

採 択 番 号 03801

研究開発課題名 低遅延でインタラクティブなゼロレイテンシー映像・Somatic 統合ネットワーク

(1) 研究開発の目的

近年、テレワーク、オンライン授業、監視システム、遠隔医療、オンラインゲーム、遠隔ロボット操作、遠隔機械操作（遠隔操作補助型自動運転を含む）など、無線回線を介したオンラインシステムが重要となってきている。これらは現在のコロナ禍において、感染症が蔓延した場合でも、人と人の接触を避ける上での必須のユースケースである。しかし、従来の無線回線を使用する場合には、伝送路の遅延やネットワーク内のサーバ処理などにより、相互の映像をリアルタイムで観測できないなどの課題があった。例えば、実際に Web 会議システム（Zoom 等）を用いる場合には、音声の計測において 150 ミリ秒以上、映像の場合は 250 ミリ秒以上の遅延が発生することが知られている。また、触覚デバイスを併用したインタラクティブな通信システムにおいては、数十ミリ～数百ミリ秒の遅延は、利用者に不自然な違和感を覚えさせることが知られている。以上を背景に、本研究開発は、映像情報と Somatic 情報の未来予測技術と統合技術、5G ネットワーク上の低遅延伝送を支える通信技術、並びに統合実証試験から構成される。最終目標として、映像・Somatic 統合情報の、アプリケーション処理時間を含めて数ミリ秒の超低遅延伝送を支えると共に、未来予測の導入によるゼロレイテンシー伝送の実現を目指す。

(2) 研究開発期間

令和 3 年度から令和 5 年度（3 年間）

(3) 受託者

学校法人早稲田大学<代表研究者>
アストロデザイン株式会社
国立大学法人京都大学

(4) 研究開発予算（契約額）

令和 3 年度から令和 5 年度までの総額 207 百万円（令和 5 年度 55 百万円）
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 映像・Somatic 統合	
1-a) Somatic 情報伝送	(国立大学法人京都大学)
1-b) 映像予測	(学校法人早稲田大学)
研究開発項目 2 超低遅延ネットワーク	
2-a) 低遅延ネットワーク管理	(学校法人早稲田大学)
2-b) 圧縮伝送方式	(アストロデザイン株式会社)
2-c) 次世代技術	
①情報指向ネットワーク	(学校法人早稲田大学)
②超高フレームレート映像伝送	(学校法人早稲田大学)
研究開発項目 3 統合実証実験	
3-a) 遠隔サービス	
①遠隔リハビリ	(国立大学法人京都大学)
②遠隔作業	(学校法人早稲田大学)
3-b) 圧縮伝送・表示装置	(アストロデザイン株式会社)
3-c) 統合実証実験	(学校法人早稲田大学)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	5	1
	外国出願	3	3
外部発表等	研究論文	3	2
	その他研究発表	60	23
	標準化提案・採択	8	4
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	3	2
	受賞・表彰	1	0

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目1：映像・Somatic 統合

1-a) Somatic 情報伝送

姿勢・筋活動を予測しながら相手側に伝えるための計測、伝送方式全体の枠組みの設計・実装を行い、遠隔操作が可能なシステムに組み込んだ。予測を用いた遠隔操作の遅延補償が実際に機能することを確認し、それによる性能向上の評価を行った。また、複雑な動作においても筋計測による動作予測が有効であることを確認するために、筋骨格系における筋活動と力学的トルク発生の相対的な時間関係を姿勢計測、逆運動学、逆動力学、筋シナジー推定を用いて分析した。

1-b) 映像予測

映像予測の実時間動作を実現すると共に、目標画質の実現条件を明らかにし、また、独自の映像予測アルゴリズムの提案と有効性実証を行った。具体的には、まず PredNet の改善方式と PreCNet の評価方式の検討を行った。また、SLAMP の拡張として、Forward Warping と Backward Warping を併用した映像予測方式の提案を行い、有効性を実証した。また、IFRNet を拡張した映像予測方式の提案を行い、演算量、映像予測精度双方において、2024年2月時点の SOTA である DMVFN 方式を上回る方式を実現した。

