

Министерство образования и науки Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и кибербезопасности
Высшая школа программной инженерии

Работа допущена к защите
Директор ВШПИ
_____ П. Д. Дробинцев
«_____» _____ 2024 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
работа бакалавра

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ СЖАТИЯ АТТРИБУТОВ ОБЛАКОВ ТОЧЕК

по направлению подготовки (специальности)

09.03.04 Программная инженерия

Направленность (профиль)

09.03.04_1 «Технология разработки и сопровождения качественного
программного продукта»

Выполнил студент гр.
5130904/00104

Поздняков А. А.

Руководитель старший
преподаватель

Фёдоров С. А.

Консультант по
нормоконтролю

Локшина Е. Г.

Санкт-Петербург
2024

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Институт компьютерных наук и технологий

Высшая школа программной инженерии

УТВЕРЖДАЮ

Директор ВШПИ

_____ П.Д. Дробинцев

”18” апреля 2024 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

студенту Позднякову Артемию Анатольевичу, группа 5130904/00104

1. Тема работы: Сравнение методов сжатия атрибутов облаков точек
2. Срок сдачи студентом законченной работы: 20.05.2024
3. Исходные данные по работе:
 - Документация на язык программирования Python;
 - Документация к библиотеке Open3D;
 - Документация к библиотеке NumPy;
4. Содержание работы (перечень подлежащих разработке вопросов):
 - Обоснование актуальности работы
 - Обзор существующих решений
 - Составление требований к разрабатываемому решению
 - Описание реализации
 - Анализ результатов
5. Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей):
6. Консультанты по работе:
7. Дата выдачи задания: 18.04.2024

Руководитель ВКР

Фёдоров С. А.

Задание принял к исполнению 18.04.2024

Студент

Поздняков А. А.

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа посвящена разработке подхода к оценке различных методов сжатия атрибутов облаков точек на платформе PCCArena. Дан обзор существующих алгоритмов и распространённых кодеков с открытым исходным кодом. В результате сравнительного анализа алгоритмов получены данные об эффективности (!!!) отобранных алгоритмов сжатия атрибутов облаков точек при различных данных и входных параметрах.

В рамках работы была разработана программа для вычисления качественных метрик сжатия облаков точек с использования языка Python. Предложенное решение было внедрено в существующую платформу оценки методов сжатия облаков точек PCCArena.

ABSTRACT

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
Глава 1. Название главы	8
1.1 Названия секции.....	8
Глава 2. Название главы	8
2.1 Названия секции.....	8
Заключение	10
Список источников.....	11
Приложение А. Название приложения	13
Приложение Б. Название приложения	14

ВВЕДЕНИЕ

Облака точек. Растущая популярность (?ссылка?) технологий компьютерного зрения (CV - Computer Vision) и расширенной реальности (XR - eXtended Reality) влечёт за собой потребность в способах компактного хранения и передачи трёхмерных (далее 3Д) данных. 3Д-данные представляются в виде полигональных сеток - совокупности вершин, рёбер и граней, определяющих форму трёхмерного объекта, или облаков точек, отличающихся от последних отсутствием связей между вершинами. Дополнительно, данные о геометрической структуре объекта могут быть дополнены информацией о его внешних характеристиках.

Важной задачей является создание цифрового представления реальных объектов и сцен. 3Д-сканирование - технология, позволяющая считывать форму физического объекта и его внешних характеристик, таких как цвет или отражающая способность поверхности. В общем случае, результатом процесса 3Д-сканирования является конечное множество точек в трёхмерном пространстве[5, с. 10].

Полигональные сетки аппроксимируют непрерывную поверхность исходного объекта. В свою очередь, облака точек сохраняют мельчайшие подробности структуры поверхности объекта вплоть до миллиметра[5, с. 33]. Задача получения 3Д-модели объекта в виде полигональной сетки по имеющемуся облаку точек, считанных с его поверхности, решается методами реконструкции поверхности[5]. Для обратного преобразования достаточно удалить связи между вершинами в полигональной сетке.

Большая точность позволяет использовать облака точек для машинной обработки в системах компьютерного зрения, взаимодействующих с реальным миром. Примером подобных систем являются беспилотные автомобили, использующие лидары - локаторы, испускающие световые волны оптического

диапазона с дальнейшей регистрацией отраженных импульсов[7, с. 7]. Другим примером являются системы расширенной реальности, в данном случае облака точек используются для совмещения позиций виртуальных объектов и физических объектов, находящихся рядом с человеком[7, с. 15].

Для точного описания поверхности, облака точек должны быть достаточно плотными. Точки в облаке представляют собой дискретные образцы непрерывной поверхности, а полигональные сетки аппроксимируют данную поверхность полигонами[7, с. 4]. Всё это влечёт за собой большой размер облаков точек (может тут тоже ссылка?), в связи с чем возникает задача разработки способов компактного хранения подобных объектов.

Алгоритмы сжатия облаков точек решают задачу компактного хранения и передачи облаков точек. Популярные кодеки были реализованы в рамках проектов Draco[2] и PCL[12]. В настоящее время различными авторами предлагаются новые методы сжатия геометрической структуры облаков точек[9][11] и их атрибутов[4][10][6]. Алгоритм кодирования данных в этих решениях можно разделить на этапы реконструкции изначальной геометрической структуры объекта и кодирования атрибутов облака в соответствии с полученной структурой. Работа по стандартизации PCC-кодеков была начата MPEG в 2017 году[8], также данной группой был предложен собственный кодек и разработана тестовая модель на его основе - TMC13[3].

