

## FERRAMENTA PARA ANÁLISE VISUAL DAS ESCOLHAS DE PREDIÇÃO EM CODIFICADORES DE NUVENS DE PONTOS

VITOR WACHHOLZ DE PINHO; CRISTIANO FLORES DOS SANTOS;  
MARCELO PORTO; GUILHERME CORREA

Universidade Federal de Pelotas – {vwdpinho, cfd santos, porto, gcorrea}@inf.ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos e a popularização dos sensores de captura 3D do tipo RGBD (vermelho - *Red*, Verde – *Green*, Azul – *Blue* e Profundidade - *Depth*), impulsionaram pesquisas relacionadas a captura e visualização de conteúdos 3D. Dentre as formas de visualização desses conteúdos, as nuvens de pontos se destacam devido ao baixo custo computacional, que possibilita a geração de conteúdos 3D em tempo real, sem a necessidade de etapas de processamento. Diferentemente das malhas (meshes) que são formas de representação 3D que necessitam de cálculos para unir vértices para gerar visualização 3D, demandando assim elevado custo computacional. As nuvens de pontos podem ser utilizadas em aplicações como: Realidade Aumentada, Realidade Virtual, Realidade Mista, mapeamento de objetos, monumentos históricos, entre outras. Uma nuvem de pontos (NP) é composta por um conjunto de pontos no espaço 3D, que constituem uma representação tridimensional. Os pontos possuem informações geométricas que são as coordenadas dos pontos num sistema ortogonal X, Y e Z e podem conter também atributos como cor. Uma representação por meio de nuvens de pontos pode conter centenas de milhares de pontos.

As nuvens de pontos, podem ser classificadas/categorizadas como: Estáticas, assim como imagens 2D, é uma captura em um instante de tempo; Dinâmicas, são constituídas por sequências temporais de nuvens de pontos estáticas, assim como vídeos; ou ainda, de aquisição dinâmica, que são capturadas durante uma navegação por meio de ambientes, sendo essas utilizadas principalmente em para mapeamento 3D de ambiente de larga escala. Nesse sentido, diante da quantidade de pontos necessários para representação de objeto aliando ao tipo de aplicação ou classificação das NPs, pode ser proibitivo a armazenamento e/ou transmissão sem a compressão.

O codec (codificador e decodificador) proposto por (MEKURIA, 2017), foi selecionado pelo MPEG (Moving Pictures Experts Group), em meados de 2017, como solução para compressão de NPs dinâmicas. Esse codec foi adotado como base para testes de novas abordagens, para que no futuro seja possível constituir um padrão para compressão de NPs.

O codec proposto por (MEKURIA, 2017), foi denominado *Point Cloud Codec* (PCC) e trata de NPs dinâmicas. Dessa forma, é explorada redundância espacial, denominada predição intra-nuvem assim como, redundância temporal, chamada predição inter-nuvs. Em especial a predição inter-nuvs, visa explorar redundância em bloco (amostra da nuvem) que não sofreu alteração de uma nuvem para outra, ou ainda, que tenha sofrido um pequeno deslocamento entre as nuvens temporalmente vizinhas. É importante destacar que, por meio da predição inter-nuvs são obtidos os maiores ganhos de compressão, visto que toda a informação do bloco pode ser substituída por um vetor de movimento.

Na predição inter-nuvens baseada em blocos, para cada bloco da NP corrente (instante de tempo  $t$ ) são pesquisados blocos que sejam redundantes (correspondentes) na NP de referência (tempo  $t-1$ ). Para esses blocos são calculados vetores de movimento, e essa informação é utilizada em substituição a todos os pontos que compreendem o bloco, possibilitando assim reduzir a quantidade de informação necessária para armazenar e/ou transmitir NPs dinâmicas. No entanto, a predição inter-nuvens é um problema em aberto devido a complexidade e ausência de métodos eficientes.

Neste sentido, este trabalho propõe uma solução que possibilita avaliar o resultado do sucesso dos blocos preditos com a predição inter-nuvens no codec proposto por (MEKURIA, 2017) de forma visual. Para isso, os blocos codificados com a predição inter-nuvens são plotados de cor diferente aos demais, como forma de destaca-los, viabilizando assim analisar a proporção de blocos inter em relação aos demais, bem como, detectar possíveis falhas na predição inter-nuvens.

