

Avaliação de Eficiência do Codificador HEVC do Chipset Qualcomm SM7325 na Compressão de Nuvens de Pontos Dinâmicas

Jolene da Silva Justin, Vitor Costa, Gustavo Rehbein, Marcelo Porto
Universidade Federal de Pelotas – Video Technology Research Group (ViTech)
{jolene, vscosta, ghrehbein,porto}@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A popularização no mercado de dispositivos que capturam dados em três dimensões em formato de Nuvem de Pontos, como os sensores Lidar presentes em carros autônomos e dispositivos de realidade virtual, como o Apple Vision Pro, leva a captura e armazenamento de muitas imagens em formato de Nuvem de Pontos.

Sem compressão, esses dados capturados se tornam exponencialmente grandes em relação aos dados de vídeo e imagens bidimensionais sem compressão. Isso é causado em grande parte pelos dados extras que precisam ser considerados e armazenados em um sistema de Nuvem de Pontos comparado a uma imagem bidimensional, como a posição de cada porção em três dimensões.

Logo, fabricantes desses dispositivos precisam considerar a quantidade elevada de dados a serem processados pelos seus algoritmos, fazendo decisões e trabalhando dentro das limitações impostas por uma throughput de dados tão alta. Para melhor armazenar e processar esses dados, se tornou necessário a criação de sistemas para armazenar os resultados das capturas em um formato mais eficiente em seu uso de espaço.

O Video-based Point Cloud Compression (V-PCC) (GRAZIOSI et al., 2020), a implementação mais utilizada para codificação desses dados, utiliza de várias streams no formato gerado pelo codificador High Efficiency Video Coding (HEVC) (SULLIVAN et al., 2012) para a codificação das Nuvens de Pontos, utilizando da implementação de software referência HEVC Test Model (HM).

No entanto, softwares de codificação como o HM tem um custo elevado de tempo e processamento para transformar os dados de origem em um formato final mais comprimido. Levando isso em conta, vários dispositivos modernos, como o Chipset Qualcomm SM7325, possuem um codificador dedicado para isso em hardware, feito para permitir a codificação em tempo real com menor custo de processamento.

Considerando que a implementação do V-PCC usa codificadores de software em suas configurações base e a maioria dos dispositivos modernos implementa alguma forma de codificador em hardware, esse artigo apresenta os resultados observados quando utilizado o V-PCC com um codificador dedicado em Hardware.

2. METODOLOGIA

A primeira etapa da pesquisa foi a seleção de 5 Nuvens de Pontos referência para serem utilizadas na comparação. Foram utilizadas as cinco sequências de teste disponibilizadas nas Condições Comuns de Teste do V-PCC (MPEG, 2020), as quais são: "Longdress", "Loot", "Queen", "RedAndBlack" e "Soldier".

Essas sequências de teste de nuvens de pontos dinâmicas foram comprimidas com o software de referência do V-PCC, mpeg-tcc-tmc2, na versão 22.1 (MPEG, 2023). O software de referência do V-PCC utiliza o padrão HEVC como default para a compressão dos substreams de vídeo, para isso, o software de referência do HEVC, o HM na versão 16.20+SCM-8.8 (J.V.E.T., 2023), é utilizado com seus parâmetros default. Os resultados de referência então foram coletados e, utilizando das ferramentas do HM, tiveram seus parâmetros de PSNR e bitrate final mapeados em uma planilha.

Como segunda etapa, foi instalado e configurado em um dispositivo Poco X5 Pro, em configurações de fábrica, o aplicativo Termux, que permite a execução nativa de aplicações de linha de comando dentro do sistema Android. Utilizando o Termux, foram movidos para a memória interna do dispositivo todos os dados referência sem compressão em formato .yuv, que foram então processados pelo FFmpeg, na versão 6.1.2 (FFMPEG, 2024), incluído nos repositórios do aplicativo. Para acessar o codificador de hardware do sistema, o FFmpeg utilizou a API MediaCodec, fazendo interface direta com o codificador HEVC em hardware presente no dispositivo.

