

## VRサービスにおけるインタラクティブ性を向上する エッジクラウド連携手法の提案と評価

大阪大学基礎工学部情報科学科

ソフトウェア科学コース4年

赤坂 友輝

2/15

## 研究背景

### ● VR(VirtualReality)を利用したサービスの広がり

- 自宅で様々な体験が可能
  - 例：VR空間で会議が行えるサービス<sup>[2]</sup>
  - 例：VR空間でライブ体験が行えるサービス<sup>[3]</sup>



### ● VRサービスに求められる要素

- 他者との交流
- ユーザのVR空間に対する操作を他のユーザへ即座に反映
  - レンダリング処理の高速化 ⇒ VRデバイスの性能向上により今後も高速化が進む
  - オブジェクトダウンロードの高速化
  - ユーザ間での情報同期の高速化

<sup>[2]</sup> Sync <https://sync.vive.com/>

<sup>[3]</sup> VARK <https://vark.co.jp/>

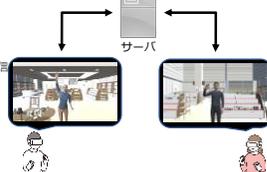
## 想定するVRサービス

### ● ユーザ同士のインタラクションの情報処理を伴うVRサービス

- 複数のユーザが同じVR空間に入室可能
- ユーザの操作がサーバで処理され他のユーザのVR空間に反映
- サーバから受信したオブジェクトデータを元にローカルでVR空間を構築

### ● サーバの役割

- VR空間管理
  - ユーザの情報（アバターの座標情報など）の同期
  - ユーザの入力を受け取り処理結果を全ユーザに送信
- オブジェクトデータの管理



## 研究目的、研究内容

### ● VRサービスにおける適切なエッジクラウド連携手法

- インタラクティブ性に関わる情報処理に着目
  - 座標情報同期：ユーザ間で共有するオブジェクト座標の誤差
  - オブジェクトのダウンロード時間：新規オブジェクトの挿入時の待機時間
- MEC(Multi-Access Edge Computing)
  - 利用者に近い地点にサーバを設置しコンピューティング資源として利用する技術
  - ユーザ、サーバ間の物理的遅延の削減による情報同期の高速化
  - 設置スペースが限られるため適切な情報処理の配置が必要

### ● VRサービスを実装しインタラクティブ性を評価

- 複数のユーザが同一空間内でやり取りが可能なVRサービスの実装
- 実際にサービスを使用しインタラクティブ性に関わる情報処理の評価

## 実装したVRサービスシステム

### ● VRショッピングサービスを実装

- 3Dオブジェクトデータを元にVR空間をユーザの端末上に構築
  - VR空間入室時に店舗のオブジェクトデータを受信してローカルにVR空間を構築
- ユーザの入力をサーバで処理を行い更新後の情報を全ユーザに対して送信
  - 例：ユーザがアバター移動させる入力を行うとサーバが座標を計算して全ユーザで同期

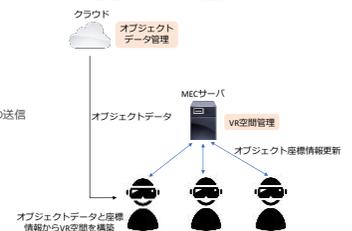


## エッジクラウド連携手法

### ● 後述の評価で得られた知見にもとづいて、エッジクラウド連携手法を考案

### ● VR空間管理をMECに、オブジェクトデータ管理をクラウドに配置

- VR空間管理
  - ユーザの入力に対する情報処理
  - オブジェクト座標情報の同期
- オブジェクトデータ管理
  - 3Dオブジェクトデータの保管
  - ユーザに対してオブジェクトデータの送信



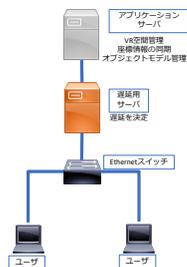
評価環境

7

4 種類の遅延シナリオで評価

- 遅延用サーバでパケットを待機させて遅延を再現
  - 5G-MEC : MECサーバまでの遅延
  - 5G-Cloud [slow] : 遠隔地のクラウドサーバまでの遅延
  - 5G-Cloud [fast] : 平均的なクラウドサーバまでの遅延
  - B5G-MEC : B5G環境でMECサーバまでの遅延

