

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19783

研究課題名（和文）無線超臨場感システム実現を目指す多次元ストリーミングに関する研究

研究課題名（英文）A Study on Multidimensional Video Streaming for Realization of Wireless Immersive System

研究代表者

藤橋 卓也 (Fujihashi, Takuya)

大阪大学・大学院情報科学研究科・助教

研究者番号：10785520

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、超臨場感システムの無線化を実現するための喫緊の1課題である多次元映像の無線ネットワーク伝送高品質化を達成するストリーミング技術（映像圧縮技術・伝送技術・復元技術）を設計した。具体的には(1) 多次元映像の高効率圧縮技術、(2) 無線ネットワーク性能変動に対処した多次元映像伝送技術、(3) 誤り・損失による品質低下に対処した多次元映像復元技術をそれぞれ開発することで、それぞれのユーザ端末の電波伝搬環境に応じて高品質な多次元映像を提供可能なストリーミング技術の基礎を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義はそれぞれの分野で研究が進められていたグラフ信号処理と無線通信技術とをはじめ統合することでネットワークを通じた3次元情報伝送、すなわち、Holographic-type Communicationの実現に向けた基礎を確立した一方で、その研究課題を明らかにしたことである。

本研究の社会的意義は無線ネットワーク性能に応じて適切な品質の多次元映像を提供するための基礎を確立したことで、場所の制約を受けることがない多次元映像を利活用したXR, VR, ARに挙げられるサービスの発展を促したことである。

研究成果の概要（英文）：In this study, I designed streaming technologies (video compression, transmission, and restoration technologies) to achieve high-quality wireless network transmission of multidimensional video, which is one of the most urgent technologies for realizing wireless immersive systems. Specifically, I developed (1) a compression technology for multidimensional video, (2) a multidimensional video transmission technology to cope with fluctuations in wireless network quality, and (3) a multidimensional video restoration technology to cope with quality degradation due to errors and losses caused by the networks, respectively. I have proposed a basis of streaming technology that can provide high-quality multidimensional video according to each user device's instantaneous radio propagation environment.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：多次元映像 グラフ信号処理 ニアアナログ変調

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

自由視点映像や VR/AR に代表される超臨場感システムは多視点映像やポイントクラウドに代表される多次元ビデオストリーミングと他のセンシングデータを活用することで、高い現実性を持ったサービスをユーザに提供できる。超臨場感システムはエンターテインメントを中心として、医療分野では遠隔診療や非接触治療、教育分野では AR/VR を活用した個別最適化を目指した遠隔教育、交通分野では LiDAR から得られるポイントクラウドを活用した安全運転支援など多様な分野への応用が期待されている。本研究ではこれまで有線環境を中心として議論されてきた超臨場感システムの無線化を実現するストリーミング技術の基礎実現を目指した。無線化を通して有線接続に起因する場所成約を緩和できるため、より多くの場面で多次元映像を用いた現実性の高いサービスを通して多くの人々の生活にその恩恵をもたらすことが可能となる。

従来のビデオストリーミング技術(映像圧縮技術・伝送技術・復元技術)を無線多次元ビデオストリーミングに適用した場合、従来とは異なる映像信号特性、無線ネットワーク特性が起因して映像品質の低下を招く。具体的には、従来のビデオストリーミング技術では、2次元平面上に等間隔でサンプリングされたカメラ映像(以下、2次元平面映像)を前提として映像圧縮技術が設計されている。一方で、AR/VR へ応用される多次元ビデオストリーミングでは、従来の2次元平面映像とは異なるサンプリング間隔(Non-uniform Sampling)・デバイスで取得されたデプス映像や球面映像、ポイントクラウドを考慮した圧縮技術が必要となる。このとき、従来の映像圧縮技術を多次元映像に対して適用した場合、映像信号間の相関を活用できないため、映像品質低下につながる圧縮率の低下を招く。

