

## AVALIAÇÃO DE FERRAMENTAS DO CODIFICADOR AV1 PARA INTERPOLAÇÃO DE PIXELS NA PREDIÇÃO INTER-QUADROS FRACIONÁRIA

PATRICK ROSA<sup>1</sup>; DAIANE FREITAS<sup>2</sup>; LEONARDO MULLER<sup>3</sup>;  
GUILHERME CORREA<sup>4</sup>; DANIEL PALOMINO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – psdrosa@inf.ufpel.edu.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – dffreitas@inf.ufpel.edu.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – llmuller@inf.ufpel.edu.br

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – gcorrea@inf.ufpel.edu.br

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – dpalomino@inf.ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Com a pandemia de Covid-19, as pessoas se tornaram ainda mais dependentes da tecnologia e de serviços conectados à Internet para realizar suas tarefas diárias. Um estudo do *Global Web Index* indica que, em janeiro de 2022, o usuário típico passou aproximadamente 7 horas por dia conectado à Internet (Datareportal, 2022). Além disso, cerca de 92% dos usuários de conteúdo online acessam a Internet por meio de dispositivos móveis (GWI, 2022). Portanto, com base nessa tendência, especialistas estão desenvolvendo soluções mais eficientes para a compressão desses vídeos.

Um dos mais novos codificadores de vídeo é o *Alliance for Open Media Video 1* (AV1), lançado em 2018. O AV1 aumenta a eficiência da compressão em 30% a 40% em comparação com seus predecessores, como o codec VP9 do Google e o padrão *High-Efficiency Video Coding* (HEVC) (AOMedia, 2018). Em resumo, os filtros de interpolação são ferramentas essenciais para o desempenho de um codificador de vídeo (Mukherjee et al., 2013). Além disso, a complexidade aumenta com a adoção do esquema de filtragem adaptativa. Esse recurso, incluído no VP9 e refinado no AV1, é aplicado à estimativa de movimento (ME) e à compensação de movimento (MC) (Han et al., 2020). Nesse esquema, o AV1 permite o uso de 75 filtros de interpolação diferentes para gerar amostras de pixel fracionárias. Além disso, por padrão, a codificação AV1 adota a ferramenta *dual filter*, que permite a adoção de diferentes filtros de interpolação nas direções horizontal e vertical.

Este artigo tem como objetivo apresentar uma análise das ferramentas no software de referência do codificador AV1 que são relevantes para o processo de interpolação de amostras de pixel inteiro.

### 2. METODOLOGIA

Este artigo propõe três experimentos voltados à avaliação das ferramentas relevantes para a etapa de predição entre quadros do codec AV1. Para realizar os testes, foi adotada a metodologia descrita a seguir.

Os testes utilizaram sequências de vídeo em três resoluções diferentes (HD, FULL HD e UHD 4K), seguindo os parâmetros de codificação do modo *Random Access* da AOM. Os níveis de qualidade recomendados (CQ) para a codificação AV1 foram 20, 32, 43 e 55.

Na primeira investigação, avaliou-se a ferramenta *dual filter*, ativada e desativada, para calcular o BD-Rate e BD-PSNR, métricas baseadas na Diferença de Bjøntegaard (Bjøntegaard, 2001), a fim de medir seu impacto na eficiência de codificação. Foram utilizadas 24 sequências de vídeo, com um limite de 60 quadros para cada codificação, totalizando 192 codificações.

O segundo experimento analisou a preferência na escolha de filtros de interpolação nas direções horizontal e vertical, utilizando o decodificador AV1 para obter resultados a partir do bitstream. Oito vídeos foram analisados, com um limite de 30 quadros, totalizando 32 decodificações.

O terceiro teste focou na complexidade da interpolação no AV1, considerando tanto o tempo de codificação quanto a complexidade da interpolação. Testes foram realizados com a codificação padrão e com o *dual filter* ativado e desativado, investigando a variação no tempo de codificação para cada nível de CQ. A ferramenta *Gprof* (GPROF, 2009) foi utilizada para extrair dados sobre o tempo de execução da interpolação, embora a análise tenha sido dificultada pelo grande número de funções no *libaom*, resultando em aproximações nos dados obtidos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira análise avaliou o desempenho do codificador AV1 em relação à ferramenta de *dual filter*. Os resultados médios, apresentados na Tabela 1, indicam que, com o *dual filter* desativado, houve um aumento na taxa de bits quando considerada a mesma qualidade de imagem. Na resolução UHD 4K, o aumento foi de 0,81%, a maior perda na eficiência de compressão.

Para Full HD, o aumento foi de aproximadamente 0,35%. Na HD, a diferença entre a codificação de referência e a codificação de teste foi a menor, com uma média geral de 0,2895% de aumento na taxa de bits quando considerada a mesma qualidade de imagem.

Quanto à variação em PSNR (dB), a média geral foi de -0,038 para todas as resoluções, quando considerada a mesma taxa de bits. Isso sugere que as taxas de compressão se mantiveram estáveis, o que pode não justificar a complexidade adicional da filtragem em duas direções no *libaom*. No entanto, alguns vídeos apresentaram perdas significativas na eficiência de compressão quando a ferramenta foi desativada.

Tabela 1: Resultados BD-Rate e BD-PSNR (média para todos os vídeos).