シナリオ	上り遅延	下り遅延
5G-MEC	15~45ms	15~45ms
5G-Cloud[slow]	50~150ms	50~150ms
5G-Cloud[fast]	30~90ms	30~90ms
B5G-MEC	1ms	1ms



座標誤差の視覚的評価

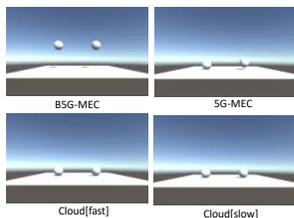
9

評価内容

- 座標情報反映遅延によって生じるオブジェクトの座標誤差
- VR空間内での連続的な動きを球体の自由落下で模式的に表現

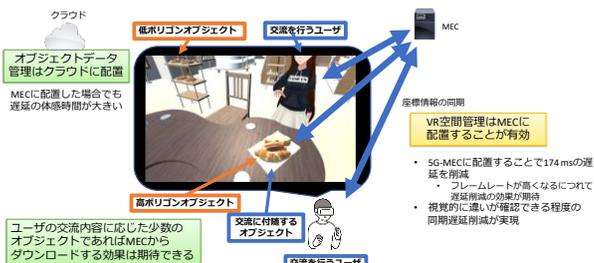
評価結果

- 認識できる程度の座標誤差の改善を確認



評価から得られた知見

11

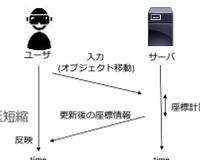


座標情報反映遅延の計測

8

座標情報反映遅延

- ユーザーの入力がサーバで処理され実際に反映されるまでの遅延
  - ユーザーがオブジェクトを操作する入力を送信
  - サーバ側で入力から座標計算
  - 更新後の座標情報をユーザーが受信
  - ユーザー側で更新後の座標情報を反映



計測結果

- 5G-MECでは5G-Cloud[slow]と比較して174msの遅延短縮

シナリオ	平均値	最小値	最大値
5G-MEC	125 ms	82 ms	183 ms
5G-Cloud[slow]	299 ms	240 ms	368 ms
5G-Cloud[fast]	198 ms	138 ms	264 ms
B5G-MEC	60 ms	27 ms	118 ms

オブジェクトデータのダウンロード時間

10

計測するオブジェクトデータ

- 1 店舗データ
- 1 オブジェクトデータ (高ボリゴン)
- 1 オブジェクトデータ (低ボリゴン)



計測結果

- 1 店舗データは5G-MECでも7秒程度必要  
体感では大きな時間
- 1 オブジェクトデータは  
B5G-MECで300ms程度の時間でダウンロード可能  
体感では小さな時間

オブジェクト	データサイズ(Mbyte)
1 店舗データ	65.341
高ボリゴンデータ	2.491
低ボリゴンデータ	1.641

シナリオ	1オブジェクトデータ(低)	1オブジェクトデータ(高)	1店舗データ
5G-MEC	0.944 s	1.202 s	7.566 s
5G-Cloud[slow]	2.696 s	3.326 s	19.446 s
5G-Cloud[fast]	1.655 s	2.439 s	10.399 s
B5G-MEC	0.221 s	0.324 s	6.546 s

まとめと今後の課題

12

インタラクティブ性を向上するエッジクラウド連携手法の提案

- VR空間管理はMECサーバに配置
- オブジェクトデータの管理は基本的にクラウドに配置

インタラクティブ性の評価

- MECを用いた場合ではクラウドと比較して座標同期において174msの遅延削減
- 視覚的に変化が感じられる程度の遅延削減
- 空間全体のデータはMECを用いても一定の時間が必要
  - 少数のオブジェクトデータであればMECに配置する効果が期待

今後の課題

- 情報処理を配置する場所を分割するだけでなく同じ情報処理をエッジクラウドで連携
  - 例：オブジェクトの座標同期に関してユーザーの視点内のみをMEC、それ以外をクラウドで処理
- ユーザーの体感品質に差が出る遅延量の明確化