また、従来の映像伝送技術による多次元映像の無線ネットワーク伝送は、著しい受信映像品質の低下を招く。これは、無線通信端末の位置・周辺環境にともなって、通信路品質やパケット損失率に代表される無線ネットワーク性能が著しく変化することに起因する。従来のビデオストリーミング技術におけるエンタロピー圧縮は著しいネットワーク性能の変化に対処できず、無線接続されたユーザ端末上で映像情報のデコード失敗を招く。デコード失敗した映像情報は著しい映像品質低下を招くため、再送技術や誤り訂正符号技術を用いた映像復元技術が検討されているが、ネットワーク性能の変動は不適切な誤り訂正符号技術によるトラヒック増加や過剰な再送による再生遅延の発生を招く。

以上のように、多次元映像の無線ネットワーク伝送を高品質化するためには、2次元平面映像に対する従来のストリーミング技術では不十分であり、無線ネットワーク性能の変動に対処しつつ、多次元映像が持つ映像信号特性に対処した新たなストリーミング技術(圧縮・伝送・復元技術)の設計が必要となる。

2. 研究の目的

本研究では、超臨場感システムの無線化を目指して、無線接続されたユーザ端末に対する多次元映像の無線ネットワーク伝送高品質化を達成するストリーミング技術を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では前述の研究目的を達成するために、以下の3技術に着目して無線接続ユーザに対する多次元映像伝送の高品質化を目指した。

(1) 多次元映像の高効率圧縮技術

多次元映像では3次元空間上に不均一にサンプリングされた映像信号を効率的に圧縮する必要がある。不均一にサンプリングされた多次元映像の効率的な圧縮を実現するために主にグラフ信号処理を用いた圧縮技術を中心にして研究を進めた。

(2) 無線ネットワーク性能変動に対処した多次元映像伝送技術

無線ネットワーク性能は無線接続端末の位置や周辺電波伝搬環境に起因して大きく変化する。無線ネットワーク性能の変動によらず、安定的な品質の多次元映像を提供するための伝送技術について研究を進めた。

(3) 誤り・損失による品質低下に対処した多次元映像復元技術:無線伝送路を介して多次元映像を伝送する場合、雑音や遅延に起因する品質低下を招く。深層学習や機械学習を活用することで品質低下を抑制する復元技術について研究を進めた。

4. 研究成果

(1) 多次元映像の高効率圧縮技術

グラフ信号処理による多次元映像圧縮:多次元映像の1種である3次元点群は3次元空間上に分布する無数の点を用いて対象を表現する技術である。一方で、3次元点群は3次元上の座標ならびに対応する色情報を表現するために多大なデータ量が必要となる。データ量を削減するために、本研究では3次元点群をグラフ信号とみなすとともにグラフ信号処理にしたがう圧縮手法を設計した。設計手法では、3次元点群に含まれる各点をノード、点間のつながりをエッジとみなしている。点間をつなぐエッジの重みは点間の距離にしたがって定め、得られた重みをも

とにして構築したグラフラプラシアン行列に対して固有値分解を導入することでグラフ信号に対するフーリエ変換を定義した。グラフフーリエ変換を通して3次元点群を低周波成分・高周波成分に変換することが可能となるため、高周波成分を優先的に除去することによって品質を維持したままデータ量を削減できることを明らかにした。例えば、3000点程度で構成される点群を用いた実験評価から従来の周波数変換技術である離散コサイン変換を用いた点群圧縮手法に対して同程度のデータ量で約8.9dB程度の品質向上が得られることが分かっている。一方で、グラフフーリエ変換による点群圧縮手法は選択したグラフラプラシアン行列に強く依存することも分かった。今後の課題としては所望の信号に対して適切なグラフラプラシアン行列を選択可能な方を定めることが挙げられる。