No processo de Codificação, foram utilizados dos vários parâmetros fornecidos pela aplicação FFmpeg, para obter os resultados ideais para o chipset em análise. Dentro desses, foi controlado o tipo de controle de taxa, foi encontrado que o modo de taxa fixa, ou modo "3" do parâmetro "-bitrate_mode" era o único que conseguiu obter resultados de bitrate similares ao codificador de referência.

O parâmetro '-b:v', seguido da taxa de bits desejada, foi utilizado para aproximar a taxa de bits final aos resultados observados no codificador de referência, afim de obter dados sobre a diferença de PSNR, e o BD-Rate final. Completado a etapa de codificação, foram obtidos dados sobre os resultados, como PSNR e Bitrate final.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta uma comparação de PSNR e Bitrate em forma de uma curva com pontos em uma matriz, cada ponto sendo referente a uma taxa de bits alcançada pelo V-PCC, de 1 a 5, que depois foi utilizada como base para a codificação pelo Mediacodec. Como parte da codificação, tentou-se aproximar ao máximo os bitrates de origem com os bitrates de saída, logo é possível isolar quaisquer pontos na escala bitrate para fazer uma comparação de PSNR.

A curva Baseline apresenta-se maior na escala vertical, ou seja, PSNR, para qualquer ponto comparado no gráfico, logo o V-PCC com o HM se mostra novamente superior em questão de qualidade subjetiva PSNR para qualquer uma das taxas de bits utilizada na codificação. A Figura 1 também apresenta o BD-Rate médio total de 226.64%, novamente comprovando que para obter uma qualidade similar, o codificador de hardware precisa de uma taxa de bits significantemente elevada.

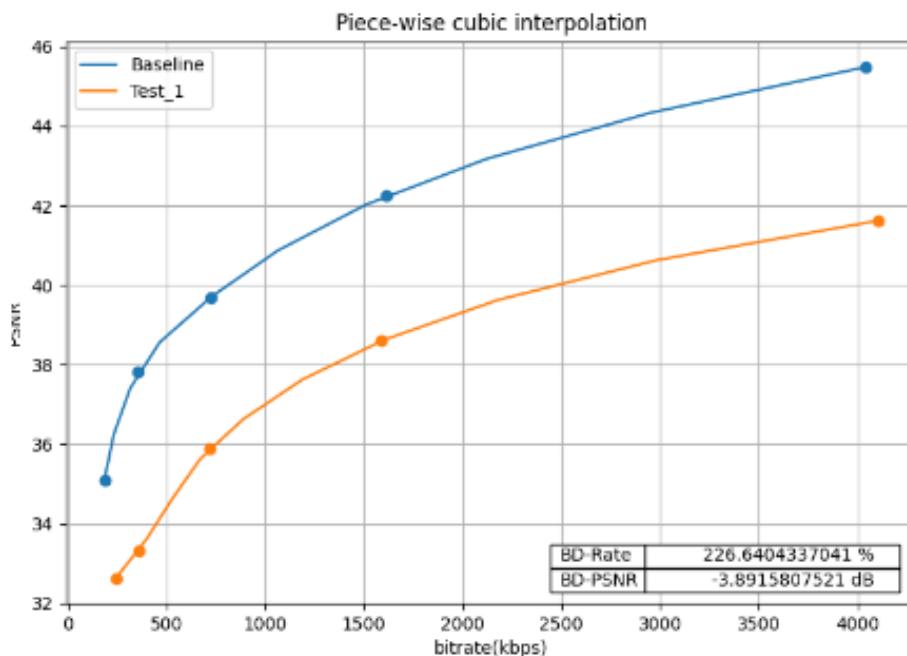


Figura 1: Comparação Entre a Média de Diferentes Bitrates e a Média de Diferentes Valores PSNR Desses Bitrates Entre a Origem e Caso Teste

Os resultados observados, são constantes com o conhecimento de que o objetivo de um codificador de hardware precisa fazer várias decisões menos ideais para manter o tempo de codificação estável, assim custando a qualidade.