Большое количество постоянно появляющихся подходов к сжатию облаков точек делает актуальной задачу разработки программы для оценки работы PCC-кодеков. Подобная программа может быть использована исследователями для подсчёта метрик разрабатываемых ими кодеков.

Цель работы - разработка подхода к сравнению алгоритмов сжатия атрибутов облаков точек. В рамках данной работы необходимо решить следующие задачи:

- Проанализировать существующие PCC-кодеки
- Изучить релевантные метрики, отображающие эффективность (??) / ка-

чество (??) сжатия атрибутов облаков точек

- Разработать программу подсчёта метрик
- Получить метрики для отобранных РСС-кодеков
- Проанализировать результаты работы

ГЛАВА 1. НАЗВАНИЕ ГЛАВЫ

1.1. Названия секции

Название подсекции

Название параграфа

Название подпараграфа Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.[1]

Таблица 1: Long table caption.

Столбик1	Столбик2
слово	Слово

ГЛАВА 2. НАЗВАНИЕ ГЛАВЫ

2.1. Названия секции

Название подсекции

Название Параграфа

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus.

Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.[1] Как видно на (рис. 2.1) или на (Приложение А)

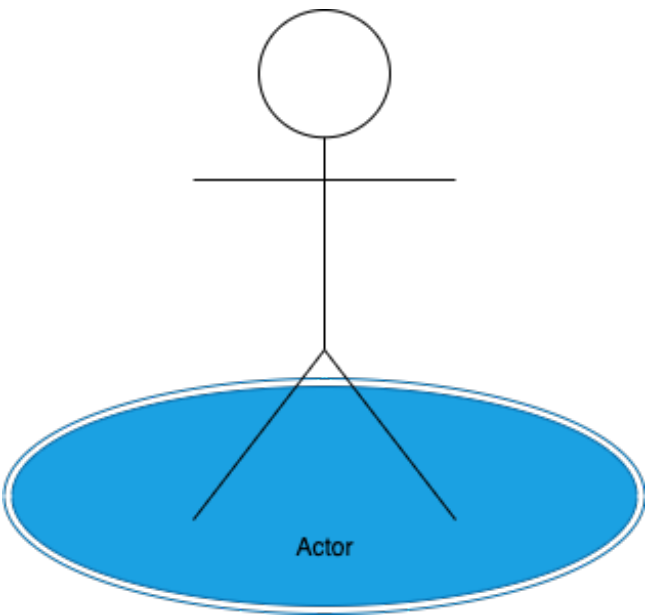


Рис. 2.1: Длинное название картинки из примера

Таблица 2: Long table caption.

Столбик1	Столбик2
слово	Слово

Листинг 2.1: Название листинга

```
1 begin
2   print('Hellow world!')
3 end
```

- item1

- item2
1. item1
 2. item2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пример RU [Электронный ресурс]. — URL: <https://example.com> (дата обр. 22.01.2022).
2. Draco [Электронный ресурс]. — URL: <https://github.com/google/draco> (дата обр. 08.05.2024).
3. TMC13 [Электронный ресурс]. — URL: <https://github.com/MPEGGroup/mpeg-rcc-tmc13> (дата обр. 08.05.2024).
4. Attribute compression of 3D point clouds using Laplacian sparsity optimized graph transform / Y. Shao [и др.] // 2017 IEEE Visual Communications and Image Processing (VCIP). — IEEE, 12.2017. — DOI: 10.1109/vcip.2017.8305131. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/VCIP.2017.8305131>.
5. *Bellocchio F.* 3D Surface Reconstruction: Multi-Scale Hierarchical Approaches. — 1-е изд. — Springer, 2013. — ISBN 9781461456315; 1461456312; 9781461456322; 1461456320. — URL: libgen.li/file.php?md5=4c633bfaca5acbacd297030a9860c540.
6. Cluster-based two-branch framework for point cloud attribute compression / L. Sun [и др.] // The Visual Computer. — 2023. — Ноябрь. — ISSN 1432-2315. — DOI: 10.1007/s00371-023-03146-9. — URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s00371-023-03146-9>.
7. *Kuo(auth.) S. L. Z. K.-C. J.* 3D Point Cloud Analysis: Traditional, Deep Learning, and Explainable Machine Learning Methods. — 1st ed. — Springer, 2021. — ISBN 9783030891794; 3030891798; 9783030891800; 3030891801. — URL: libgen.li/file.php?md5=36c343c73075c1e6e388f26d48e36be2.
8. *MPEG.* Call for Proposals for Point Cloud Compression V2 : тех. отч. / ISO/IEC. — Hobart, AU, 04.2017. — MPEG2017/N16763.

9. Multiscale Point Cloud Geometry Compression / J. Wang [и др.]. — 2020. — DOI: 10.48550/ARXIV.2011.03799. — URL: <https://arxiv.org/abs/2011.03799>.
10. Point Cloud Attribute Compression via Successive Subspace Graph Transform / Y. Chen [и др.] // 2020 IEEE International Conference on Visual Communications and Image Processing (VCIP). — IEEE, 12.2020. — DOI: 10.1109/vcip49819.2020.9301784. — URL: <http://dx.doi.org/10.1109/VCIP49819.2020.9301784>.
11. *Quach M., Valenzise G., Dufaux F.* Improved Deep Point Cloud Geometry Compression. — 2020. — arXiv: 2006.09043 [cs.CV].
12. *Rusu R. B., Cousins S.* 3D is here: Point Cloud Library (PCL) // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). — Shanghai, China : IEEE, 05.2011.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. НАЗВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Текст приложения 1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. НАЗВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