多次元映像圧縮に要するオーバーヘッド削減手法：前述のグラフフーリエ変換を利用することによって従来の周波数変換技術に対してより少ないデータ量で3次元点群を伝送できることが明らかとなった。一方で、グラフフーリエ変換に用いる変換行列（グラフラプラシアン行列の固有ベクトル）が要因となって通信オーバーヘッドが大きくなる。より具体的には、点群を構成する点数が N であるときは N^2 個の値をメタデータとして送信する必要がある。変換行列を効率的にやり取りするために、通信オーバーヘッド削減手法を新たに設計した。本手法はGivens回転、非一様量子化で構成される。Givens回転は $N \times N$ の正方行列を $N(N-1)/2$ 個の回転パラメータを用いて対角行列に変換することが可能となる。Givens回転を通して必要なメタデータ数を削減できることに

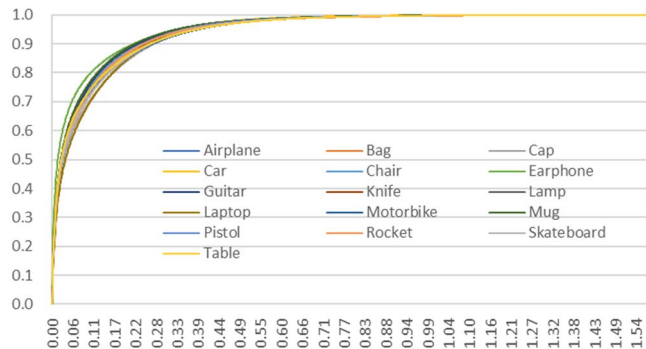


図1: 回転パラメータの累積度数分布

加えて、得られた回転パラメータに対して量子化を適用することでオーバーヘッドの削減を達成することができる。また、変換行列に対してGivens回転を適用した結果、得られる回転パラメータが非一様に分布することが分かった。図1は異なる点群から得られた変換行列に対してGivens回転を適用したときに得られた回転パラメータの累積度数分布である。いずれの点群においても回転パラメータの分布は超指数分布と近づくことが分かっている。この知見をもとにして超指数分布に基づく非一様量子化手法を導入している。非一様量子化を導入することによって一様量子化によって達成できたオーバーヘッド削減量に対してさらに28%以上のオーバーヘッド削減を達成できることが明らかとなった。現在は回転パラメータの間に優先度があることを考慮して、より多くのオーバーヘッドを削減可能な手法の設計を進めている。

(2) 無線ネットワーク性能変動に対処した多次元映像伝送技術

グラフ信号処理をもとにした無線点群伝送：前述の取り組みで得られた知見をもとにして無線ネットワーク性能の変動に対して頑強性を持つ点群伝送手法を2手法設計した。1つ目の設計手法はニアアナログ変調とグラフ信号処理とを組み合わせ合わせた伝送手法である。図2に設計手法の全体像を示す。これまでの伝送手法では一般的に周波数変換から得られた周波数係数に対して量子化・エントロピー符号化で構成されるデジタル符号化技術を用いてビット列を取得した後、変調を通してビット列を送信信号にマッピングしてから無線伝送路に送信していた。しかしながら、量子化・エントロピー符号化は無線ネットワーク性能の変動に対して脆弱性を有していることが分かっている。そこで本手法ではデジタル符号化技術を利用せず、グラフ信号処理から得られた周波数成分をそのまま送信信号としてマッピングするニアアナログ変調を導入している。ニアアナログ変調を導入することによって瞬間的な無線ネットワーク性能に依じた品質の点群を適応的に伝送することが可能となる。同一の3次元点群に対して量子化・エントロピー符号化を導入した点群伝送手法と設計手法とを比較した場合、設計手法は無線ネットワーク性能が悪化した場合においても点群を再生することが可能である一方、従来手法においては性能悪化によって発生するビット誤りが要因となって点群を再生できず、体感品質の低下につながるものがわかった。

