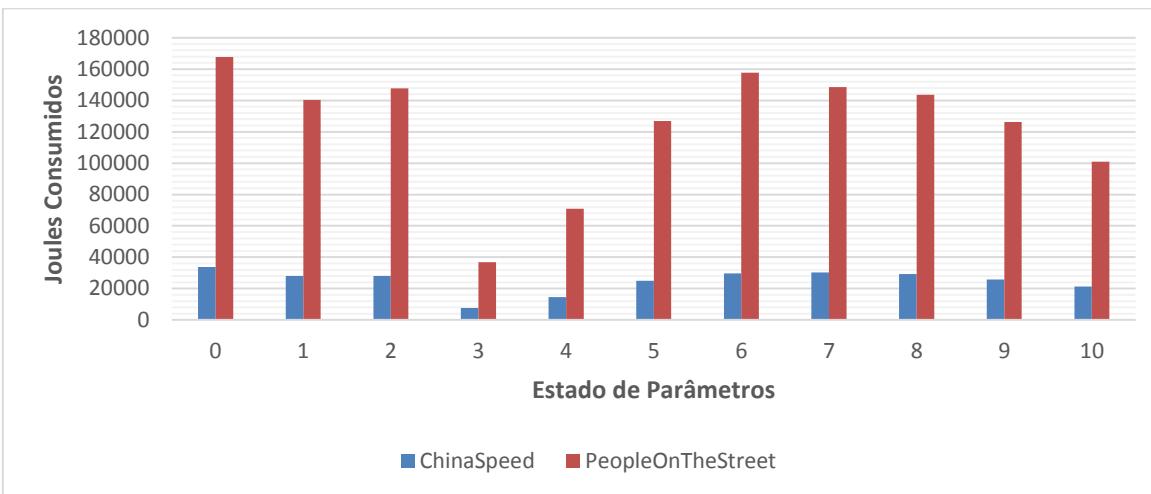


Figura 2. Gráfico de Comparação do Consumo de Energia de Todos Estados

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma análise sobre o *overhead* presente ao se usar a ferramenta RAPL em um SO comum para se obter dados sobre o consumo de energia de um determinado processo. Em seguida, usou-se esta ferramenta para obter informações sobre como determinados parâmetros podem ter participação no consumo de energia necessário para codificar um vídeo com o novo padrão HEVC.

Os resultados obtidos com a primeira análise, mostram que o RAPL mesmo sendo um pouco problemático de se trabalhar, pode ser muito útil para obtenção de informações sobre o consumo de energia de softwares. Porém, deve-se ter cuidado com a granularidade dos resultados obtidos, e levar em consideração que o *overhead* do sistema operacional poderá mudar de computador para computador.

Ademais, usando o RAPL para testar diferentes configurações do HEVC, foi possível observar que certos parâmetros podem ser alterados para diminuir consideravelmente o consumo de energia na codificação de um vídeo.

Para trabalhos futuros pretende-se analisar outros parâmetros de codificação do padrão HEVC. Assim, outras configurações do codificador, que sejam energeticamente eficientes, poderão ser identificadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ITU-T. **ITU-T Recommendation H.265: High Efficiency Video Coding**. ITU-T. [S.I.]. 2013.

GRELLETT, M. **Computational Effort Analysis and Control in High Efficiency Video Coding**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal de Pelotas.

Boyce, J. **HM16: High Efficiency Video Coding Test Model (HM16) Encoder Description**, JCTVC-R1002, Sapporo, Japan, 2014.

PAN, Jacob. **RAPL (Running Average Power Limit) Driver**. Acessado em 22 de julho de 2015. Online. Disponível em: <http://lwn.net/Articles/545745/>

Brodowski, D. **CPU frequency and voltage scaling code in the Linux(TM) kernel**. Acessado em 22 de julho de 2015. Online. Disponível em: <https://www.kernel.org/doc/Documentation/cpu-freq/user-guide.txt>