

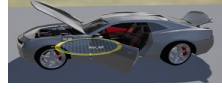
Implementation and Evaluation of 3D-Point Attribute Streaming for Networked Virtual Reality Services using Edge Computing

大阪大学大学院情報科学研究科

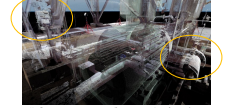
内田 悠斗

研究背景

- 仮想現実技術の普及：三次元情報によるVRオブジェクトの表現技術の普及
 - グラフィック情報：手動でプログラム設計される情報
 - 細部まで設計可能だが、決まったモノを決まった動きでしか表現できない
 - 例) 商品展示、コンサートライブなど
 - 点群情報：測量によって得られる情報
 - 実測値により忠実に多様なものを表現可能だが、細部の表現に多量のデータ量が必要
 - 例) シミュレーション、モバイルロボットの航路決定など
- デジタルツイン（VR空間での現実世界のコピー）を利用した解析・推測



グラフィックデータによるVRオブジェクト例 (車)
https://thinkit.co.jp/sites/default/files/styles/main_image_730x/public/main_images/UE_VR04_main.png?tok=b7wsBy_v



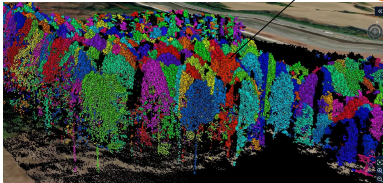
点群データによるVRオブジェクト例 (車)
https://bestera3d.com/blog/images/blog1_img3.png

点群情報を利用したサービスの現状

● 属性情報によるサービス提供

- 属性情報：点群情報に対して付随する情報
 - 例) 物体識別情報、確率場表現など：機械学習による出力が主
- 点群情報および属性情報の入出力はファイルを用いる
 - 即時性が求められるサービスで利用できないことが課題

点情報
 座標: x, y, z
 色 : r, g, b
 属性
 オブジェクト識別ID、
 オブジェクトラベルなど



属性情報（樹木の識別情報）を利用し色分けした点群情報

研究目的

● 研究目的

1. 属性情報を含めたストリーミング方式の実装
2. 1. を利用したVRアプリケーションの実装

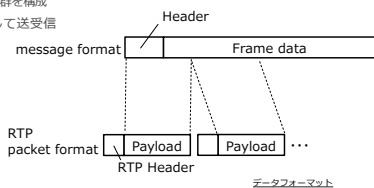
● 研究手順

- 点群のみのストリーミング方式は Intel Realsense™ SDK (librealsense [1]) が実装提供
 - librealsense でのライブラリ・アプリケーション実装を改良し、属性情報のストリーミングの実装方法を検討
 - 点の定義を拡張
 - 送信時のデータフォーマットの変更
 - 前者ではライブラリ全体に変更する必要があるため、後者を採用
- 属性情報を含めたストリーミングのためのAPI整備
- APIを利用したVRアプリケーションの実装および動作実験

librealsense における点群ストリーミングの実装

● 送受信プロトコル・フォーマット

- UDPベースのRTP (Real-time Transport Protocol)
- 点群情報は深度・色情報 (Frame data) として送受信
 - それぞれメタデータをヘッダに持つ
 - 深度情報：解像度サイズ分の実行き情報
 - 色情報：RGB 画像データ
 - 受信後、深度 / 色情報を同期して点群を構成
- メッセージをRTPパケットに分割して送受信



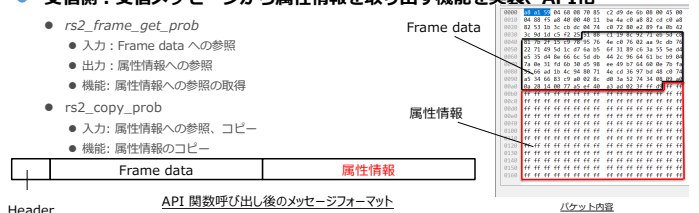
属性情報を含めたストリーミング方式の実装

● 送信側：RTP メッセージフォーマットを変更する機能を実装、API化

- `rs2_add_prob`
 - 入力：属性情報への参照、挿入メッセージ位置、サイズ
 - 機能：メッセージへの属性情報の追加

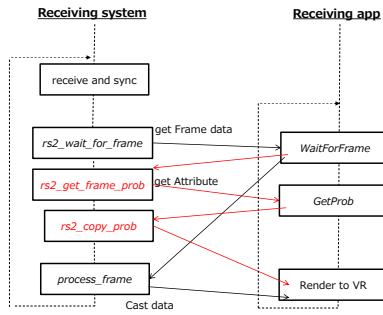
● 受信側：受信メッセージから属性情報を取り出す機能を実装、API化

- `rs2_frame_get_prob`
 - 入力：Frame data への参照
 - 出力：属性情報への参照
 - 機能：属性情報への参照の取得
- `rs2_copy_prob`
 - 入力：属性情報への参照、コピー
 - 機能：属性情報のコピー