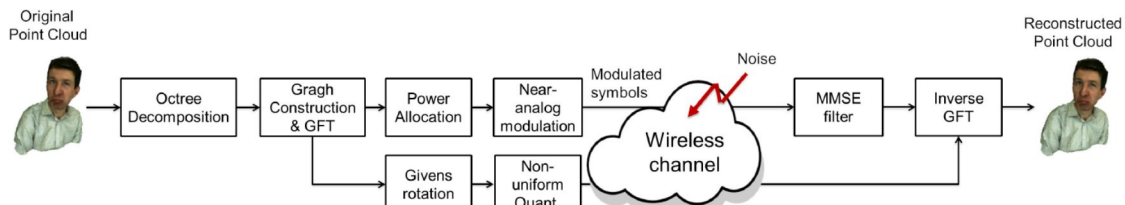


図2: ニアアナログ変調を用いた無線点群伝送手法

また、ニアアナログ変調とデジタル符号化技術を組み合わせ合わせた無線点群伝送手法についても設

計した。図3に設計手法の全体像を示す。本手法ではまず3次元点群をデジタル符号化技術で圧縮するとともにビット列を送信信号にマッピングして伝送する。同時に、元の3次元点群とデジタル符号化技術から得られる点群との残差情報(量子化誤差)を取得して残差情報をニアアナログ変調によって伝送する。デジタル符号化技術を用いるため無線ネットワーク性能の変動が激しい環境においては点群を再生することが困難である一方で、無線ネットワーク性能の変動が緩やかである電波伝搬環境においてはデジタル符号化技術とニアアナログ変調との相乗効果によって、より品質に優れた点群を再生できることがわかった。これらの研究成果はマルチメディア分野において著名な国際学術誌である IEEE Transactions on Multimedia で発表済である。

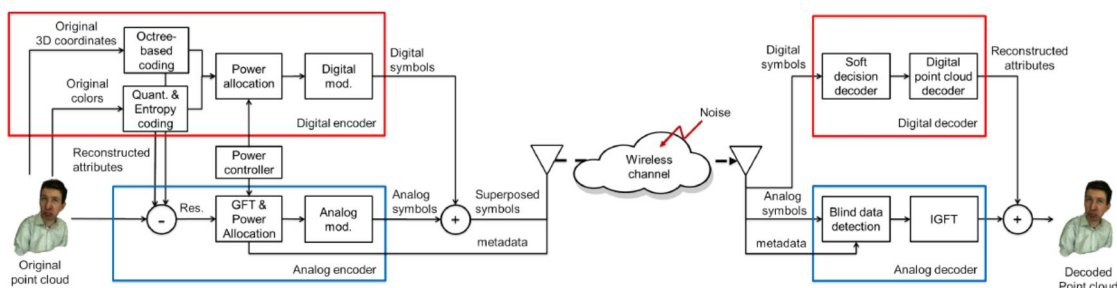


図3: ニアアナログ変調とデジタル符号化技術とを組み合わせた無線点群伝送手法

グラフニューラルネットワーク(Graph Neural Networks: GNN)を用いた無線点群伝送:当初はグラフフーリエ変換をもとにした無線点群伝送手法を中心に研究を進める予定であったが、(1)で触れたとおり、グラフフーリエ変換を用いた点群伝送手法は無視できない通信オーバーヘッドが発生することが研究を進めるうちに分かってきた。そこで、その代替手段として昨今点群に対する信号処理で広く用いられていた GNN を用いた無線点群伝送手法についても設計した。図4に設計手法の全体像を示す。送信側は複数のグラフ畳み込み層を組み合わせることで3次元点群から潜在変数を抽出する。抽出した潜在変数はニアアナログ変調を用いて無線伝送路に送信する。受信側は全結合層で構成される復号化器を用いて潜在変数から対応する点群を復元する。ここで損失関数は送信時の3次元点群と受信時の3次元点群とのずれを示す Chamfer distance を利用した。GNN を用いた伝送手法はその学習に時間を要するものの、グラフ信号処理を用いた伝送手法と比較して通信オーバーヘッドを大幅に削減しつつ、より高品質の3次元点群を復元できることを明らかにした。本研究成果は無線通信に関する著名な1国際会議である IEEE International Conference on Communications で発表済である。現在はさらなる性能向上を達成可能なネットワーク構造について検討を進めていると同時に、より多大な点数で構成された点群に対処した伝送手法についても設計を進めている。

