

## REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA DA MEMÓRIA NA CODIFICAÇÃO DE VÍDEOS DIGITAIS DE ALTA DEFINIÇÃO

LÍVIA AMARAL; BRUNO ZATT; LUCIANO AGOSTINI; MARCELO PORTO

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

### 1. INTRODUÇÃO

Segundo um artigo publicado pela CISCO, o número de dispositivos conectados à internet será três vezes maior do que a população global em 2020 e 82% do tráfego de dados na rede global estará relacionado com vídeos digitais (CISCO, 2016). Assim, para satisfazer usuários na captura e transmissão de vídeos digitais, os dispositivos móveis que suportam vídeos devem ser capazes de lidar com resoluções e qualidade de imagem cada vez maiores. Estas qualidades, no entanto, implicam em uma grande quantidade de dados que deve ser armazenada na memória destes dispositivos a fim de garantir a transmissão e o armazenamento do vídeo.

Este grande volume de dados implica diretamente no consumo energético na comunicação com a memória, fazendo com que a codificação de vídeos digitais se torne indispensável no cenário atual, principalmente quando dispositivos movidos a bateria são considerados. Desta forma, padrões de codificação de vídeo são utilizados a fim de reduzir o número de dados necessários e manter a qualidade visual do vídeo. No entanto, as ferramentas implementadas nos novos padrões trazem um aumento significativo na complexidade em relação aos padrões antigos. Dentre estas ferramentas, a estimação de movimento (ME) é a que mais se destaca.

Um vídeo é uma sequência de imagens estáticas, os quadros, que são transmitidas a uma determinada frequência. A codificação de vídeo se dá por meio da divisão do quadro em blocos, as *Coding Tree Units* (CTUs). O objetivo da ME é a redução da redundância espacial presente entre quadros vizinhos. Desta forma, esta ferramenta realiza uma procura pelo bloco de maior similaridade ao que está sendo codificado dentro de uma área de busca localizada em um quadro de referência. Esta busca implica em uma grande quantidade de acessos à memória externa durante a codificação dos vídeos. A comunicação com a memória externa implica tanto no consumo energético quanto no desempenho do codificador e, portanto, os projetistas devem considerar os acessos à memória externa como a principal causa do maior gargalo dos sistemas de codificação de vídeo. Desta forma, a redução dos acessos na etapa da ME é altamente desejável.

Na literatura são encontrados trabalhos que abordam, principalmente, compressores de quadros de referência ou estratégias de reuso de dados por meio do uso de uma memória interna. Em (AMARAL, 2015), uma solução abordando a união destas técnicas é apresentada. Esta solução obteve uma redução de 97,8% no consumo energético do sistema de codificação de vídeo. No entanto, foi observado que nem todos os dados presentes na área de busca, armazenada na memória interna, são utilizados na etapa da ME. Assim, uma maior redução energética pode ser atingida se estes dados não forem armazenados na memória interna.

Desta forma, este trabalho aborda o estudo de cortes fixos na área de busca para diferentes vídeos e o impacto na qualidade visual e na redução do consumo energético da memória interna quando estes cortes são realizados.

## 2. METODOLOGIA

Inicialmente um estudo do comportamento do algoritmo de estimação de movimento Test-Zone Search (TZS) foi realizado. Esse estudo ocorreu durante a codificação dos 100 primeiros quadros de seis vídeos com resolução HD 1080p no software de referência do HEVC, o HM 16.6 (HM, 2017). Para tanto, cada acesso realizado pelo TZS dentro da área de busca foi documentado em um *trace*. As conclusões provenientes deste estudo indicaram uma presença alta de acessos no centro da área de busca e poucos acessos nas regiões próximas às bordas. Estas conclusões proporcionaram a realização de cortes na área de busca, removendo as regiões com menos acessos.

Desta forma, as regiões que abrangem os dados menos acessados foram removidas da área de busca original, que possui search range  $[-64,64]$ . Para realizar este corte, uma modificação no HM 16.6 foi realizada, a fim de garantir que qualquer bloco que possuísse amostras fora do alcance da área de busca com corte não fosse acessado pelo TZS.

Após os cortes fixos, novos estudos foram realizados considerando que vídeos diferentes ou mesmo regiões de um mesmo vídeo possuem diferentes características e assim, podem demandar maior ou menor número de acessos durante a codificação de seus blocos. Assim, novos testes foram realizados considerando um ajuste dinâmico de tamanho de área de busca, onde esta área de busca é dividida em dois setores. O setor mais externo, que possui área equivalente a do corte fixo realizado neste trabalho, pode ser ligado ou desligado de acordo com uma decisão baseada em uma referência. No caso deste trabalho, se metade ou mais da metade de uma linha do quadro anterior solicitou o setor mais externo ligado, este estará ligado para a linha do quadro atual. Caso contrário, este setor estará desligado e assim, o algoritmo de busca somente poderá acessar os blocos localizados no setor mais interno.

Para a realização dos ajustes dinâmicos na área de busca, uma nova adaptação no HM 16.6 foi feita, a fim de mapear as regiões da área de busca e seus setores correspondentes. Desta forma, é possível fazer o controle de quais são as posições da área de busca pertencentes a qual setor e se este setor está ou não disponível para acessos do TZS. Os cortes estudados neste trabalho foram avaliados em termos de eficiência de codificação, por meio do BD-Rate, e redução de consumo energético dinâmico e estático da memória interna em relação à solução sem cortes na área de busca, quando uma estratégia de reuso de dados é utilizada.