## 2. METODOLOGIA

Para realização deste trabalho, foi utilizado como base o codificador PCC (MEKURIA, 2017). A solução proposta foi desenvolvida na linguagem C++ e utiliza recursos da biblioteca PCL (Point Cloud Library). Neste software foram feitas modificações na etapa de decodificação das NPs, para possibilitar visualização dos pontos preditos como inter com destaque.

O software Cloud Compare (Cloud Compare) foi utilizado com o objetivo de visualizar as nuvens de pontos alteradas pela abordagem proposta. Por meio desse software, foram geradas as imagens de saída para a geração de GIF's animados das nuvens decodificadas.

Para geração de resultados foram utilizadas quatro sequências de nuvens de pontos conforme as Condições Comuns de Teste (CTCs) (3D GRAPHICS, 2017), denominadas: Long Dress, Loot, Soldier e Red and Black. Para cada sequência, foram utilizadas 32 nuvens de pontos. Após a geração das novas nuvens de pontos alteradas pela solução proposta, essas foram utilizadas para geração de GIFs, que auxiliaram na identificação dos blocos codificados com as predições inter e intra-nuvem, considerando a ordem temporal da sequência.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme descrito na metodologia, quatro sequências foram utilizadas para a geração dos resultados. Para destacar os pontos que contemplam as regiões de blocos codificados com a predição inter-nuvens, foi selecionada a cor verde. Essa cor foi escolhida devido a ausência de tons de verde nas NPs que constituem as sequências usadas, sendo assim, uma excelente alternativa para distinção dos blocos preditos com a predição inter-nuvens em relação as demais partes das Nps, compostas por blocos preditos com a predição intra-nuvem.

Por meio dos gifs foi possível detectar que ao longo da sequência na abordagem proposta por (MEKURIA, 2017), algumas nuvens não possuem blocos inter, assim podemos afirmar que ainda há espaço para melhorias nesse codificador, pois se aumentarmos o número de blocos inter preditos na nuvem, conseguimos alcançar maiores taxas de redução no bitrate. A Figura 1 evidencia a utilidade da ferramenta, onde são apresentadas imagens de saída da ferramenta para as sequências, (a) long dress; (b) loot; (c) red and black; (d) soldier.