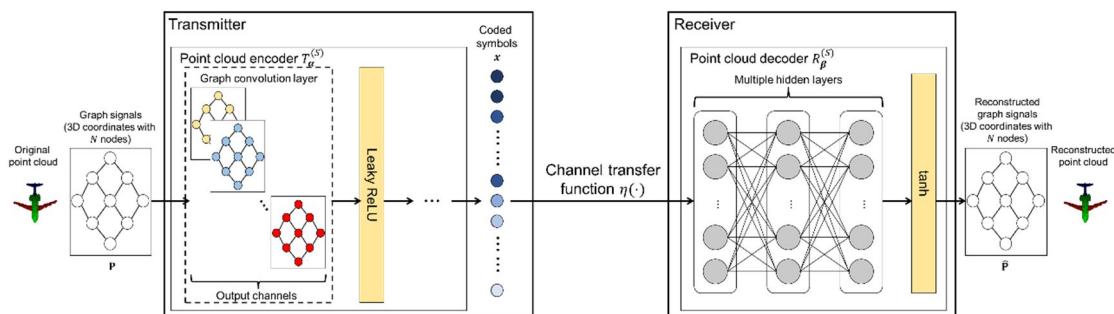


図4: GNN を用いた無線点群伝送手法

(3) 誤り・損失による品質低下に対処した多次元映像復元技術

深層学習を用いた映像復元技術:ニアアナログ変調を用いた無線伝送手法においては無線ネットワーク性能の変動に起因する再生停止を抑制できる一方で、伝送中に生じる雑音の影響がそのまま受信後の多次元映像に現れる課題が残されている。受信した映像に現れた雑音の影響を軽減するために畳み込みニューラルネットワークで構成された Deep Image Prior を用いた復元手法を設計した。本手法ではネットワーク伝送によって劣化した受信画像を入力、復元後の画像を出力、損失関数を各画像間の平均二乗誤差(Mean Square Error: MSE)あるいは構造的類似性(Structural Similarity: SSIM)とした畳み込みニューラルネットワークを受信側で用いることで品質劣化を抑制できることを明らかにした。

視線移動に起因する品質低下を抑制するビューポート予測技術:多次元映像の1応用先である VR では、映像全体のうち一部の領域のみをヘッドセットを通じて視聴する。この視聴領域は

ビューポートと呼ばれる。VR を対象とした映像伝送においてはビューポートに含まれる映像領域のみを送信、あるいは、ビューポートに含まれる映像領域を高品質化(その他の領域は低品質化)して送信する方法が取られるが、ネットワーク遅延に起因してビューポート位置がずれた場合、著しい体感品質が生じてしまう。本研究では複数の VR 視聴中のユーザから得られた視線データを用いた実験からビューポート位置が 2 段階の線形回帰で予測可能であることを明らかにした。より具体的には、1 段階目の線形回帰ではビューポートの中心位置、2 段階目の線形回帰ではビューポートの領域範囲を定めることで視線移動に起因した品質低下を抑制できることを明らかにした。

