

UMA ARQUITETURA DE HARDWARE PARA A PREDIÇÃO INTRA-QUADRO COM COMPARTILHAMENTO DE INFORMAÇÕES ENTRE CANAIS

MURILO PERLEBERG¹; VINICIUS BORGES¹; VLADIMIR AFONSO²;
LUCIANO AGOSTINI¹; MARCELO PORTO¹

¹Universidade Federal de Pelotas – {mrperleberg, vdaborges, agostini, porto}@inf.ufpel.edu.br

²Instituto Federal Sul Rio-Grandense – vafonso@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria do entretenimento possui uma grande atenção por conteúdos em três dimensões (3D), os quais visam ampliar a experiência do usuário em diferentes aplicações, com vídeo games ou ainda vídeos 3D. Os vídeos 3D requerem uma série de técnicas de compressão devido à grande quantidade de dados necessários para representar estes vídeos. Assim, o padrão de codificação 3D-HEVC (3D-High Efficiency Video Coding) (TECH, 2016) foi lançado em fevereiro de 2015 para suprir a necessidade de comprimir estes vídeos.

O padrão 3D-HEVC adota o formato *Multiview Video plus Depth* (MVD) (TECH, 2016), no qual a cena é capturada por múltiplas câmeras em diferentes pontos de vista. Além disso, no formato MVD cada câmera capture dois canais de informação: a textura, que é a imagem daquele ponto de vista a ser exibida ao usuário; e o mapa de profundidade, o qual representa a distância entre os objetos da cena e a câmera. A captura destes dois canais de informação permite que diferentes pontos de vistas virtuais (que não foram capturados) sejam renderizados após a descompressão do vídeo.

O padrão 3D-HEVC possui diversas ferramentas de codificação, responsáveis por codificar os diversos quadros do vídeo (ITU-T, 2013) (TECH, 2016), como a predição Intra-quadro, a qual busca representar os blocos do quadro atual utilizando apenas informações do próprio quadro. Este trabalho aborda dois modos da predição Intra-quadro, sendo os modos angulares e o modo *Depth Modeling Mode-1* (DMM-1).

O modo angular é aplicado sobre blocos tanto do canal da textura como também dos mapas de profundidade (TECH, 2016). Este modo busca representar o bloco atual utilizando as amostras dos blocos vizinhos já codificados, através da projeção destas amostras para um dos 33 ângulos possíveis. Isso pode ser melhor entendido pela Figura 1-(a), na qual os quadrados em azul representam as amostras dos blocos vizinhos já codificados, enquanto as linhas em verde representam cada um dos 33 possíveis ângulos no qual as amostras podem ser deslocadas para representar o bloco atual.

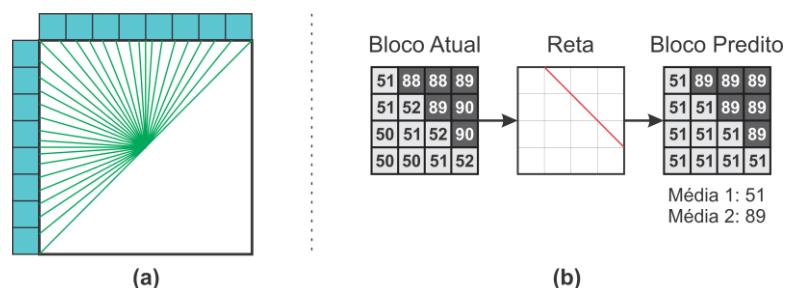


Figura 1 – Modos de predição Intra-quadro. (a) Modos Angulares. (b) Modo DMM-1.

O modo DMM-1 foi desenvolvido para trabalhar exclusivamente com mapas de profundidade. Este modo busca dividir o bloco em 2 regiões por uma única reta, e então utiliza apenas um único valor pra representar todas as amostras de cada região. O funcionamento desse modo é exibido na Figura 1-(b), onde é exibido: o bloco a ser codificado; a reta sendo avaliada que foi traçada da borda superior até a borda direita; e também o bloco predito, onde todas as amostras de cada região são compostas pela média das amostras do bloco atual. Na Figura 1-(b) é exibido a avaliação da reta ideal para dado bloco a ser codificado. Contudo, o DMM-1 possui até 1908 retas que podem ser utilizadas e precisam ser avaliadas, o que torna o DMM-1 a etapa mais complexa da predição Intra-quadro do 3D-HEVC.

