

Osaka University

エッジコンピューティングによる ネットワーク型複合現実アプリケーションの サービス体感品質の向上性に関する評価

大阪大学 大学院情報科学研究科
村田研究室 高木 詩織

ネットワークシステム研究会 2018/7/13

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サービス体感品質の向上性
- 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
 - ユーザと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
 - 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

アプリケーション: ロボット側

- カメラで撮影した映像を局所的に処理
 - 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映像を加工
 - 加工した映像をライブストリーミング配信

Osaka University

アプリケーション: ユーザ側

- 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 7

デモンストレーション動画

ユーザー側環境情報

[userside] orange or green pink or yellow

ロボット視点の映像

ロボット側環境情報

Osaka University 8

実験環境

(12) 金田 博一, 鹿川 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の体感品質に与える効果の調査」, 電子情報通信学会研究報告, vol. 117, pp. 6-66, Sep. 2017

- Microsoft HoloLens、PC、Pepper、エッジサーバを接続
 - OpenStack を用いた仮想化環境
- クラウドコンピューティングで発生する遅延を模擬的に発生
 - VM-1、VM-2 で発生
- 処理遅延: 約 420 [ms]^[12]
 - Pepper 内部で発生

NFV を応用した EC 環境

クラウド

VM-1 エッジサーバ

VM-2 エッジサーバ

SW

Wi-Fi AP

Wi-Fi AP

PC HoloLens

Pepper

ユーザ環境

遠隔ロボット

Osaka University 9

実験方法

- 予備実験
 - 遅延 0 [ms] から 500 [ms] まで 100 [ms] 刻みでタスクを 1 回ずつ実行
 - User PC ↔ Pepper 間では 420 [ms] から 920 [ms]
- 本実験
 - 8 人の被験者がタスクを 2 回ずつ実行
 - 1 回目: 遅延なし
 - 2 回目: 300 [ms] または 500 [ms] の遅延あり

タスク内容

番号	参照する情報	操作内容
1	なし	ロボットの移動
2	ユーザ側	与えられた目標地点にロボットを移動
3	ロボット側	与えられた目標地点にロボットを移動
4	ユーザ側・ロボット側	与えられた目標地点にロボットを移動

Osaka University 10

体感品質の評価方法

- 客観評価
 - 各タスクに完了した時間を計測
 - 遅延の大きさにタスク完了時間の平均値を比較
- 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
 - 各被験者が -3 から 3 の評点で判定
 - 平均値 (MOS: Mean Opinion Score) を算出^[15]
 - 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

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

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

Osaka University 11

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
 - タスク内容が単純であり、操作ミスがほとんどなかったため

task completion time [s]

Delay setting [ms]

task1

task2

task3

task4

Osaka University 12

実験結果: ユーザの主観評価

- 遅延 300 [ms] から 500 [ms] の間で体感品質が急激に悪化
 - User PC ↔ Pepper 間では 720 [ms] から 920 [ms]
 - タスク完了時間は線形に増大
 - 客観的指標によって体感品質を推定することは困難
 - 人間の体感メカニズムの深い理解が必要
- 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りサービス品質が向上

評点

E1: 映像の品質 E2: 操作の快適性 E3: 没入感

300 [ms] 500 [ms]

Osaka University 13

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の体感品質を評価
 - ロボット操作においてはエンド間の遅延が 720 [ms] から 920 [ms] の間で体感品質が急激に悪化
 - 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サービス品質が向上
- **今後の課題**
 - 環境情報が動的に変化する場合における体感品質の評価
 - アプリケーションのユーザインタフェースを改良
 - 発生させる遅延を細分化し、体感品質が急激に悪化する遅延を検証
 - 多くの被験者による実験