、 に関する研究成果は国際学術誌 IEEE Access ,国際会議 IEEE International Conference on Communications において発表済である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yujun Lu, Fujihashi Takuya, Saruwatari Shunsuke, Watanabe Takashi	4. 巻 9
2. 論文標題 360Cast+: Viewport Adaptive Soft Delivery for 360-Degree Videos	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 52684 ~ 52697
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3067018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Fujihashi Takuya, Koike-Akino Toshiaki, Orlik Philip V., Watanabe Takashi	4. 巻 20
2. 論文標題 High-Throughput Visual MIMO Systems for Screen-Camera Communications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Mobile Computing	6. 最初と最後の頁 2200 ~ 2211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMC.2020.2977042	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Motoo Takato, Kawasaki Jiei, Fujihashi Takuya, Saruwatari Shunsuke, Watanabe Takashi	4. 巻 9
2. 論文標題 Client-Side Network Delay Compensation for Online Shooting Games	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 125678 ~ 125690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3111180	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Fujihashi Takuya, Koike-Akino Toshiaki, Watanabe Takashi, Orlik Philip V.	4. 巻 24
2. 論文標題 HoloCast+: Hybrid Digital-Analog Transmission for Graceful Point Cloud Delivery With Graph Fourier Transform	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Multimedia	6. 最初と最後の頁 2179 ~ 2191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMM.2021.3077772	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 NU Than Than, FUJIHASHI Takuya, WATANABE Takashi	4. 巻 E103.B
2. 論文標題 Soft Video Uploading for Low-Power Crowdsourced Multi-view Video Streaming	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 524 ~ 536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2019EBP3134	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kato Sorachi, Fukushima Takeru, Murakami Tomoki, Abeysekera Hirantha, Iwasaki Yusuke, Fujihashi Takuya, Watanabe Takashi, Saruwatari Shunsuke	4. 巻 9
2. 論文標題 CSI2Image: Image Reconstruction From Channel State Information Using Generative Adversarial Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 47154 ~ 47168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3066158	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Soushi Ueno, Takuya Fujihashi, Toshiaki Koike-Akino, Takashi Watanabe
2. 発表標題 Overhead Reduction for Graph-based Point Cloud Delivery Using Non-Uniform Quantization
3. 学会等名 The 40th IEEE International Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takuya Fujihashi, Toshiaki Koike-Akino, Siheng Chen, Takashi Watanabe
2. 発表標題 Wireless 3D Point Cloud Delivery Using Deep Graph Neural Networks
3. 学会等名 IEEE International Conference on Communications (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石岡 卓将, 椎名 亮太, 福井 達也, 小野 央也, 藤原 稔久, 谷口 友宏, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 クラウドゲーミングシステムの低遅延化に向けた投機的映像伝送手法
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 赤間 俊介, 本生 崇人, 石岡 卓将, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 パフォーマンス低下を抑制するオンライン3Dシューティングゲーム向け遅延補償に関する一考察
3. 学会等名 マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOM02021)シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上野 創史, 藤橋 卓也, 秋濃 (小池) 俊昭, 渡辺 尚
2. 発表標題 グラフ信号処理を用いた無線点群伝送における通信オーバーヘッド削減手法について
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会(NS)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡出 紳太郎, 石岡 卓将, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 クラウドゲーミングにおける映像伝送の低トラヒック化に向けた初期的検討
3. 学会等名 第84回情報処理学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本 翼, 石岡 卓将, 椎名 亮太, 福井 達也, 小野 央也, 藤原 稔久, 谷口 友宏, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 複数ユーザに対する360度映像伝送の低遅延化に関する一検討
3. 学会等名 第84回情報処理学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北村 翔吾, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 触覚情報の高品質無線伝送に向けた基礎的検討