● 受信側

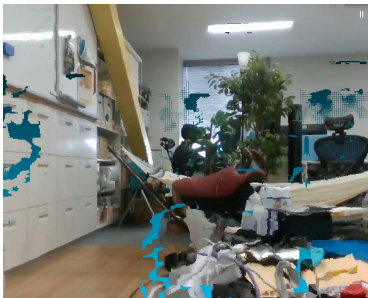
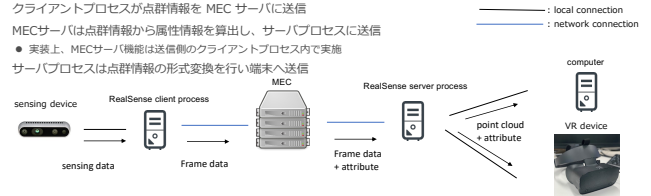
1. Frame data の受信・同期
2. rs2_wait_for_frame で Frame data への参照をアプリケーションに返す
3. rs2_get_frame_prob で属性情報への参照を取得
4. rs2_copy_prob で属性情報をアプリ領域にコピー
- 新たなメッセージ到着による上書きから回避
5. process_frame で Frame data から点群に変換
6. アプリケーションで点群・属性情報利用



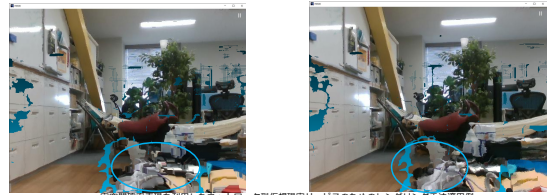
- 属性情報に基づいた情報処理を行うVRアプリケーションが実現可能であることを確認
- 作成したアプリケーション
 - ネットワーク型仮想現実サービスのための実空間確率表現を利用した高精度レンダリング
 - 属性情報として実空間のオブジェクトレベルの尤度（確率表現）を利用し、尤度が低い点の描画を高精細化する手法

● 動作環境

- クライアントプロセスが点群情報を MEC サーバに送信
- MECサーバは点群情報から属性情報を算出し、サーバプロセスに送信
 - 実装上、MECサーバ機能は送信側のクライアントプロセス内で実施
- サーバプロセスは点群情報の形式変換を行い端末へ送信



- 視認性の低い細部が属性情報によって判定され補正表示
 - 机上の充電ケーブルの輪郭が鮮明に
- フレームレートは大きく低下
 - 属性付与の処理遅延がパフォーマンスに影響



- 視認性の低い細部が属性情報によって判定され補正表示
 - 机上の充電ケーブルの輪郭が鮮明に
- フレームレートは大きく低下
 - 属性付与の処理遅延がパフォーマンスに影響



実空間確率表現を利用したネットワーク型仮想現実サービスのためのレンダリング手法適用例 (左:未補正レンダリング 右:非適用)

- 点群に付随する属性情報を含めたストリーミング方式の検討・実装
 - 点群の定義を拡張する方法; 基幹となる FrameData(点群・色情報+属性情報)のデータフォーマットが変更されるため大幅なコード変更が必要
 - 通信時のデータフォーマットを変更する方法; FrameDataへの作成・取得手順を変更することなく属性情報を付与
- ストリーミング方式を利用したVRアプリケーションの実装・動作実験
 - オブジェクトの尤度に基づいた点群描画の高精細化/軽量化手法を利用
 - 属性情報に基づいた情報処理が可能であること、機械学習処理によるフレームレート低下を確認
- 今後の課題
 - セッション確立時に属性情報を利用する/利用しないを指定可能に
 - MEC サーバ導入時に必要となる中継機能の実装

-
- [1] "Github - intelrealsense/librealsense: Intel realsense sdk. v 2.47.0"
<https://github.com/IntelRealSense/librealsense/tree/v2.47.0>