A Tabela I apresenta uma comparação dos frames dos vídeos de referência, com os frames finais, utilizando duas métricas: BD-PSNR e BR-Rate (BJONTEGAARD, 2001). A métrica BD-Rate usa de uma fórmula matemática para calcular a perda de qualidade em graus de PSNR, caso a taxa de bits fosse igual no caso origem e o caso final. Já a métrica BD-Rate, utilizada na Tabela I, define a diferença percentual de taxa de bits necessária, caso fosse objetivo alcançar a qualidade subjetiva original com o codificador testado. Para estes cálculos, são utilizados os valores de PSNR e taxa de bits obtidos para cada um dos 5 pontos de taxa de operação avaliados, tanto no V-PCC quanto no mediacodec.

Tabela I: BD-Rate e BD-PSNR dos Resultados

| | BD-PSNR (dB) | BD-Rate (%) |
|-------------|--------------|-------------|
| Longdress | -2,8519 | 132,86 |
| Loot | -3,5464 | 245,52 |
| Queen | -3,1985 | 172,12 |
| RedAndBlack | -3,8518 | 156,22 |
| Soldier | -5,0566 | 368,25 |

Levando em consideração o BD-Rate (BJONTEGAARD, 2001) (Métrica que julga a variação de bitrate oferecida por um algoritmo quando mantida a mesma qualidade), destacada na Tabela I, é possível notar que em todos resultados

houve um grande aumento da taxa de bits para manter a mesma qualidade final. Ou seja, isolando somente a qualidade, o HM é superior em todos os casos, se comparado ao codificador de hardware presente no chipset Qualcomm SM7325. Isso é esperado, afinal eles possuem propósitos finais diferentes, a qualidade sendo menos importante para o codificador de hardware do que manter um tempo constante por codificação de frame.

O BD-PSNR (BJONTEGAARD, 2001) encontrado na Tabela II, possui valores similares à variação média de PSNR da Tabela I, afinal o BD-PSNR serve para quantificar a diferença de PSNR, ou qualidade subjetiva, caso a bitrate inicial e final forem idênticas. Em todos os casos, novamente o HM se mostra superior.

4. CONCLUSÕES

Esse artigo apresentou uma avaliação da eficiência e qualidade subjetiva do codificador HEVC presente no chipset Qualcomm SM7325, no contexto da compressão de nuvem de pontos dinâmicas. Após a codificação inicial utilizando o software de referência do codificado de nuvens de pontos V-PCC e posterior codificação com o hardware utilizando 5 taxas de bits obtidas da codificação base, foi possível obter vários dados sobre a qualidade final das amostras de Nuvens de Pontos, quando comparado com os casos do software de referência. Os resultados mostram que as soluções de hardware atuais para codificação HEVC possuem qualidade significativamente reduzida se comparado a codificação com o software de referência. Entretanto, a perda de qualidade subjetiva se mostra menos impactante no resultado caso a taxa de bits seja elevada suficientemente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BJONTEGAARD, G. "Calculation of average psnr differences between rdcurus", **ITU SG16 Doc. VCEG-M33**, 2001
- GRASIOZI, D. O. S. A. T. A., "An overview of ongoing point cloud compression standardization activities: Video-based (v-pcc) and geometry-based (g-pcc)", **APSIPA Transactions on Signal and Information Processing**, vol 9., p. e13, 2020
- SULLIVAN, G. J. R. W. T., "Overview of the high efficiency vídeo coding (hevc) standard.", **IEEE Transactions on circuits and systems for video technology**, vol. 22, no. 12, pp 1649-1668, 2012.
- MPEG, "Video point cloud compression – vpcc - mpeg-pcc-tmc2 test model candidate software," acessado em 10 out. 2024. Online. Disponível em: <https://github.com/MPEGGroup/mpeg-pcc-tmc2/>
- J. V. E. Team, "Hm software encoder 16.2 + scm-8.8", acessado em 10 out. 2024. Online. Disponível em: https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware/tags/HM-16.20+SCM-8.8/
- FFMPEG, "Ffmpeg", acessado em 10 out. 2024. Online. Disponível em: <https://github.com/FFmpeg/FFmpeg/releases/tag/n6.1.2>