研究開発項目2：超低遅延ネットワーク

2-a) 低遅延ネットワーク管理

NICT 総合テストベッドを活用した低遅延伝送の評価実験を行うと共に、低遅延通信サービスの開発と評価を行った。具体的には、テストベッドを利用して、WebTransport と WebRTC を用いた映像配信の遅延時間計測を行った。また、セキュアな映像伝送に関する特許1件を海外出願した。

2-b) 圧縮伝送方式

映像と音声信号を同期した伝送を行い総合的に低遅延での圧縮映像と非圧縮音声信号の同期伝送が実現できることを検証した。また、NICT 総合テストベッド環境を用いた伝送実験を通して、圧縮映像と非圧縮音声信号の多重化同期伝送が汎用的に使用できることの実証を行った。

2-c) 次世代技術 ①情報指向ネットワーク

より複雑なネットワーク内分散処理構成を可能するためにシステムを改良した。また、複雑なネットワーク構成を持つネットワーク内分散処理の設計方式を制定した。また、ITU-T SG13 Q22 への寄書を4件提出し(10月会合2件、2024年1月会合1件、3月会合1件)、勧告成立に向けての活動を行った結果、勧告化が承認された。

2-c) 次世代技術 ②超高フレームレート映像伝送

960fps 映像データセットを用いたデブラーリング処理に関して、時間軸方向の処理を取り入れた改善方式の検討を行った。また、960fps 映像データセットを用いた映像超解像に関する特許を海外出願した。また、960fps 映像の映像配信実験を完了した。

研究開発項目 3：統合実証実験

3-a) 遠隔サービス ①遠隔リハビリ

遠隔リハビリに必要な基本的な機能を対象として、動作・姿勢予測がレイテンシーを補償し、タイミングや動作の精度を高めることを、動作支援機器の制御などを行いながら実証した。また、立ち上がりや座り込みなどの多くの筋が関わる多段階的な動作において、筋シナジーを用いた筋活動の予測が可能なることを確認し、予測可能な時間幅などの定量的な分析を行った。

3-a) 遠隔サービス ②遠隔作業

構築したテストベッドを利用し、早稲田大学と京都大学の間で、回転円盤やリニアスライダーを用いた遠隔操作実験を実施し、かつ、操作情報予測と映像予測を組み合わせた遠隔操作実験も実施し、有効性を確認した。また、実時間動作の映像予測機能を有する遠隔映像モニタリングシステムを試作し、撮影から表示までの遅延 300ms 程度をゼロレイテンシーにできることを確認した。また、遠隔作業に関する外国特許 1 件を出願した。

3-b) 圧縮伝送・表示装置

映像と Somatic 信号を多重・分離する装置と研究開発項目 2-b) 圧縮伝送装置を組み合わせ、映像と Somatic 信号の同期伝送実験を行った。また、映像信号を多重する際に挿入される遅延の改善を行った。また、三機関合同での統合実証実験が可能な映像と Somatic 信号の同期転送可能なシステム構築を行い、NICT 総合テストベッドの高信頼性仮想化環境で映像及び Somatic 信号の伝送実験を行い、低遅延伝送が行えることを確認した。

3-c) 統合実証実験

NICT 総合テストベッドの B5G 高信頼仮想化環境の実験環境を整備した。また、早稲田大学、京都大学、NICT 総合テストベッドを SINET 経由で L2 接続するテストベッドを構築し、統合実証実験を実施した。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

① 標準化活動

情報指向ネットワークに加え、ハプティクスやメタバースに関する国際標準化活動が進行中であり、ITU-T SG13 を始め、ITU-T SG16、MPEG、IETF 等における国際標準化活動への貢献を継続する。

② 広報活動

学会発動は、国内は電子情報通信学会と情報処理学会、海外は IEEE と ACM を中心に成果発表を継続し、展示会は、今後は海外展示会を視野に入れた活動を続ける。また、研究成果のオープンソース化、オープンデータ化に関しても、戦略的な公開を検討する。

③ 実用化・事業化

共同研究を通じた協同企業との実用化・事業化の可能性を探ると共に、新規の研究開発プロジェクトを通じて、開発成果の発展を図る。

④ 特許

学会、展示会等を通じた知財の紹介と展開を図ると共に、新規特許の継続的な申請を試みる。