3. 学会等名 第84回情報処理学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡出 紳太郎, 石岡 卓将, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 クラウドゲーミングにおける応答遅延の実験的評価
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北村 翔吾, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 触覚情報の低遅延伝送に向けた初期的検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本 翼, 石岡 卓将, 相浦 一樹, 椎名 亮太, 福井 達也, 小野 央也, 藤原 稔久, 谷口 友宏, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 VRシステムにおけるE2E遅延低減に向けた初期的検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石岡 卓将, 椎名 亮太, 福井 達也, 小野 央也, 藤原 稔久, 谷口 友宏, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 クラウドゲーミングシステムの低遅延化に向けた映像伝送手法に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 猿渡 俊介, 藤橋 卓也, 渡辺 尚
2. 発表標題 e-Sports におけるラグ問題への対応
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会・企画セッション「スポーツの多様化を支える情報通信技術と QoE ~ ICT 時代の新たな可能性に向けて」 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上野 創史
2. 発表標題 Overhead Reduction for Graph-Based Point Cloud Delivery Using Non-Uniform Quantization
3. 学会等名 IEEE CT East Joint Japan Chapter ICCE Young Scientist Paper Award 受賞者講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上野 創史, 藤橋 卓也, 秋濃 (小池) 俊昭, 渡辺 尚
2. 発表標題 [奨励講演] 高品質化を実現するグラフ信号処理を用いた無線点群伝送における通信オーバーヘッド削減手法
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会(NS) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 [招待講演] ポリュメトリック配信の無線化とその課題
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 猿渡 俊介, 藤橋 卓也, 渡辺 尚
2. 発表標題 [招待講演] 5Gから6Gに向けたネットワーク技術進化の方向性 ~ 次の時代の勝者は誰か? ~
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会(NS) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yujun Lu, Takuya Fujihashi, Shunsuke Saruwatari, Takashi Watanabe
2. 発表標題 360Cast: Foveation-Based Wireless Soft Delivery for 360-Degree Video
3. 学会等名 IEEE International Conference on Communications (IEEE ICC'20) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuya Fujihashi, Toshiaki Koike-Akino, Philip V. Orlik, Takashi Watanabe
2. 発表標題 Overhead Reduction in Graph-Based Point Cloud Delivery
3. 学会等名 IEEE International Conference on Communications (IEEE ICC'20) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuya Fujihashi, Toshiaki Koike-Akino, Takashi Watanabe, Philip V. Orlik
2. 発表標題 High-Quality Soft Image Delivery with Deep Image Denoising
3. 学会等名 IEEE International Conference on Communications (IEEE ICC'20) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野 創史, 藤橋 卓也, 菊川 忠彦, 猿渡 俊介, 安藤 英由樹, 雑賀 隆史, 渡辺 尚
2. 発表標題 Visual SLAMを用いた内視鏡位置推定に関する基礎検討
3. 学会等名 日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本生 崇人, 川崎 慈英, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 プレイヤーパフォーマンス低下を抑制するオンラインゲーム向け遅延補償に関する一研究
3. 学会等名 マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOM02020)シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤間 俊介, 本生 崇人, 石岡 卓将, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 パフォーマンス低下を抑制するオンラインゲーム向け遅延補償技術に関する実験的評価
3. 学会等名 情報処理学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新宮 裕章, 本生 崇人, 藤橋 卓也, 工藤 理一, 高橋 馨子, 村上 友規, 渡辺 尚, 猿渡 俊介
2. 発表標題 ネットワークとロボットとの協調制御に関する初期的検討
3. 学会等名 第83回情報処理学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本 翼, Lu Yujun, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 視線情報を用いた高品質無線 360 度映像伝送に関する基礎的検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 猿渡 俊介, 藤橋 卓也, 渡辺 尚
2. 発表標題 [特別招待講演] 5G ~ 6G時代における映像・VRアプリケーションと課題
3. 学会等名 電子情報通信学会通信方式研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計4件

産業財産権の名称 ロボットVRシステム	発明者 藤橋 卓也, 他8名	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-047702	出願年 2022年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 映像配信システム、エッジサーバ及び映像配信方法	発明者 藤橋 卓也, 他8名	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-020944	出願年 2022年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 通信システム、装置、方法及びプログラム	発明者 藤橋 卓也, 他8名	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-118724	出願年 2021年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 センサ装置、センシング方法、データ処理装置、データ処理方法及びデータ処理プログラム	発明者 椎名亮太, 福井達也, 藤橋卓也, 他6名	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-218964	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
米国	MERL		