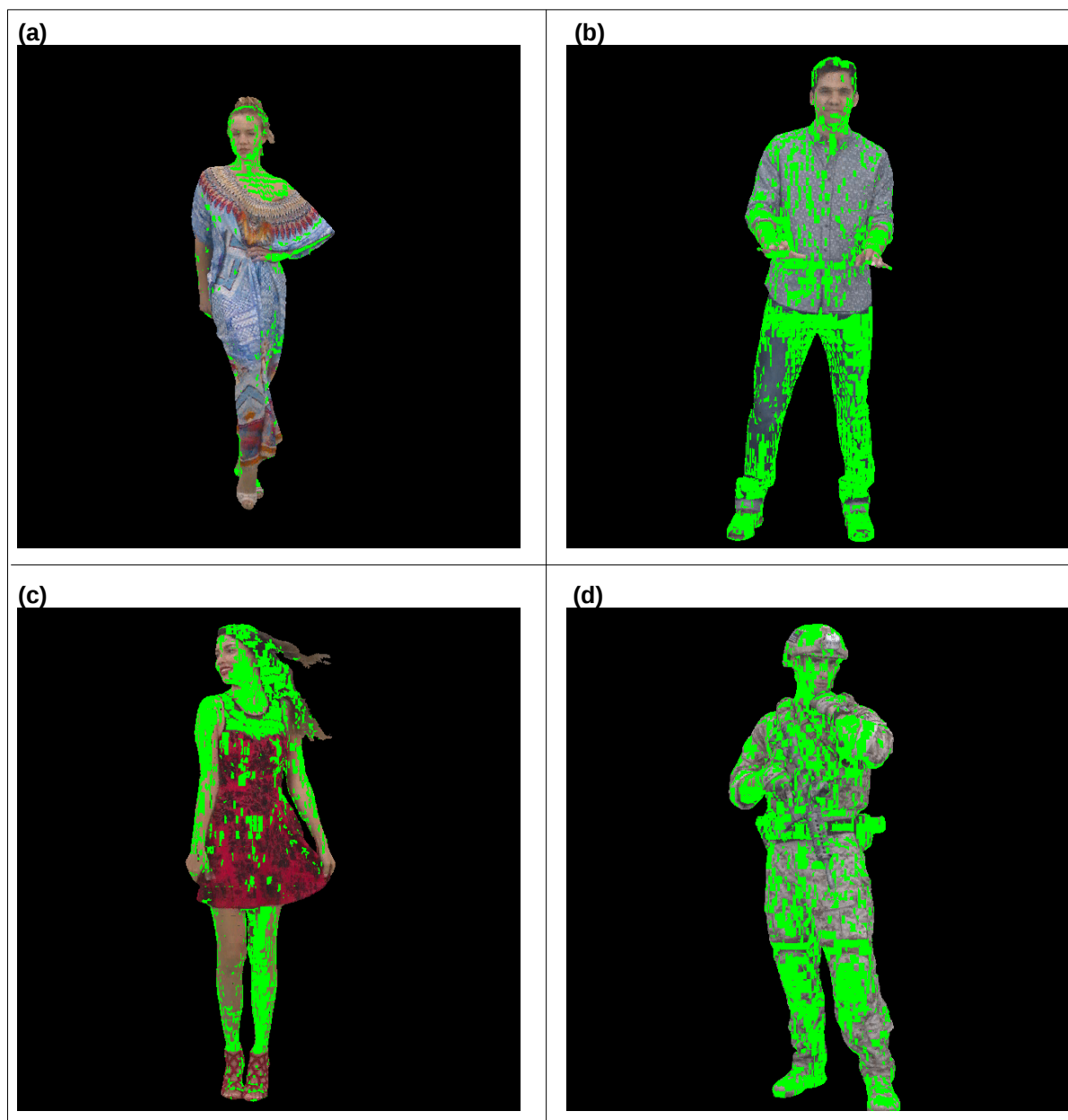


Figura 1: Imagens geradas com a ferramenta proposta

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma ferramenta que contribui para visualização das escolhas de predição no codificador de nuvens de pontos proposto por (MEKURIA, 2017). Essa ferramenta viabiliza a análise visual do processo de codificação, distinguindo os blocos preditos com a predição intra e inter-nuvs. A partir desta ferramenta foi possível gerar GIF's que permitiram por meio visual comprovar que a etapa de predição inter do codificador PCC poderia ser melhor, pois se mais nuvs possuísssem blocos preditos com a predição inter-nuvs,

alcançaríamos uma maior redução no bitrate. Neste contexto, fica evidenciada a possibilidade de trabalhos futuros na predição inter em NPs, que sejam propostos visando melhorar o processo de decisão para que ocorra a predição inter. Assim, como continuidade deste trabalho, é pretendido buscar soluções mais eficientes para predição inter, além de corrigir a falta de blocos preditos como inter entre NPs temporalmente vizinhas geradas pelo PCC.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3D Graphics, Call for proposals for point cloud compression v2, **ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG**, N 16763, Apr. 2017.
- MEKURIA, R. Design, implementation, and evaluation of a point cloud codec for tele-immersive video. **IEEE Trans. on Circuits and Syst. for Video Technol.** vol. 27, no. 4, pp. 828–842, 2017.
- Point cloud library. **PCL**. Acessado em 05 de setembro de 2019. Online. Disponível em: <http://pointclouds.org/>.
- D'EON, E., HARRISON, B., MYERS, T., CHOU, P. A.. 8i Voxelized Full Bodies - A Voxelized Point Cloud Dataset. **ISO/IEC JTC1/SC29 Joint WG11/WG1** (MPEG/JPEG) input document WG11M40059/WG1M74006, Geneva, January 2017
- Cloud Compare. **3D point cloud and mesh processing software Open Source Project**. Acessado em 05 de setembro de 2019. Online. Disponível em: <https://www.danielgm.net/cc/>