Resolução	BD-Rate (%)	BD-PSNR (dB)
HD	0,0003	-0,0737
FULL HD	0,3545	0,0690
UHD 4K	0,8110	-0,1100

O segundo experimento investigou a escolha dos filtros *Regular*, *Smooth* e *Sharp* no codificador AV1. Na direção horizontal, os resultados mostraram que, na resolução HD, o filtro *Regular* foi o mais escolhido, com 83,23% de uso no CQ 55.

O filtro *Sharp* teve maior uso no CQ 20, com 42,13%, enquanto o *Smooth* teve apenas 1,72%. Para a resolução FULL HD, o filtro *Regular* foi escolhido 97,96% das vezes no CQ 55, com o filtro *Sharp* alcançando apenas 0,06%. Na UHD 4K, o filtro *Regular* foi utilizado 99,83% do tempo no CQ 55, enquanto o *Smooth* foi preferido em 10,47% das escolhas no CQ 20. De modo geral, o filtro *Regular* teve uma preferência de 80,46% na direção horizontal, com os filtros *Sharp* e *Smooth* utilizados em 15,65% e 3,9%, respectivamente.

Na direção vertical, o filtro *Regular* também se destacou, sendo escolhido 96,52% das vezes na resolução HD para o CQ 55. O filtro *Sharp* caiu de 26,46% no CQ 20 para 3,38% no CQ 55, enquanto o *Smooth* apresentou uma taxa de uso de 2,5%. No FULL HD, o filtro *Regular* foi utilizado em 98,44% das vezes no CQ 55, com menor uso no CQ 32. Na UHD 4K, o filtro *Regular* dominou as escolhas verticais, com o filtro *Sharp* não sendo utilizado em nenhuma escolha. No total, o filtro *Regular* foi escolhido 89,5% das vezes na direção vertical, enquanto o *Sharp* e o *Smooth* tiveram 8,71% e 1,79% de uso, respectivamente.

O terceiro experimento traz análise do tempo de execução, na resolução HD, a predição inter-quadros consome em média 61,17% do tempo total de codificação, e esse tempo diminui com o aumento do CQ. A busca pelos filtros de interpolação representa 11,66% do tempo total de codificação para CQ 20, caindo para 3,18% em CQ 55. Dentro da predição inter quadros, até 18,73% do tempo pode ser gasto na busca pelos filtros, que também diminui com o aumento do CQ.

Para a resolução FULL HD, a predição inter quadros consome 57,71% do tempo total, com a busca por filtros alcançando 12,95% do tempo de codificação, que se reduz para 2,71% à medida que o CQ aumenta.

Nos vídeos UHD 4K, a predição inter quadros é ainda mais significativa, alcançando 68,4% do tempo total de execução no CQ 20, mas apresentando a menor taxa em CQ 55 em comparação com outras resoluções. A busca pelos filtros representa 21,42% do tempo total de execução, e, em média, 31,32% do tempo da predição inter quadros é dedicado à busca pelos filtros de interpolação.

Em resumo, a predição inter-quadros é uma etapa crucial em todas as resoluções, e a eficiência da busca por filtros melhora com níveis de qualidade

mais altos, embora ainda represente uma parte significativa do tempo de codificação.

#### 4. CONCLUSÕES

Este resumo avaliou as ferramentas do codificador AV1 para a interpolação de amostras de pixel para a predição inter-quadros fracionária, focando na eficiência de compressão e no custo computacional. Os resultados mostraram que a ativação da ferramenta *dual filter* aumenta a eficiência de codificação em 0,81% para vídeos em UHD 4K, mas o ganho médio em todas as resoluções é modesto, questionando a justificativa para sua adoção generalizada. Além disso, observou-se uma forte preferência pelo filtro *Regular*, com 80,46% das escolhas na direção vertical e 89,5% na horizontal. Em resoluções 4K, cerca de 21,42% do tempo de codificação é gasto na escolha dos filtros de interpolação da predição inter-quadros fracionária.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOMedia. (2020) Youtube and netflix announce availability of reference AV1 decoder for xbox one platform. [Online]. Available: <https://aomedia.org/>

BJONTEGAARD, G. **Calculation of average PSNR differences between RD-curves**. VCEG Meeting, [https://www.itu.int/wftp3/av-arch/video-site/0104\\_Aus/VCEG-M33.doc](https://www.itu.int/wftp3/av-arch/video-site/0104_Aus/VCEG-M33.doc), 2001.

Datareportal. **"Digital 2022: time spent using connected tech continues to rise"**, 2022.

GWJ, **"The biggest social media trends for 2022,"** pp. 1–43, 2022.

D. Mukherjee, J. Han, J. Bankoski, R. Bultje, A. Grange, J. Koleszar, P. Wilkins, and Y. Xu, **"A technical overview of VP9—the latest open-source video codec," in SMPTE 2013 Annual Technical Conference & Exhibition**. SMPTE, 2013, pp. 1–17.

J. Han, B. Li, D. Mukherjee, C.-H. Chiang, C. Chen, H. Su, S. Parker, U. Joshi, Y. Chen, Y. Wang, P. Wilkins, Y. Xu, and J. Bankoski, **"A technical overview of AV1,"** 2020.

A. for Open Media. (2018) **Alliance for Open Media**. [Online]. Available: <https://aomedia.googlesource.com/aom>

GPROF, **"gprof(1) - Linux man page,"** <https://linux.die.net/man/1/gprof>, 2009.