

REDUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DA COMUNICAÇÃO COM A MEMÓRIA EM CODIFICADORES DE VÍDEOS DIGITAIS

LÍVIA AMARAL; MARCELO PORTO

Universidade Federal de Pelotas – Grupo de Arquiteturas e Circuitos Integrados
{lsdamaral, porto}@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O consumo energético é um fator crítico em sistemas embarcados. Além disso, dispositivos móveis capazes de lidar com vídeos digitais tem se tornado cada vez mais comuns. Uma previsão da CISCO diz que, em 2020, o número de dispositivos móveis será de 1,5 *per capita* (CISCO, 2015). Além disso, o tráfego de vídeos móveis irá aumentar 10 vezes entre 2015 e 2020, representando 62% do total de dados móveis até o fim do período da previsão.

Para otimizar o tempo de vida útil das baterias destes dispositivos, é necessário atuar na redução do consumo energético referente a memória. Neste contexto, a codificação de vídeo se torna importante. Sem este processo, os vídeos precisariam de uma quantidade de dados muito grande para serem representados, armazenados e transmitidos. Padrões de codificação de vídeo compreendem uma série de ferramentas e técnicas para comprimir os dados dos vídeos. Exemplos de padrões de codificação de vídeo são o *High Efficiency Video Coding* (HEVC), o padrão de codificação de vídeo mais recente, e o H.264/AVC, padrão atualmente dominante no mercado. O HEVC promove 50% de redução no *bitrate*, mantendo a mesma qualidade subjetiva alcançada pelo H.264/AVC.

No entanto, as novas ferramentas implementadas nos padrões mais atuais aumentaram significativamente a complexidade em relação aos padrões anteriores. Um componente importante em sistemas de codificação de vídeo é a estimação de movimento (*Motion Estimation* - ME). A ME representa um fator significativo no desempenho geral do codificador, enquanto gasta cerca de 80% do tempo total de codificação no HEVC.

O objetivo da ME é reduzir a redundância espacial presente entre os quadros vizinhos de um vídeo. Para isso, a ME codifica um bloco a partir de informações de quadros previamente codificados. Assim, uma busca é realizada dentro de uma área de busca de um quadro de referência, que normalmente está armazenado na memória externa. Como a ME pode ler, várias vezes, quadros previamente codificados durante a codificação, este módulo é responsável pelo maior consumo energético em codificadores de vídeo.

A comunicação com a memória impacta tanto o consumo energético quanto o desempenho, portanto o projeto do codificador deve considerar esses acessos como o maior gargalo deste tipo de sistema. Com isso, uma redução dos acessos à memória externa é necessária para codificadores de vídeos eficientes tanto em energia quanto em desempenho.

Na literatura, soluções para redução do consumo energético se baseiam em duas abordagens principais: redução do número de acessos à memória externa através do reuso de dados e compressão de quadros de referência antes que estes sejam armazenados na memória externa.

Este trabalho apresenta uma solução formada a partir da união destas duas abordagens principais. O esquema proposto atinge 97,91% de redução do

consumo energético quando comparado ao sistema de codificação de vídeo onde nenhuma técnica é aplicada.

2. METODOLOGIA

Inicialmente, um estudo na literatura foi realizado a fim de compreender as técnicas que são aplicadas na redução do consumo energético em codificadores de vídeos digitais. Assim, a estratégia *Level C* (TUAN, 2002) de reuso de dados e o algoritmo *Double Differential Reference Frame Compression* (DDRFC) (SILVEIRA, 2015) foram escolhidos para compor uma única solução híbrida. Estes esquemas foram escolhidos por apresentarem bons resultados em termos de redução dos acessos à memória e um bom custo/benefício em hardware.

Para estimar o consumo energético da solução proposta neste trabalho, alguns cálculos foram feitos. O consumo energético (EC) relacionado as operações de leitura (Re) e escrita (Wr) na DRAM quando o reuso de dados (T) não é utilizado, é definido como:

$$EC_{DRAM/Re} = E(DRAM_{Re}) * D(Algorithm_k) \quad (1)$$

$$EC_{DRAMWr} = E(DRAM_{Wr}) * D(Frame) \quad (2)$$

Em (1) e (2), E é o custo energético para uma operação em um tipo específico de memória. $Algorithm_k$ é o algoritmo de busca k utilizado pela ME e $Frame$ é o tamanho do quadro. O total EC , quando o esquema de reuso de dados não é considerado, é a soma de (1) e (2), expressa por (3):