Desta forma, o cálculo do consumo dinâmico considerou o número de amostras acessadas na memória interna, que armazena a área de busca, durante a codificação dos vídeos e o custo energético para fazer a leitura nesta memória. Já para o cálculo do consumo estático, foi considerado o consumo estático do setor ativo por linha durante o processamento do vídeo. Para a obtenção dos custos de operação de leitura da memória interna e do consumo estático para os setores, a ferramenta HP Cacti 6.5 (CACTI, 2017) foi utilizada. Desta forma, a área de busca sem cortes tem um consumo estático de 949877 nJ/s, a área de busca com cortes tem um consumo estático de 747058 nJ/s com o setor externo ativo e de 149842 nJ/s quando este setor está desabilitado. Além disso, o custo energético para operações de leitura na memória interna é de 1,96 pJ/byte.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de eficiência de codificação das soluções avaliadas neste trabalho, o corte fixo de 33,35% da área de busca e o ajuste dinâmico baseado no número de solicitações de acessos durante a codificação da linha do quadro anterior, foram medidos em BD-Rate, métrica que relaciona a variação da taxa de bits (*bitrate*) necessária para transmitir o vídeo para a manutenção qualidade visual. Estes resultados se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados de BD-Rate das soluções avaliadas

Sequência	CF 33,35%	AD Linha ½
Basketball_Drive	-0,2455	-0,1198
BQTerrace	0,0318	0,2832
Cactus	0,1076	0,1308
Kimono	-0,0462	-0,0043
ParkScene	-0,0026	0,4851
Tennis	0,0079	0,0079
Média	-0,0245	0,1305
Desvio Padrão	0,12	0,22

Conforme a Tabela 1, é possível perceber que o corte fixo que removeu 33,35% da área de busca atingiu uma variação pequena de *bitrate* quando comparado com a solução sem cortes na área de busca. A solução com o ajuste dinâmico também obteve baixa variação, em média, no BD-Rate. Porém é notável o aumento do BD-Rate para todos os vídeos, com exceção do vídeo Tennis, que manteve o mesmo resultado do corte fixo. Isso ocorre porque a decisão de habilitar ou não o setor externo para a linha atual do quadro sendo codificador se baseia no total de acessos solicitados na codificação desta linha no quadro anterior. Assim, uma linha que tem alta requisição do setor externo ligado pode não ter esse setor habilitado para buscas na etapa da ME se a linha co-localizada no quadro anterior teve poucos acessos. E isso faz com que o algoritmo TZS encontre outros blocos como o melhor casamento, alterando os resultados de eficiência de codificação.

A Tabela 2 apresenta a redução do consumo energético das soluções avaliadas em relação à solução com área de busca sem cortes. Segundo esta Tabela, é possível observar que vídeos que apresentam características como baixa movimentação ou baixa ocorrência de texturas, como BQTerrace, Cactus e ParkScene conseguem uma redução maior quando o ajuste dinâmico do tamanho da área de busca é adotado. Isto ocorre porque essas características tendem a fazer com que o melhor casamento seja encontrado mais próximo ao centro da área de busca e assim, o setor mais externo passa a ser desativado mais vezes.

A ocorrência do setor externo desativado um maior número de vezes impacta tanto no consumo estático quando no consumo dinâmico, já que o algoritmo de busca da ME faz menos acessos pois possui uma área menor para realizar a busca quando o setor externo está desabilitado. Desta há uma redução maior no consumo total quando uma estratégia de ajuste dinâmico é utilizada.

Tabela 2 – Resultados de redução do consumo energético na memória interna em relação à área de busca sem cortes

Sequência	CF 33,35%	AD Linha ½
Basketball_Drive	20,71%	22,29%
BQTerrace	11,98%	40,87%
Cactus	12,40%	35,74%
Kimono	17,46%	26,07%
ParkScene	14,85%	54,29%
Tennis	21,45%	21,45%
Média	16,48%	33,45%
Desvio Padrão	20,71%	12,79%

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho abordou o corte de regiões pouco acessadas na área de busca, a fim de reduzir o consumo energético de sistemas de codificação de vídeo e promover um baixo impacto na eficiência de codificação. Para tanto, este trabalho abordou dois experimentos: o corte fixo, que removeu as regiões da área de busca que foram acessadas apenas até 5% das vezes, e o ajuste dinâmico do tamanho da área de busca, que dividiu a área de busca em dois setores e possibilitou o ligamento ou desligamento do setor mais externo.

Os resultados mostraram que enquanto o corte fixo apresenta resultados de eficiência de codificação mais próximos da solução sem cortes, o ajuste dinâmico se sobressai na redução do consumo energético. Isto ocorre porque o ajuste dinâmico permite a exploração das diferentes características dos vídeos durante a codificação, possibilitando o desligamento de setores da memória quando eles potencialmente não são utilizados durante a etapa da ME. No entanto, a retirada da região menos acessada pela ME pode impactar no encontro de um diferente bloco como o melhor casamento. Esta escolha acarreta em um impacto maior na eficiência de codificação quando comparado com a solução sem cortes na área de busca.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CISCO. **CISCO Visual Network Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2015-2020**. 2016.

AMARAL, L. **Modelagem SystemC para Avaliação Energética da Comunicação com a Memória em Codificadores de Vídeo**. 2015.

HM. HEVC Reference Software (HM), 2017. Disponível em: <[https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn\\_HEVCSoftware/tags/HM-16.6/](https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware/tags/HM-16.6/)>.

CACTI 6.5. **HP CACTI Labs**. 2017.