

Osaka University

エッジコンピューティングを用いた 複合現実型サービスにおける ユーザーの体感品質の向上性に関する評価

大阪大学 基礎工学部 情報科学科
村田研究室 高木 詩織

平成 29 年度 特別研究報告発表会 2018/2/21

Osaka University

研究の背景

- **ネットワークの利用形態が多様化**
 - 求められる要件も多様化
- **エッジコンピューティングによる応答性の向上**
 - クラウドコンピューティングの遅延
 - 端末が取得した情報を遠隔地のデータセンターで処理
 - データセンターに負荷が集中
 - エンド端末に近いエッジサーバで局所的な処理
 - 通信距離の短縮
 - 負荷の分散

Osaka University

複合現実技術 (MR: Mixed Reality)

- **複合現実技術 (MR: Mixed Reality)**
 - 現実世界に仮想世界を重ね合わせる技術
 - 現実世界の物体との前後関係や衝突を判定し現実的な表現が可能
- **MR を用いたネットワークサービスの登場**
 - 五感情報の送信による臨場体験を提供
 - ジェスチャーによる近接・遠隔端末の操作

↓

ユーザーの体感品質 (QoE: Quality of Experience) がどのように決定されるか不明

Osaka University

研究の目的とアプローチ

- **研究の目的**
 - ネットワーク型 MR アプリケーションの作成
 - エッジコンピューティングの導入によるネットワーク型 MR アプリケーションの QoE の向上性
- **アプローチ**
 - 実機を用いてネットワーク型 MR アプリケーションを実装
 - エッジコンピューティング環境の導入
 - 被験者実験
 - 4 つの簡単なタスクを設定
 - クラウドコンピューティング環境で発生する遅延を模擬的に発生
 - 遅延の大きさにタスク完了時間を測定
 - 体感品質を主観的に比較評価

Osaka University

ネットワーク型 MR アプリケーション

- **ユーザーと遠隔地のロボットがライブストリーミングとジェスチャーによる操作で連携**
- **ロボット側**
 - 撮影した映像をエッジサーバに送信
 - エッジサーバに蓄積された環境情報を用い映像を加工
 - 加工した映像をライブストリーミング
- **ユーザー側**
 - 指のジェスチャーでロボットに行動指示
 - タップで 90 度回転
 - ドラッグで前後左右の 4 方向に直進
 - エッジサーバに蓄積されている環境情報を取得し MR ヘッドセットに表示

Osaka University

実験環境と実験方法

[14] 余田 純二, 西川 伸一, 村田 正幸. エッジコンピューティング環境におけるサービス機能の配置がユーザーの体感品質に与える効果の評価. 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 117, pp. 44-46 Sep. 2017

- **Microsoft HoloLens、ユーザー PC、Pepper、エッジサーバを接続**
- **VM-1、VM-2 で遅延を発生**
 - クラウドコンピューティング環境で発生する遅延を模擬的に発生
 - Pepper 内部で発生する遅延: 420 [ms] [14]
 - 通信遅延: 数 [ms]
- **8 人の被験者が 4 つのタスクを 2 回ずつ実行**
 - 1 回目: 遅延なし
 - 2 回目: 遅延あり
 - 500 [ms] または 300 [ms]
 - 予備実験として遅延 100 [ms]、200 [ms]、400 [ms] の場合も一人で実行

Osaka University 7

デモンストレーション動画

Osaka University 8

体感品質の評価方法

- **簡単なタスクを4つ設定**
 1. ロボットの移動
 2. ユーザー側の環境情報で与えられた目標地点にロボットを移動
 3. ロボット側の環境情報で与えられた目標地点にロボットを移動
 4. ユーザー側・ロボット側両方の環境情報で与えられた目標地点にロボットを移動
- **客観評価**
 - 遅延の大きさに各タスクに要した時間を計測し比較
- **主観評価**
 - 2回目の操作について 1回目の操作を基準としてどう感じたかを -3 から 3 の評点で判定し、平均値を算出 ^[8]
 - 評価観点
 - E1: ロボット視点の映像の品質
 - E2: ロボット操作の快適性
 - E3: 没入感 など

[8] International Telecommunication Union, Recommendation ITU-T P.800, Method for subjective determination of transmission quality

評価カテゴリ	評点
非常に良くなった	3
良くなった	2
わずかに良くなった	1
変化なし	0
わずかに悪くなった	-1
悪くなった	-2
非常に悪くなった	-3

Osaka University 9

実験結果: タスク完了時間

- **予備実験のタスク完了時間**
 - 被験者のタスク完了時間も同様の結果
- **タスク完了時間は遅延の増大に対してほぼ線形に増大**

Osaka University 10

実験結果: ユーザーの主観評価

- **遅延 300 [ms] から 500 [ms] の間で QoE が急激に悪化**
 - User PC ⇄ Pepper 間では 720 [ms] から 920 [ms]
- **クラウド利用時に約 1 秒の遅延が発生するサービス環境ではエッジコンピューティング導入による QoE 向上が見込まれる**

Osaka University 11

まとめと今後の課題

- **まとめ**
 - MR アプリケーションを実装しエッジコンピューティング環境でユーザーの体感品質を評価
 - ロボット操作においては遅延が 720 [ms] から 920 [ms] で QoE が急激に悪化
 - 遅延が大きいとロボットがいる世界と現実世界が切り離されたような感覚
 - クラウドコンピューティング環境で約 1 秒以上の遅延が発生する場合、エッジコンピューティングの導入によって QoE が向上
- **今後の課題**
 - ユーザー側・ロボット側の環境情報が動的に変化する場合での QoE の評価
 - アプリケーションのユーザーインタフェースを改良
 - 音声などの送信によるさらなる臨場体験の提供
 - 発生させる遅延を細分化し、QoE が急激に悪化する遅延を検証