A compressão dos dois canais de informação (Textura e mapa de profundidade) é feita separadamente. Porém, é possível compartilhar informação entre estes dois canais de forma a obter uma codificação mais eficiente. Neste trabalho, focamos no compartilhamento de informações entre os modos angulares e o modo DMM-1, visando reduzir a complexidade da avaliação de cada um destes modos. Além disso, devido a necessidade de atingir a codificação do vídeo em tempo real, as aplicações que necessitam destas ferramentas comumente as empregam através de *hardware* dedicado. Sendo assim, apresentamos uma implementação de *hardware* do compartilhamento de informações proposto.

2. METODOLOGIA

Para padronizar os ângulos dentre os modos angulares e o modo DMM1, o número de retas do modo DMM1 foi reduzido de 1908 para apenas 33 retas, sendo mantidas as 33 retas que possuem o mesmo ângulo que os 33 modos angulares.

Conforme mencionado, os canais da textura e do mapa de profundidade são codificados individualmente, porém é possível compartilhar informações dentre estes canais. O compartilhamento de informação entre os 3 primeiros blocos dos dois canais é representado na Figura 2. Enquanto na Figura 2-(a) é representado o caso onde a textura foi codificada antes do mapa de profundidade, na Figura 2-(b) é representado o caso em que o mapa de profundidade foi codificado antes da textura.

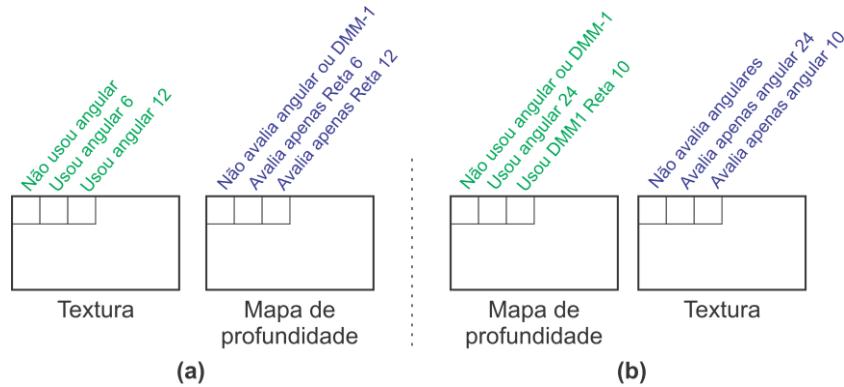


Figura 2 – Compartilhamento de ângulos entre canais

Conforme pode ser visto na Figura 2, inicialmente é avaliado todos os modos permitidos pelo canal e então armazenado o ângulo que foi utilizado em cada um dos blocos (informação representada em verde na Figura 2). Após, no segundo canal sendo codificado, pra cada um dos blocos é avaliado apenas o mesmo ângulo que foi utilizado no primeiro canal, sendo estas decisões representadas em azul na Figura 2. Dessa forma, os modos avaliados no segundo canal sofram

uma grande redução de complexidade, o que também acarreta em uma grande redução no consumo de energia da arquitetura desenvolvida.

A arquitetura de hardware desenvolvida possui uma unidade de controle, responsável pelo sincronismo dentre as diferentes máquinas e também pelas decisões e desligamento dos modos não utilizados. Além disso, a arquitetura desenvolvida também possui uma unidade operativa, que é a responsável por avaliar os modos de predição sobre o bloco sendo codificado de forma a obter o melhor modo para este bloco.

O diagrama de blocos da unidade operativa é exibido na Figura 3-(b). Conforme pode ser visto na figura, essa unidade possui 17 máquinas para processamento dos modos angulares, visto que cada uma das máquinas processa 2 modos angulares sequencialmente. Cada módulo processa o bloco predito linha a linha ou coluna a coluna. Um exemplo de processamento do modo angular é exibido na Figura 3-(c), que exibe o processamento do modo angular 23. Para processar cada coluna deste modo, cada amostra é computada baseado na média ponderada de duas amostras dos blocos vizinhos, respeitando a direção da reta representada em verde.