$$EC_T = EC_{DRAM/Re} + EC_{DRAMWr} \quad (3)$$

O EC pertencente às memórias DRAM e SRAM para operações de leitura e escrita quando o reuso de dados (DR) é considerado é definido segundo as equações abaixo:

$$EC_{DRAMRe} = E(DRAM_{Re}) * D(Level_j) \quad (4)$$

$$EC_{SRAMWr} = E(SRAM_{Wr}) * D(Level_j) \quad (5)$$

$$EC_{SRAMRe} = E(SRAM_{Re}) * D(Algorithm_k) \quad (6)$$

Nas equações (4) e (5), $Level_j$ é o tipo de reuso de dados j . O EC total, considerando o reuso de dados, é dado pela soma das equações (2), (4), (5) e (6), expresso por (7):

$$EC_{DR} = EC_{DRAMRe} + EC_{SRAMWr} + EC_{SRAMRe} + EC_{DRAMWr} \quad (7)$$

O EC relacionado nas operações de leitura para a solução híbrida (reuso de dados com compressão de quadros de referência), é definido pelas equações (5), (6), (8) e (9). Para as operações de escrita, o EC é definido em (12). Finalmente, o total de EC para a solução híbrida é obtido pela equação (13):

$$EC_{DRAM/HRe} = E(DRAM_{Re}) * D(RFC_j) \quad (8)$$

$$EC_{RFC_{Dec}} = E(RFC_{Dec}) * D(Level_j) \quad (9)$$

$$EC_{RFC_{Enc}} = E(RFC_{Enc}) * D(Frame) \quad (10)$$

$$EC_{HWr} = E(DRAM_{Wr}) * D(FrameCod) \quad (11)$$

$$EC_{DRAM/HWr} = EC(RFC_{Enc}) + EC_{HWr} \quad (12)$$

$$EC_{DR} = EC(DRAM/HRe) + EC(RFC_{Dec}) + EC_{SRAMWr} + EC_{SRAMRe} + EC_{DRAM/HWr} \quad (13)$$

Nestas equações, $FrameCod$ representa um quadro codificado pelo codificador de quadros de referência e H, a solução híbrida. O EC relacionado nas

operações de leitura para a solução híbrida. RFC_{Enc} e RFC_{Dec} representam o consumo energético do codificador e do decodificador de um compressor de quadros de referência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de consumo energético foram gerados para a solução híbrida, proposta neste trabalho, para um solução onde apenas o reuso de dados Level C é considerado e para um cenário onde nenhuma técnica de redução de consumo energético é utilizada.

O algoritmo de busca utilizado foi o Test Zone Search (TZS), sem preditores e os testes foram realizados para seis sequências de vídeos HD 1080p: (1) Basketball Drive, (2) BQTerrace, (3) Cactus, (4) Kimono, (5) Park Scene e (6) Tennis, considerando apenas os 100 primeiros quadros de cada vídeo. Os testes utilizaram um tamanho de bloco 64x64 e uma área de busca [-64,64] pixels.

Para a comparação em termos de energia, uma Micron low-power DDR SDRAM (MICRON) foi considerada. Esta memória tem um consumo equivalente a 119,7 pJ por byte nas operações de leitura e 116 pJ para as operações de escrita. Além disso, a ferramenta HP Cacti 6.5 (CACTI 6.5) foi utilizada para simular uma Scratchpad memory (SPM) com o tamanho da área de busca especificada nos testes. Desta forma, uma SPM com tamanho 36865 bytes, diretamente mapeada consome 0,013 pJ para operações de escrita e 0,018 pJ para operações de leitura, por byte.

Por fim, o consumo energético do compressor de quadros de referência é 1,97 pJ para as operações de codificação e 2,77 pJ para as operações de decodificação, por byte.

A Tabela 1 mostra os resultados de energia para as soluções tradicional, Level C e Híbrida. A Tabela 2 contém os resultados da redução total em porcentagem dos esquemas Level C e Híbrido em relação ao método tradicional.

