

AVALIAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO FILTRO ALF BASEADO NO CODIFICADOR DE VÍDEOS HEVC

RUHAN CONCEIÇÃO¹; ÂNDRIO ARAÚJO¹; BRUNO ZATT¹;
MARCELO PORTO¹; LUCIANO AGOSTINI¹

¹Universidade Federal de Pelotas – Grupo de Arquitetura e Circuitos Integrados (GACI)
{radconceicao,afdcampos,zatt,porto,agostini}@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma crescente popularização de dispositivos capazes de gravar, armazenar e reproduzir vídeos digitais; como por exemplo, pode-se destacar os smartphones, *tablets*, *Blu-ray players*, câmeras digitais, etc. Ao passo que há esta popularização destes dispositivos, as resoluções suportadas por eles vêm juntamente crescendo através destes últimos anos. Como exemplo de resolução além das atualmente encontradas no mercado, podemos destacar a resolução *Ultra High Definition 8K* (UHD8K - 7680x4320 pixels), a qual provavelmente será suportada pelos dispositivos em geral dentro de alguns anos.

Embora o aumento na resolução aumente a qualidade subjetiva de imagem, quando não comprimidos, os vídeos digitais necessitam de uma quantidade proibitiva de bits para serem representados (Salomon, 2007). Desta forma, é notável a importância de técnicas eficientes capazes de reduzir este montante de informação. Neste contexto, está inserida a codificação de vídeos, a qual visa reduzir de forma expressiva o montante de bits necessários para a representação dos mesmos, incidindo em uma perda aceitável, ou até mesmo imperceptível, na qualidade de imagem.

A fim de justificarmos a necessidade da codificação de vídeos com dados concretos, vamos considerar um vídeo com resolução HD1080p (1920x1080 pixels), utilizando 24 bits para representar numericamente cada pixel (três amostras de cores de 8 bits por pixel). Assim, em cada quadro HD1080p existem 2.073.600 pixels, resultando em 49.766.400 bits para representá-lo. Considerando uma taxa de processamento de 30 quadros por segundos, para reproduções em tempo real seria necessário uma taxa de transmissão de aproximadamente 1,49 Gbps no canal de comunicação. Um vídeo com duração total de 10 minutos utilizaria um espaço de armazenamento de 112 GB. Para vídeos com resolução *Ultra High Definition 4K* (UHD4K - 3840x2160 pixels), que possuem um número de pixels quatro vezes maior que a resolução HD1080p, estes valores sobem para 6Gbps e 448 GB respectivamente. Estes valores mostram que aplicações práticas reais que utilizam vídeos digitais seriam inviáveis sem o uso de técnicas de compressão.

O estado da arte em codificação de vídeos é o padrão *High Efficiency Video Coding* (HEVC) (ITU, 2013). Este padrão foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores denominado *Joint Collaborative Team on Video Coding* (JCT-VC) (JCT-VC, 2014), composto por renomados pesquisadores da ITU-T e ISO/IEC. Entre as principais metas iniciais do HEVC, destacavam-se dobrar a taxa de compressão, quando comparado ao seu antecessor, o padrão H.264/AVC (RICHARDSON, 2003), e manter a mesma complexidade computacional. Entretanto, durante o desenvolvimento do HEVC, este segundo objetivo tornou-se inviável devido às técnicas algorítmicas empregadas para viabilizar as altas taxas de compressão. Somando-se aos objetivos apontados acima, a eficiência em termos de compressão de vídeo do padrão H.264/AVC é reduzida para vídeos

com resolução superior ao HD1080p. Desta forma, o HEVC foi desenvolvido tanto para atingir melhores resultados em resoluções até HD1080p, quanto para ser eficaz ao codificar vídeos com resoluções até o UHD8K (SULLIVAN; et-al, 2014).

A Figura 1 apresenta os módulos presentes nos padrões atuais de codificador de vídeo. Dentre os módulos que compõe um codificador de vídeos, está presente o módulo de Filtragem. Este módulo, nas versões iniciais do HEVC era composto pelo *Deblocking Filter* (DF), *Sample Adaptive Offset* (SAO) e o *Adaptive Loop Filter* (ALF), sendo este último foco deste trabalho.