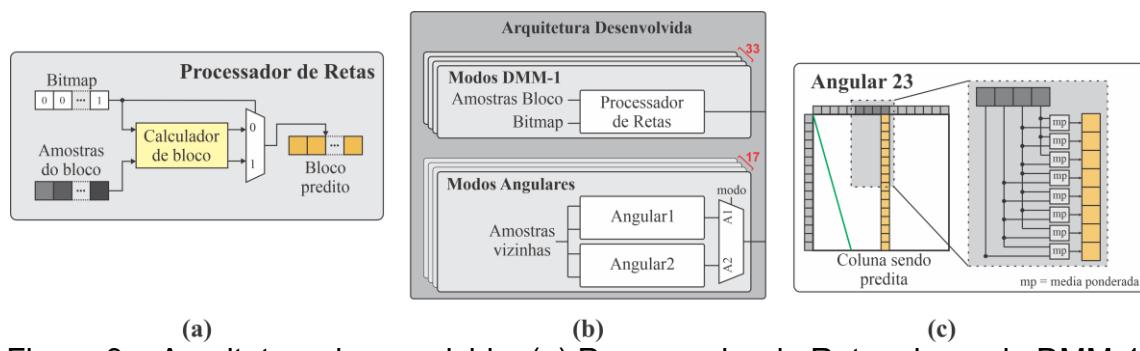


Figura 3 – Arquitetura desenvolvida. (a) Processador de Retas do modo DMM-1. (b) Diagrama de alto nível da arquitetura desenvolvida. (c) Processamento do modo angular 23.

Pela Figura 3, é possível ver também que a unidade operativa possui 33 unidades para o processamento de retas DMM1, uma para cada uma das retas a ser avaliada. Para avaliar cada reta, cada unidade possui um módulo calculador de bloco, conforme exibido na Figura 3-(a). Esse módulo recebe as amostras do bloco sendo codificado e também o *bitmap*, que contempla a informação de particionamento da reta sendo processada. Com essa informação, o calculador de bloco calcula a soma e o número de amostras de cada região, para assim obter a média das amostras de cada região. As médias obtidas são então utilizadas para compor o bloco predito.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A arquitetura foi desenvolvida na linguagem VHDL, e sintetizada para ASIC utilizando a ferramenta Cadence RTL Compiler para a biblioteca de 40nm da TSMC. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela I, juntamente com outros trabalhos da literatura propondo arquiteturas para a etapa Intra-quadro.

Conforme pode ser visto na Tabela I, os demais trabalhos da literatura implementam diferentes modos da predição intra-quadro. Estes trabalhos requerem uma menor quantidade de recursos computacionais, além de atingir um menor consumo de energia do que a solução proposta. Contudo, deve ser salientado que a arquitetura proposta é capaz de processar ambos os canais de

informação, enquanto que os trabalhos da literatura consideram apenas o processamento dos mapas de profundidade.

Tabela 1: Resultados da arquitetura desenvolvida e de outros trabalhos da literatura.

| | Sanchez (2017) | Ucker (2020) | Arquitetura Desenvolvida |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Modos Intra-quadro | DMM-1, DMM-4 | Planar, DC, DIS, H, V, DMM-1 DMM-4 | Angulares, DMM-1 |
| Canais de informação | Mapas de Profundidade | Mapas de Profundidade | Mapas de Profundidade, Textura |
| Tecnologia | 65nm | Nangate 45nm | TSMC 40nm |
| Area Total | 211,9 k | 486,8 k | 23.387,2 k |
| Potência 1080p@30fps | 166,5 mW (1 view) | 41,57 (9 views) | 914,2 mW (3 views) |

A versão completa deste trabalho visa a publicação em um journal, implementando não apenas os modos angulares e DMM-1, mas também outros modos da predição Intra-quadros, e com mais estratégias de redução de complexidade e de compartilhamento de informações entre os canais, contemplando assim uma arquitetura para todos os modos de predição intra-quadros do 3D-HEVC. Para este trabalho completo, resta ainda a implementação da arquitetura dos demais modos de predição, e a avaliação da eficiencia da codificação de vídeos 3D de todas as estratégias propostas, de compartilhamento de informações entre canais e de redução de complexidade dos demais modos.

4. CONCLUSÕES

Este é o primeiro trabalho da literatura propondo o compartilhamento da informação de angulo escolhido entre os modos angulares e o DMM-1, além de ser o único trabalho focado no processamento de ambos os canais de informação.

A arquitetura de *hardware* apresentada implementa duas etapas da predição Intra-quadro do 3D-HEVC, porém o trabalho completo visa a implementação de uma arquitetura para todos os modos de predição Intra-quadro do 3D-HEVC.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ITU-T. H.265 High Efficiency Video Coding. Recommendation ITU-T, 2013.

SANCHEZ, G., MARCON, C., AGOSTINI, L. Real-time scalable hardware architecture for 3D-HEVC bipartition modes. *Journal of Real-Time Image Processing* 13, pp. 71–83, 2017.

TECH, G. et al. Overview of the Multiview and 3D Extensions of High Efficiency Video Coding. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 26, no. 1, pp. 35-49, Jan. 2016.

UCKER, M. et al. High-Throughput Hardware for 3D-HEVC Depth-Map Intra Prediction. *IEEE Design & Test*, vol. 37, no. 3, pp. 7-14, Jun. 2020.