Tabela 1 – Resultados de consumo energético para as soluções tradicional, Level C e Híbrida

Seq	Tradicional (pJ)		Level C (pJ)				Híbrido (pJ)			
	Leit. Mem. Ext. ($\times 10^{10}$)	Esc. Mem. Ext. ($\times 10^{10}$)	Leit. Mem. Ext. ($\times 10^{10}$)	Leit. SPM ($\times 10^{10}$)	Esc. SPM ($\times 10^{10}$)	Total ($\times 10^{10}$)	Leit. Mem. Ext. ($\times 10^{10}$)	Leit. SPM ($\times 10^{10}$)	Esc. SPM ($\times 10^{10}$)	Total ($\times 10^{10}$)
(1)	5760,69	2,38	7,09	109,29	0,0235	118,79	7,09	109,29	0,0235	118,79
(2)	1270,91	2,38	7,09	24,11	0,0235	33,61	7,09	24,11	0,0235	33,61
(3)	1003,39	2,38	7,09	19,03	0,0235	28,54	7,09	19,03	0,0235	28,54
(4)	3785,27	2,38	7,09	71,81	0,0235	81,31	7,09	71,81	0,0235	81,31
(5)	1420,44	2,38	7,09	26,94	0,0235	36,45	7,09	26,94	0,0235	36,45
(6)	5217,66	2,38	7,09	98,99	0,0235	108,49	7,09	98,99	0,0235	108,49

Como pode ser visto na Tabela 1, a energia gasta nas operações de leitura na memória externa chegam a ser 2400 vezes maior do que nas operações de escrita. Isso se dá devido ao fato de que o quadro é armazenado apenas uma vez na memória externa, mas vários blocos deste quadro são lidos da memória externa inúmeras vezes na etapa de estimação de movimento.

As Tabelas 1 e 2 também mostram que, usando apenas o Level C, uma média de redução de consumo energético de 97,61% é atingida, quando

comparado ao método tradicional. No entanto, esta redução só é atingida em operações de leitura.

Tabela 2 – Resultados de redução de energia (%)

Seq.	Tradicional (pJ)	Red. Level C (%)	Red. Híbrido (%)
(1)	5760,69	97,94	98,05
(2)	1270,91	97,36	97,74
(3)	1003,39	97,16	97,73
(4)	3785,27	97,85	98,03
(5)	1420,44	97,44	97,83
(6)	5217,66	97,92	98,05
Média	3076,39	97,61	97,91
σ	2125,66	0,33	0,16

Quando a solução híbrida é utilizada, uma redução média de 97,91% pode ser atingida. Como o compressor de quadros de referência atua tanto nas operações de escrita quanto nas de leitura, esse método atinge taxas de redução maiores que 64% em ambas as operações quando comparado com o esquema onde apenas o Level C é utilizado.

Deste modo, a compressão de quadros de referência atua de forma complementar ao sistema de reuso de dados. Deste modo, para vídeos de alta movimentação ou textura, o reuso de dados atua nos muitos acessos feitos a memória externa. Já no caso de vídeos de baixa movimentação ou textura, menos dados são lidos da SPM e a taxa de dados lidos da memória externa se torna mais significativa, fazendo com que os ganhos com o uso do compressor de quadros de referência se tornem maiores.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho propôs um esquema híbrido, aliando reuso de dados e compressão de quadros de referência, para redução do consumo energético em codificadores de vídeos digitais. Assim, neste trabalho o compressor de quadros de referência DDRFC foi aliado ao esquema de reuso de dados Level C.

A estratégia proposta foi comparada com o método tradicional, onde nenhum tipo de solução para redução do consumo energético é utilizada, e com um esquema onde apenas o Level C é empregado. Os resultados mostram que o método híbrido atinge 97,91% de redução de consumo energético quando comparado ao método tradicional. Além disto, o método híbrido tem um ganho de redução energética de 64% nas operações de leitura e escrita quando comparado ao esquema com apenas o Level C.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CISCO. **CISCO Visual Network Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2015-2020**. 2016
- SILVEIRA, D.; et al. Efficient Reference Frame Compression Scheme for Video Coding Systems: Algorithm and VLSI Design. **Springer JRTIP**, p. 1-21, 2015.
- TUAN, J.-C; et al. On the Data Reuse and Memory Bandwidth Analysis for Full-Search Block-Matching VLSI Architecture. **IEEE TCSVT**, v. 11, p. 61-72, 2002.
- MICRON. **MICRON MT46H64M16LF: 1Gb, Mobile Low-Power DDR SDRAM**. 2015
- CACTI 6.5. **HP CACTI Labs**. 2015.