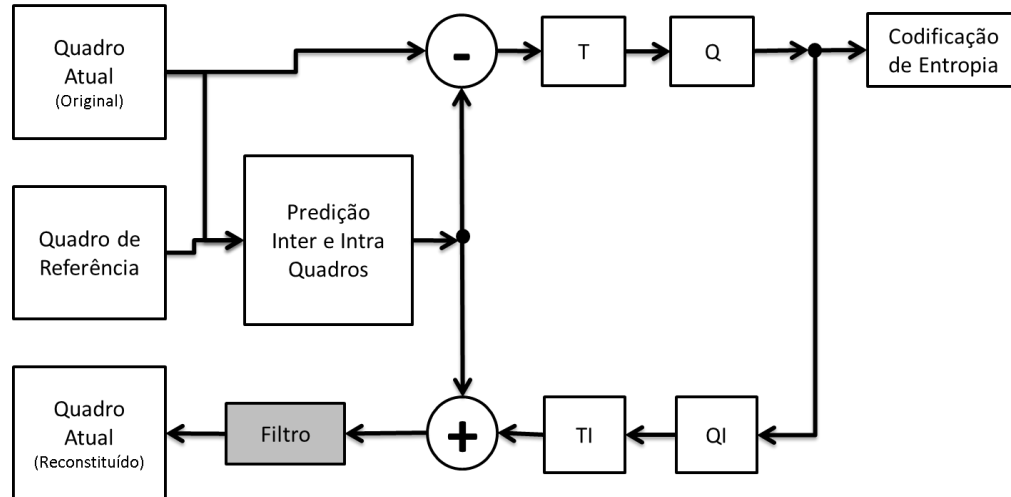


Figura 1. Diagrama de blocos de um codificador de vídeos genérico.

A fim de reduzir o erro, tanto nas imagens visualizadas pelo telespectador, assim como nas utilizadas como quadros de referência, as técnicas de filtragem ALF foram propostas. Este filtro é aplicado tanto nos pixels das bordas de bloco quanto nos pixels centrais. Basicamente, o filtro ALF emprega as técnicas utilizadas pelo filtro de *Wiener*. Uma vez que o processo de filtragem do ALF é em laço, quando processado, o resultado do filtro é propagado para as imagens seguintes utilizadas na estimação de movimento, resultando em menos erros necessários para serem filtrados quando comparado com uma abordagem de pós-filtragem.

O filtro ALF, na versão 8.0 do HEVC, foi removido do projeto devido a sua alta complexidade computacional. Porém, este filtro poderá ser empregado em extensões futuras do HEVC, tal como o 3D-HEVC, ou até mesmo em padrões futuros de codificação de vídeos. Desta forma, estudos sobre esta técnica de filtragem ainda são relevantes para a comunidade da área.

Este artigo visa, primeiramente, fazer uma comparação entre os resultados gerados pela codificação de vídeos através do uso e do não uso do filtro ALF. Além disso, tendo em vista que o ALF utiliza várias operações em ponto-flutuante, sendo estas muito complexas e custosas quando implementadas em hardware, simplificou-se estas operações para inteiros e verificaram-se também os resultados obtidos.

2. METODOLOGIA

Primeiramente, estudou-se o funcionamento do filtro ALF em suas diferentes implementações. Devido à menor complexidade do ALF na versão 5.0 do software de referência, utilizou-se esta versão para efetuar as avaliações algorítmicas do mesmo.

Através do software de referência, codificaram-se diversos vídeos com resoluções diferentes sem o uso do filtro ALF. Posteriormente, repetiu-se o processo com o uso do ALF, verificando-se a diferença nos resultados de codificação quando comparado com o primeiro conjunto de testes.

Visto que o filtro ALF utiliza diversas operações com números em ponto flutuante, e estas são altamente custosas em hardware, experimentou-se tornar estas operações inteiras no código. Assim, o mesmo conjunto de vídeos foram codificados e, os resultados obtidos, foram armazenados.

Cada vídeo do conjunto de vídeos foi codificado com quatro parâmetros de quantização (*quantization parameter* – QP) diferentes, sendo eles: 22, 27, 32 e 37. Basicamente, aumentar o QP significa aumentar a taxa de compressão, entretanto com ônus na qualidade de imagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre os conjuntos de testes foi feita utilizando-se a métrica BD-Rate. Em suma, este valor apresenta a quantidade de informação necessária a ser acrescida em um vídeo para manter a mesma qualidade objetiva de imagem, dado um tipo qualquer de alteração.

A Tabela 1 mostra a comparação entre o ALF original sendo utilizado no processo de codificação com o ALF não sendo utilizado. A versão que utiliza este filtro foi considerada como original, desta forma, valores positivos de BD-Rate significam que deve-se aumentar a quantidade de informação necessária ao se “desligar” o filtro ALF a fim de manter a mesma qualidade objetiva de imagem.

Tanto a Tabela 1 quanto a Tabela 2 utilizam os mesmos vídeos, numerados de 1 (um) a 13 (treze) como segue: *Blowing Bubbles* (1), *BQ Square* (2), *Race Horses* (3), *Basketball Drill* (4), *Basketball Drill Text* (5), *Vidyo1* (6), *Vidyo3* (7), *Vidyo4* (8), *Cactus* (9), *Kimono* (10), *People on Street* (11), *Steam Locomotive Train* (12) e *Traffic* (13).

Tabela 1. Variação no BD-rate com a remoção do filtro ALF

Resolução	427x240			640x480		1280x720			1920x1080		2560x1600p		
Vídeo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BD-Rate	0,62	7,3	1,82	1,52	1,4	2,65	5,84	3,15	3,37	3,15	5,06	7,35	3,31

Como podemos ver, em todos os vídeos codificados houve um BD-Rate positivo, mostrando que em todos os casos apresentado a remoção do filtro ALF trouxe uma perda para o processo de codificação. No pior caso, quando se desabilita o ALF, é necessário aumentar em 7,35% a taxa de bits necessários na representação do vídeo para se manter a mesma qualidade objetiva de imagem.

A Tabela 2 mostra a comparação entre o ALF original sendo utilizado no processo de codificação com o ALF utilizando operações inteiras. A versão que utiliza filtro sem alterações foi considerada como original, desta forma, valores positivos de BD-Rate significam que é necessário aumentar a quantidade de informação do vídeo codificado para manter a mesma qualidade objetiva de imagem.

Tabela 2. Variação no BD-Rate com o uso do ALF modificado

Resolução	320x240			640x480		1280x720			1920x1080		2560x1600p		
Vídeo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BD-Rate	0,02	0	1,11	0,01	4,62	0,13	0,03	0,07	-0,3	0,14	-0,04	0,03	0,07

É possível perceber que a diferença causada pela modificação foi bem menos expressiva do que a simples remoção do filtro. Além disso, em alguns casos esta modificação acaba apresentando resultados melhores que a solução original.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma avaliação objetiva sobre os ganhos obtidos no processo de codificação de vídeos através do uso do filtro ALF. Além disso, foi apresentado uma simplificação visando reduzir o esforço computacional. Os resultados gerados com estas modificações também foram comparados com a implementação original do ALF.

Primeiramente, os resultados demonstraram que o ALF traz ganhos expressivos no processo de codificação de vídeos. No pior caso, ao se desativar o ALF, torna-se necessário aumentar em 7,35% a quantidade de informação armazenada para se manter a mesma qualidade objetiva de imagem. Além disso, quando se simplificando o ALF, este apresenta, em suma, resultados satisfatórios.

Espera-se futuramente buscar novas otimização algorítmicas para o filtro ALF, além de efetuar a implementação em hardware do mesmo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SULLIVAN, G.J.; et-al, T. Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, v.22, n.12, p. 1649 - 1668, 2012.

Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC). **JCT-VC Document Management System**. 28, julho, 2016. Online. Disponível em: <http://phenix.int-evry.fr/jct/>

International Telecommunication Union (ITU). **ITU-T Recommendation H.265: High Efficiency Video Coding, Audiovisual and Multimedia Systems**, abril 2013. Online. Disponível em: <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.265-201304-I>

RICHARDSON, I. **H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-Generation Multimedia**. Chichester: John Wiley and Sons, 2003.